

ESTRATEGIAS DE DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO  
EN LA PLANTA DE COLINAGRO BOGOTÁ.

EDIXON RODRIGUEZ MIRA  
JUAN PAULO RUEDA PRADO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2014

ESTRATEGIAS DE DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO  
EN LA PLANTA DE COLINAGRO BOGOTÁ.

EDIXON RODRIGUEZ MIRA  
JUAN PAULO RUEDA PRADO

Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director: Mauricio Escobar Lopez  
Ingeniero Industrial  
Especialista en Gerencia de Producción

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA  
2014

## CONTENIDO

	<b>pág.</b>
INTRODUCCIÓN	12
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	14
1.2 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	15
1.3 MISIÓN Y VISIÓN	16
1.4 VALORES	16
1.5 OBJETIVOS Y POLÍTICA DE CALIDAD	18
1.6 LOCALIZACIÓN	18
1.7 MAPA DE PROCESOS	19
1.8 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
2. OBJETIVOS	26
2.1 OBJETIVO GENERAL	26
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
3. JUSTIFICACIÓN	27
4. MARCO TEORICO	28
4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	28
4.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO	28
4.3 MARCO CONCEPTUAL	29
4.3.1 Causa de fallos.	29
4.3.1.1 Fallos en el material.	29

4.3.1.2 Error humano en el personal de operación.	30
4.3.1.3 Errores del personal de mantenimiento.	30
4.3.1.4 Condiciones externas anómalas.	31
4.4.2 Análisis de criticidad.	31
4.4.2.1 Frecuencia de fallas.	32
4.4.2.2 Impacto operacional.	32
4.4.2.3 Flexibilidad operacional.	33
4.4.2.5 Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH).	33
4.4.3 Calculo de criticidad.	34
4.4.4 Análisis De Información.	35
4.4.4.1 Equipos Críticos	37
4.4.5 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).	38
4.4.6 Estrategia documental de mantenimiento.	40
4.4.6.1 Procedimientos.	40
4.4.6.2 Actualización de la plataforma ERP Epicor.	44
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	48

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pàg.</b>
Figura 1. Organigrama Gerencia de producción	16
Figura 2. Ubicación de COLINAGRO S.A. sede Soacha	19
Figura 3. Mapa de proceso de sólidos	20
Figura 4. Descripción detallada del proceso de sólidos	21
Figura 5. Cadena productiva planta solidos Bogotá	23
Figura 6. Matriz de Criticidad	35
Figura 7. Formato de análisis de modo y efecto de falla	38
Figura 8. Análisis de modo y efecto de falla del Granulador	40
Figura 9. Procedimiento para adición de lubricante a la zaranda	42
Figura 10. Archivo plano en Excel	44
Figura 11. Vista ERP Epicor	45

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 1. Frecuencia de Fallas	32
Tabla 2. Impacto Operacional	32
Tabla 3. Flexibilidad Operacional	33
Tabla 4. Costo de mantenimiento	33
Tabla 5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH)	34
Tabla 6. Clasificación de los equipos por nivel de Criticidad	36
Tabla 7. Calculo de Equipos Críticos	37

## LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Analisis de Criticidad.	48
• Analisis de criticidad	
Anexo B. AMEF.	48
• Mezclador Eirich	
• Zaranda BGT	
• Elevador 1	
• Elevador 2	
• Granulador	
• Secador Rotatorio	
• Quemador Gas 5	
Anexo C. Procedimientos.	48
• MTO-PR-03 Procedimiento Lubricacion Mezclador Eirich	
• MTO-PR-04 Procedimiento Inspeccion Y Limpieza Mezclador Eirich	
• MTO-PR-05 Procedimiento Adicion De Lubricante Motor Cuba-Me	
• MTO-PR-06 Procedimiento Mtto Preventivo Del Variador-Me	
• MTO-PR-07 Procedimiento Inspeccion Y Limpieza Zaranda	
• MTO-PR-08 Procedimiento Adición De Lubricante Zaranda	
• MTO-PR-09 Procedimiento Ajuste Zaranda	
• MTO-PR-10 Procedimiento Lubricación Engranajes Elevadores 1 Y 2	
• MTO-PR-11 Procedimiento Lubricación Rodamientos Elevadores 1 Y 2	
• MTO-PR-12 Procedimiento Limpieza E Inspeccion Elevadores 1 Y 2	
• MTO-PR-13 Procedimiento Adición De Lubricante Motorreductor-E1 Y E2	
• MTO-PR-14 Procedimiento Lubricación Granulador	
• MTO-PR-15 Procedimiento Ajuste Granulador	
• MTO-PR-16 Procedimiento Limpieza E Inspeccion Granulador	
• MTO-PR-17 Procedimiento Adición De Lubricante Motorreductor-G	
• MTO-PR-18 Procedimiento Lubricación Cadenas Secador	
• MTO-PR-19 Procedimiento Lubricacion En Rodamientos Y Ajuste Secador	
• MTO-PR-20 Procedimiento Limpieza E Inspeccion Secador	
• MTO-PR-21 Procedimiento Adición De Lubricante Reductor-Sr	
• MTO-PR-22 Procedimiento Preventivo Del Quemador Gas 5	
• MTO-PR-23 Procedimiento Limpieza E Inspeccion Quemador Gas 5	
Anexo D. Plan de Mantenimiento.	48
• Plan de Mantenimiento Preventivo Equipos Criticos.	

## RESUMEN

**TITULO:** ESTRATEGIAS DE DOCUMENTACIÓN PARA EL MANTENIENDO PREVENTIVO EN LA PLANTA DE COLINAGRO BOGOTÁ.\*

**AUTORES:** JUAN PAULO RUEDA PRADO, EDIXON RODRIGUEZ MIRA. \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Documentación, Procedimientos, AMEF, Análisis de Criticidad Basada en Riesgo.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó un diagnóstico de la situación actual del plan de mantenimiento preventivo, en donde se analizaron los recursos disponibles con que contaba el departamento de mantenimiento, los turnos de trabajo, el personal involucrado en las labores de mantenimiento y principalmente los equipos. Lo cual estructuro una línea de arranque para definir alcance de la Monografía y estableció un programa de trabajo el cual se definió de la siguiente manera:

Análisis de criticidad, análisis de modos de falla, mitigación preventiva de los modos de falla, elaboración de documentos e inclusión en la plataforma de mantenimiento.

Teniendo en cuenta el anterior se procedió realizar una clasificación de los equipos según un análisis de criticidad basado en riesgo, en donde se logró identificar los equipos críticos, de media criticidad y no críticos en la planta de solidos a fin de documentar las mejores prácticas de mantenimiento para nuestro personal técnico mecánico y eléctrico

Posteriormente se desarrolló un análisis de modo y efecto de falla para los equipos críticos con el fin de identificar las posibles fallas que afectan el buen funcionamiento de las máquinas críticas para posteriormente tomar acciones preventivas que ayuden a prevenir estos problemas antes de que ocurran.

Por último se documentaron los procedimientos de las acciones preventivas identificadas en el AMEF para cada trabajo a realizar y actualización en la plataforma ERP EPICOR. Con esto se logra consolidar la cadena de conocimiento de la planta.

---

\*Monografía de Grado

\*\*Facultad Ingenieras Fisicomecánicas. Escuela Ingeniería Mecánica. Director Mauricio Escobar Lopez

## ABSTRACT

**TITLE:** STRATEGIES OF DOCUMENTATION FOR THE PREVENTIVE MAINTENANCE IN PLANT COLINAGRO BOGOTA.

**AUTHORS:** JUAN PAULO RUEDA PRADO, EDIXON RODRIGUEZ MIRA

**KEYWORDS:** Documentation, Analysis Of Risk-Based Criticality, AMEF

For the development of this project, a diagnosis of the current situation of the preventive maintenance plan, where available resources to the maintenance department had analyzed was performed, work shifts, personnel involved in the maintenance and mainly the equipments. The which it structure a line starting to define the scope of the essay and established a work program which is defined:

analysis of risk-based criticality, analysis modes and the effects of failure, preventive mitigation the effects of failure, documented and actualization in the ERP.

Given the above we proceeded to classify teams according to an analysis of risk-based criticality, where it was possible to identify critical equipment, the half criticality and the non-critical in the plant solids to document best practices maintenance for our mechanical and electrical technicians

Then was developed an analysis modes and the effects of failure for critical equipment in order to identify possible faults affecting the proper functioning of critical machines to then take preventive actions to help prevent problems before they occur.

Finally, were documented the procedures of preventive actions identified in the FMEA (an analysis modes and the effects of failure) for each job at hand and actualization in the ERP EPICOR platform. With this achieves consolidate the knowledge chain of the plant.

---

\* Monograph of degree

\*\* School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Director Mauricio Escobar Lopez.

## INTRODUCCIÓN

COLINAGRO S.A. es una empresa que se dedica a la producción de fertilizantes y fungicidas para el sector agrícola. La empresa cuenta con 2 plantas de producción, la principal, ubicada estratégicamente en el norte del Cauca en la ciudad de Puerto Tejada y la otra planta que está situada en Soacha, Cundinamarca.

En la planta de Bogotá se va a actualizar el plan de mantenimiento planificado. Antes era propiedad de una empresa llamada Agro S.A. y la cual fue absorbida por COLINAGRO S.A. en el mes de diciembre de 2008 por efectos de una fusión. Es por esto que aunque COLINAGRO S.A. lleva más de 60 años de experiencia en el mercado, la planta de producción de Soacha no tiene ningún plan de mantenimiento establecido debido a las reformas que hubo en la planta durante todo este proceso de fusión y que generó grandes cambios por parte de la nueva administración.

En principio cuando se elaboró un diagnóstico de la situación de mantenimiento antes de actualizar el plan de mantenimiento preventivo, se pudo observar una falta de documentación de procedimientos de las actividades por parte del departamento de mantenimiento ya que sólo se programaban algunas actividades para los primeros días del mes que consistían en suministro de lubricantes a las máquinas, reemplazo de piezas necesarias y limpieza general de los equipos.

Buscando dar una mejora al departamento de mantenimiento, se define como objetivo general y razón de éste trabajo la actualización e implementación de un sistema de mantenimiento planificado para los equipos de la planta de Bogotá de COLINAGRO S.A.

# 1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

## 1.1 RESEÑA HISTÓRICA

COLINAGRO nace como una Sociedad el 4 de enero de 1946 por iniciativa de un grupo de ingenieros agrónomos con interés en el desarrollo y la revitalización de la agricultura Colombiana. Su objetivo inicial fue la representación de casas comerciales, nacionales y extranjeras, dedicadas a la producción de artículos para la agricultura y la ganadería. Con el tiempo y mediante la transferencia de tecnología de las empresas que representaba, comenzó a formular y producir sus propios productos, es así como el 3 de marzo de 1955, se crea INDUSTRIAS AGRÍCOLAS LTDA.

Luego de 15 años de vida INDUAGRO se fusiona con COLINAGRO, el 10 de Diciembre de 1970, quedando así conformada la COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES AGRÍCOLAS, COLINAGRO. La cual posteriormente se transforma en Sociedad Anónima el 24 de septiembre de 1973, con domicilio en la ciudad de Bogotá.

El 24 de Diciembre 2007 COLINAGRO C.P. S.A. se fusiona con la COMPAÑÍA COLOMBIANA DE INVERSIONES AGRÍCOLAS LTDA., COLINAGRO. Siendo la segunda absorbida por la primera. Posteriormente en abril de 2008 COLINAGRO C. P.S.A. cambia su razón social transformándose en COLINAGRO S.A.

COLINAGRO S.A. cuenta con su propio laboratorio, especializado en análisis de suelos, aguas y foliares, que también brinda soporte vital en el control de calidad de las materias primas y los productos terminados.

Por su desempeño se ha posicionado como uno de los mejores del país, aspecto ratificado por la resolución ICA recibida en junio del año 2002 que lo acredita. Con el fin de aprovechar este posicionamiento se establece como Unidad Estratégica de Negocios con el nombre de AGROSOIL LAB, prestando sus servicios no solo a COLINAGRO S.A. sino a las demás empresas del sector agrícola.

En diciembre de 2008 COLINAGRO S.A. absorbió a la empresa Agro S.A. fundada en 1983 bajo el nombre de Stoller Enterprises de Colombia LTDA. Se estable entonces una nueva planta de producción ubicada en el centro industrial de Cazuca, Soacha donde se producen cerca de 90 productos de la línea de fertilizantes y fungicidas en distintas presentaciones.

Actualmente COLINAGRO S.A. trabaja con una estrategia de innovación y por medio de su sistema de gestión de calidad y su cultura de mejoramiento continuo, asegura la efectividad de sus procesos, logra un amplio cubrimiento geográfico y calidad en sus productos y servicios. En su plan de expansión ha incursionado

en Ecuador, Venezuela y el Caribe.

## **1.2 ORGANIZACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA**

COLINAGRO S.A. cuenta con 2 plantas de producción, la principal ubicada en la ciudad de Puerto Tejada, departamento del Cauca, y otra ubicada en Soacha, departamento de Cundinamarca.

Además cuenta con una sede administrativa ubicada en el norte de Bogotá y un laboratorio especializado ubicado en el barrio la castellana de la misma ciudad que cuenta con el equipo técnico especializado para dar soporte a cada uno de los siguientes servicios.

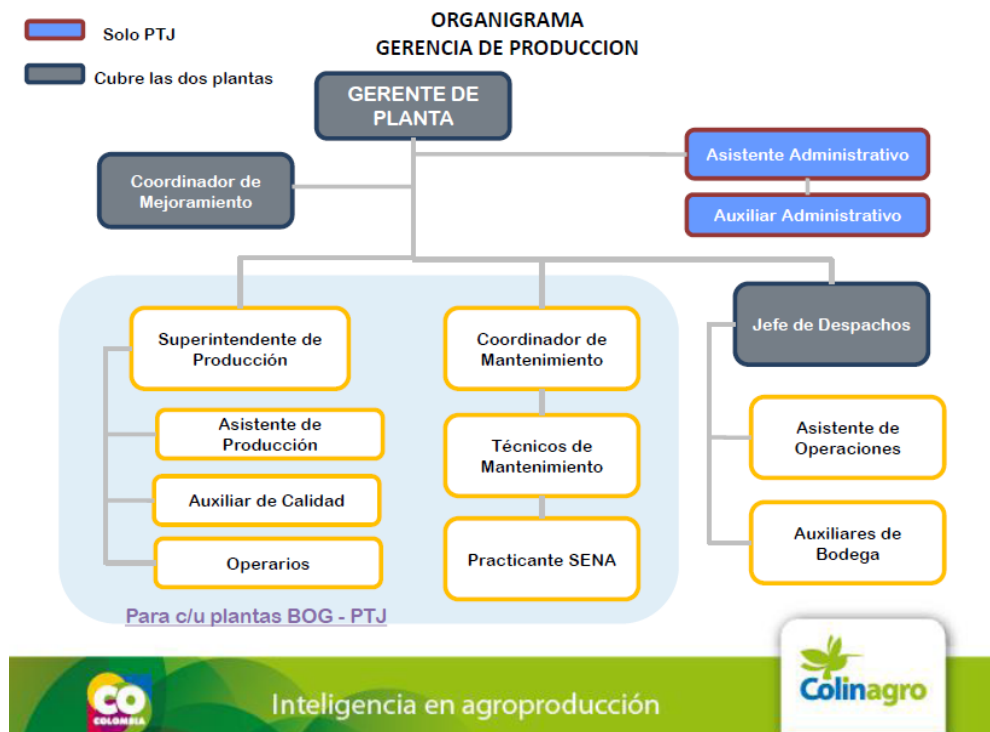
- Análisis de suelos
- Análisis foliar
- Análisis de aguas para riego y aplicación de plaguicidas
- Análisis de control de calidad de fertilizantes y materias primas
- Análisis de control de calidad de plaguicidas

Con un equipo de profesionales de alta competencia y con una fuerza de ventas compuesta por ingenieros agrónomos distribuidos por todo el país, se atienden zonas de cultivo tanto tradicional como tecnificado. En la actualidad la compañía se ha enfocado hacia el mercado de los fertilizantes y se está proyectando para incursionar en otras líneas.

El servicio al cliente incluye la atención a los distribuidores de insumos agrícolas, para suministrarle las cantidades necesarias de fertilizantes y fumigadoras para venta al agricultor, la asesoría técnica del ingeniero agrónomo al agricultor, directamente en los diferentes cultivos para indicar lo más adecuado para cada caso y los insumos más eficaces y la atención de repuestos para los equipos.

A continuación la figura 1 muestra el organigrama de la compañía.  
COLINAGRO S.A.

Figura 1. Organigrama Gerencia de producción



Fuente: COLINAGRO S.A.

### 1.3 MISIÓN Y VISIÓN

La misión de la empresa es ser líderes en el desarrollo del mercado colombiano de nutriesenciales apoyados en una asesoría técnica-comercial diferencial, buscando mejorar la relación costo/beneficio de nuestros clientes, el respeto al medio ambiente, la calidad de vida de nuestros colaboradores, la rentabilidad, crecimiento y el posicionamiento del negocio en el sector.

La visión de COLINAGRO es que en un horizonte de tres años duplicará su participación en el mercado, alcanzando un 14%. Crecerá 100% sus ventas, 170% su utilidad y 160% su EBITDA.

### 1.4 VALORES

#### COMPROMISO

- Participación: Contar con las personas, compartir con ellas decisiones y tareas, abrirlas espacios para el cumplimiento de sus derechos y deberes sociales y

políticos, brindarles la posibilidad de ser parte activa en la gestión y beneficios de una tarea y ofrecerles la posibilidad de opinar con libertad.

- Perfección: Encarnación plena o de la mayor bondad posible en personas, acciones o productos o servicios.
- Servicio: Actitud de disponibilidad y ayuda generosa para quien está empeñado con nosotros en la misma tarea o requiere de nuestro trabajo o de nuestra espontánea colaboración, o como consecuencia de un compromiso.
- Responsabilidad: Cumplir las obligaciones adquiridas, dar respuestas adecuadas a lo que se espera de una persona, empresa, institución, grupo o sociedad.
- Cooperación: Actitud de colaboración con los demás, de ayuda y de servicio, de búsqueda de coincidencias en beneficio de una causa colectiva.

## LIDERAZGO

- Responsabilidad: Cumplir las obligaciones adquiridas, dar respuestas adecuadas a lo que se espera de una persona, empresa, institución, grupo o sociedad.
- Credibilidad: Merecer que se confíe en alguien por sus cualidades y logros, por los hechos positivos que respaldan su conducta.
- Decisión: Obrar sin vacilaciones, firmeza de carácter al actuar, prontitud para resolver algo.
- Comunicabilidad: Condición de apertura y diálogo por parte de la persona, aptitud para transmitir unas ideas, una información o un conocimiento haciendo realidad la interacción humana.
- Ejemplaridad: Encarnar un modo de vida, de acción o de trabajo digno de ser imitado. Tener valores que induzcan a otros a obrar al verlos reflejados en alguien.

## INTEGRIDAD

- Honestidad: Conducta recta, que lleva a observar normas y compromisos con un cumplimiento exigente por parte de sí mismo
- Transparencia: Vivir de acuerdo a lo que se piensa, identidad entre lo que se cree, se piensa, se siente y se hace, coherencia y equilibrio en las personas
- Rectitud: Integridad y entereza de conducta; coherencia personal entre los que se piensa y lo que se vive, teniendo como referencia determinados principios y valores.

- Coherencia: Ser consecuente con los fines que uno se propone, actuar con convicciones, buscando la integridad de la propia conducta.

- Entereza: Integridad moral, carácter firme, comportamiento coherente con las propias convicciones que lleva a una conducta estable.

#### **PROACTIVIDAD**

- Visión: Concepción global que permite proyectar hacia un futuro lo que se espera conseguir como organización o sueño.

- Audacia: Capacidad o ánimo de emprender y realizar acciones que parecen poco prudentes, pero con el convencimiento de que se puede alcanzar un auténtico bien.

- Creatividad: Visión y capacidad de invención e innovación, de dar vida a cosas nuevas o de repensar lo que se hace, de modo que se abran nuevos caminos para pensar y actuar.

- Iniciativa: Afán de hacer las cosas, de encontrar salidas y soluciones. Capacidad de innovación y decisión para replantear las cosas. Espíritu emprendedor que no se echa para atrás ante las dificultades.

- Responsabilidad: Cumplir las obligaciones adquiridas, dar respuestas adecuadas a lo que se espera de una persona, empresa, institución, grupo o sociedad.

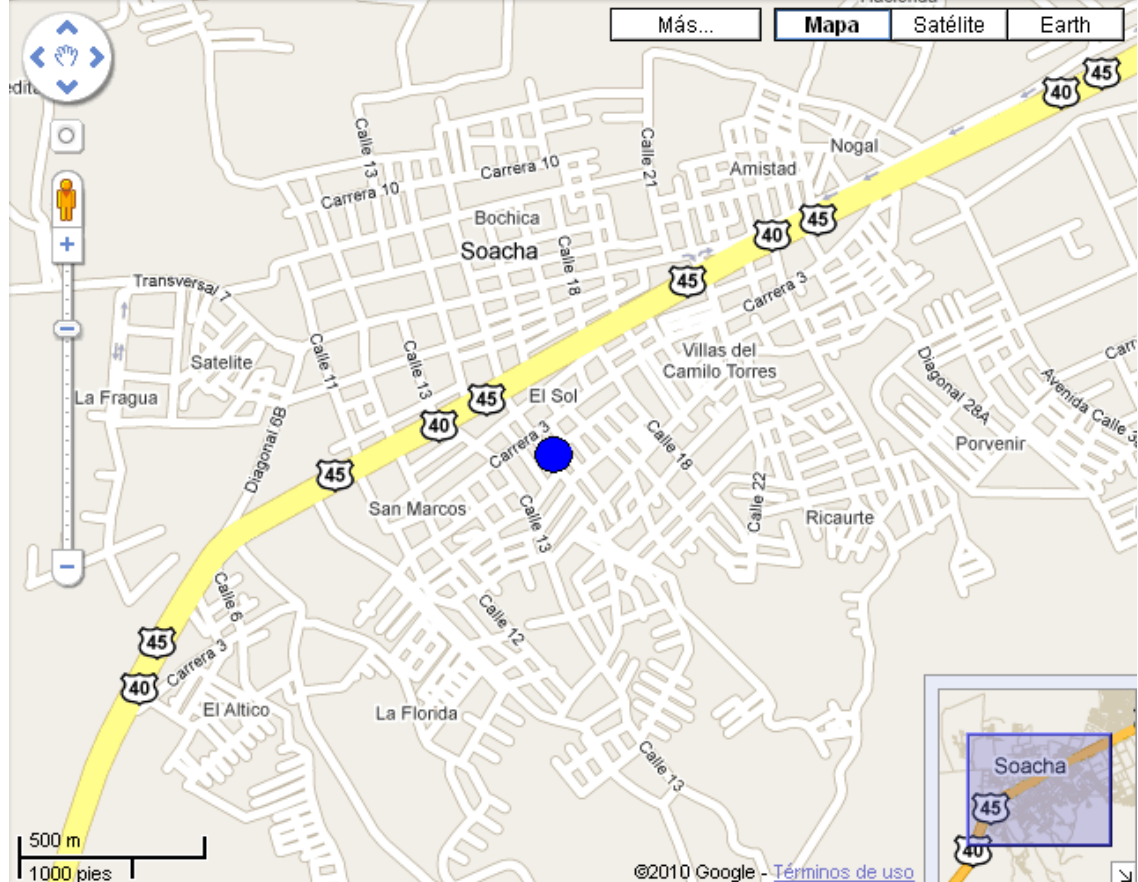
### **1.5 OBJETIVOS Y POLÍTICA DE CALIDAD**

Como política de calidad, COLINAGRO con un manejo rentable de sus recursos, por medio de la competencia de su talento humano y apoyado en sus valores corporativos, se compromete a mejorar continuamente la efectividad de su Sistema de Gestión de Calidad con el propósito de satisfacer oportunamente las necesidades de sus clientes con productos y servicios de calidad dirigidos al sector agropecuario.

### **1.6 LOCALIZACIÓN**

La planta de producción en la cual se va a desarrollar e implementar el plan de mantenimiento planificado está ubicado en el Centro Industrial Cazuca, entrada 2 calle 12 # 5 – 42. Soacha, Cundinamarca. La figura 2 corresponde a la ubicación de la planta de producción sede Soacha de COLINAGRO S.A

Figura 2. Ubicación de COLINAGRO S.A. sede Soacha



Fuente: [http://www.guiarte.com/mapas-destinos/satelite\\_poblacion\\_soacha.html](http://www.guiarte.com/mapas-destinos/satelite_poblacion_soacha.html)

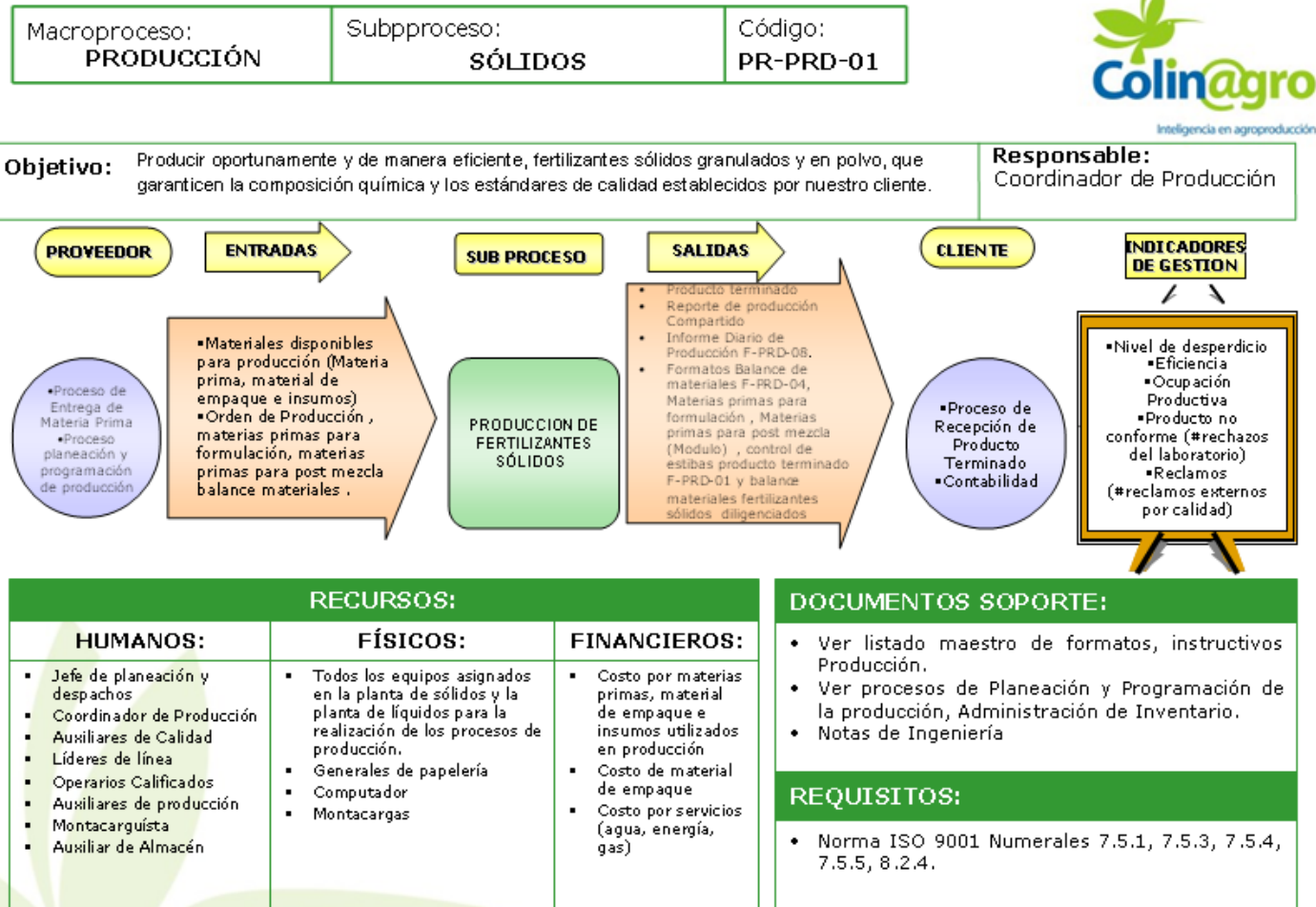
En ésta sede además de la planta de producción se encuentran algunas oficinas de la parte administrativa como compras, logística, gestión humana, facturación, atención al cliente, despachos, almacén y producción.

## 1.7 MAPA DE PROCESOS

La planta de producción de Soacha, esta a su vez dividida en 2 secciones que dependen de la clase de producto que se realiza. La sección de sólidos donde se producen sólo fertilizantes y la sección de líquidos en la cual hay 2 líneas de producción: fertilizantes y fungicidas.

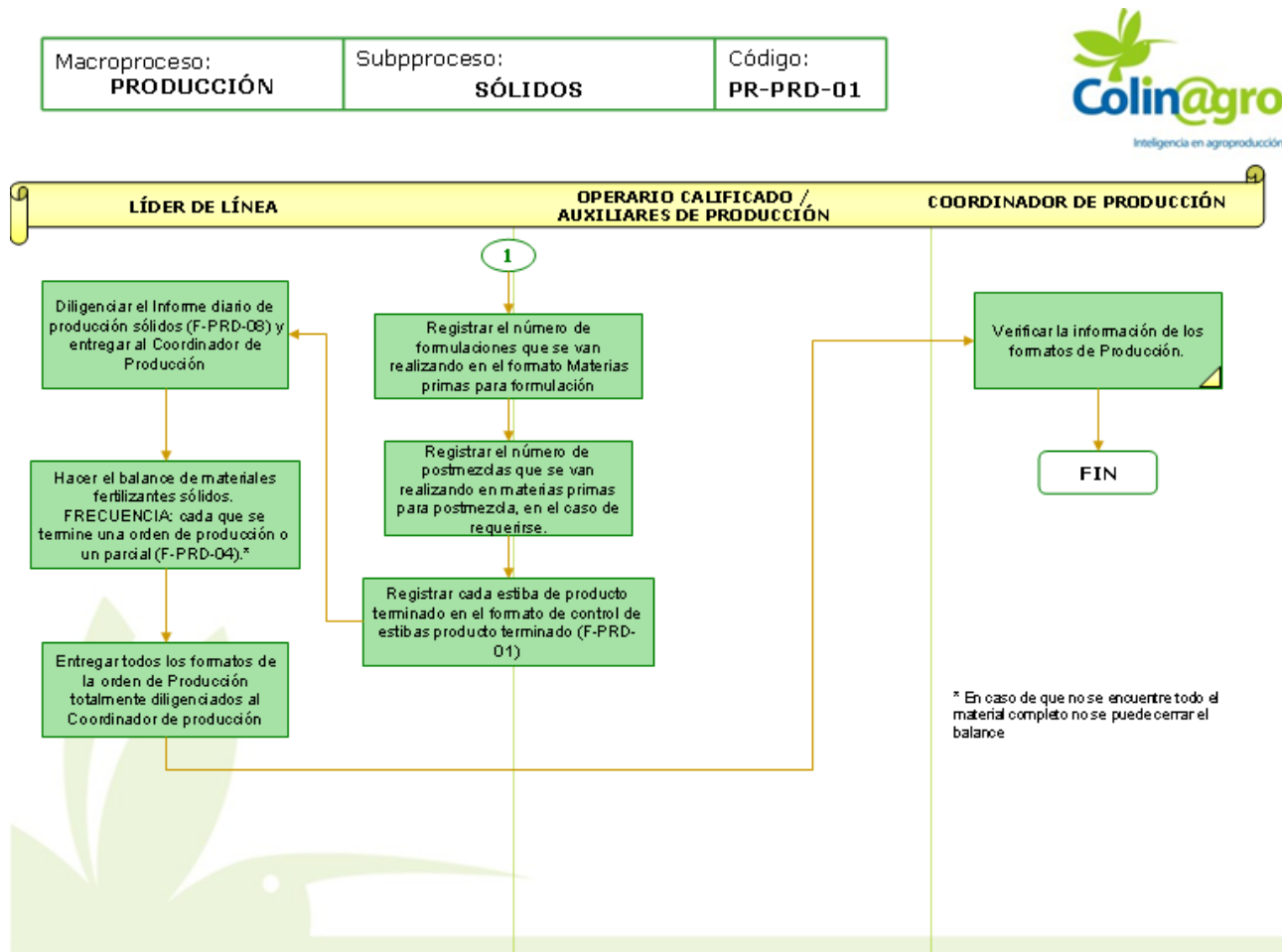
La descripción del proceso de producción se puede apreciar en las figuras 3 y 4 para sólidos.

Figura 3. Mapa de proceso de sólidos

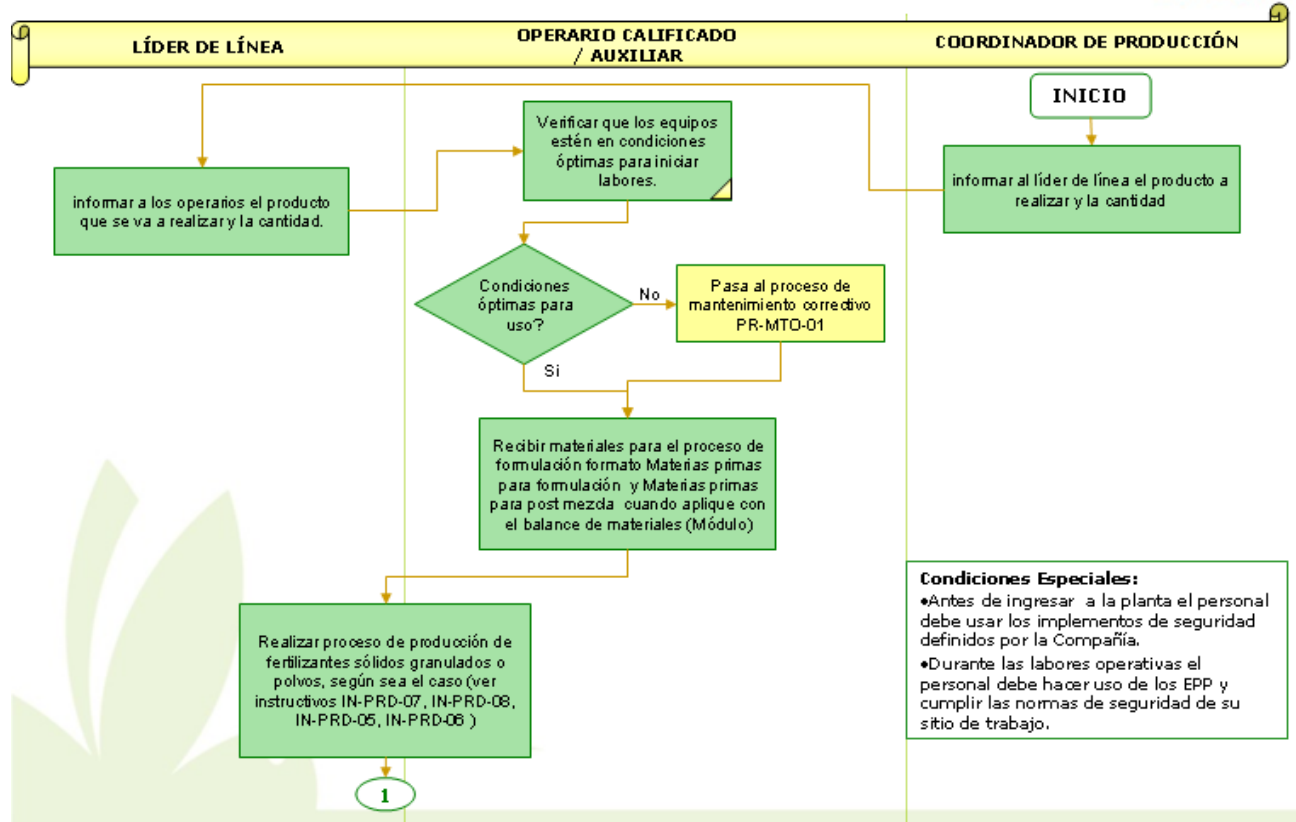


Fuente: COLINAGRO S.A.

Figura 4. Descripción detallada del proceso de sólidos



Macroproceso: <b>PRODUCCIÓN</b>	Subproceso: <b>SÓLIDOS</b>	Código: <b>PR-PRD-01</b>
------------------------------------	-------------------------------	-----------------------------



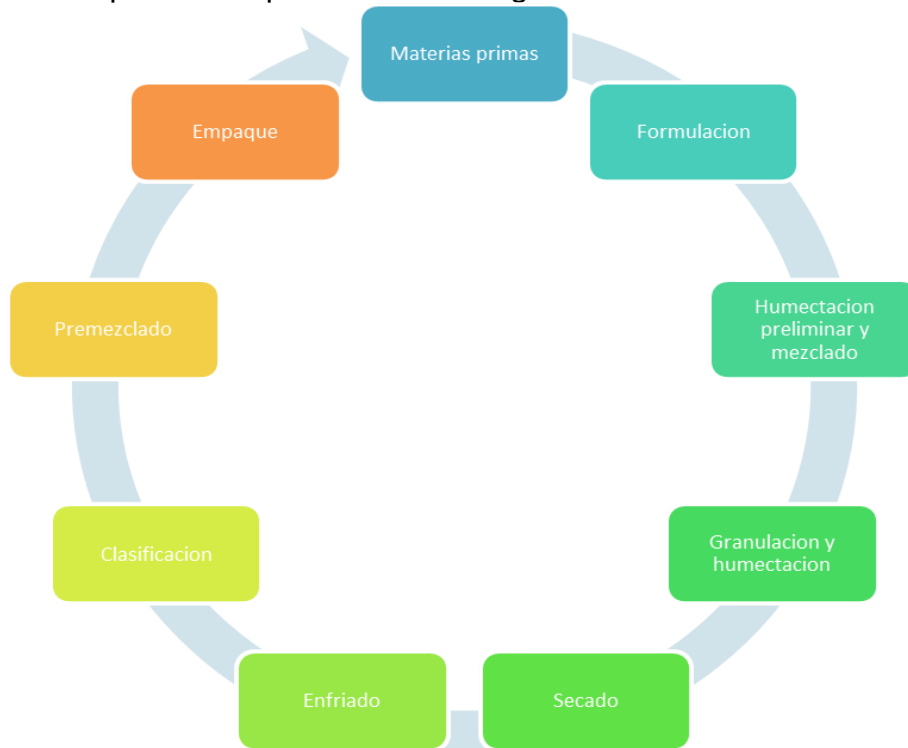
Fuente: COLINAGRO S.A.

## 1.8 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las empresas productoras y comercializadoras se ven obligadas a exigir el máximo rendimiento de sus equipos, para poder ser competitivos en un mercado dominado por la globalización y el desarrollo tecnológico acelerado. Para alcanzar los niveles de rendimiento exigidos a los equipos, se hace indispensable contar con planes de mantenimiento adecuados a sus necesidades reales que les permitan desempeñarse en forma confiable y producir los volúmenes requeridos y las características de calidad esperados.

A través de una adecuada gestión de mantenimiento se puede mejorar los procesos y disminuir costos de producción, lo que al final entrega grandes beneficios para la empresa contribuyendo con la rentabilidad.

Figura 5. Cadena productiva planta solidos Bogotá



Fuente: COLINAGRO S.A.

Cada una de las etapas necesarias para la fabricación del producto debe funcionar de forma eficiente y confiable, ya que cualquier falla o parada no prevista, ocasiona una interrupción en el proceso productivo, las actividades de mantenimiento preventivo realizadas deben estar documentadas y digitalizadas en la plataforma EPICOR en el módulo de mantenimiento, Colinagro S.A. es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos fertilizantes

para el agro colombiano. La planta de fertilizantes solidos de Bogotá (ver fotografía. 1.) cuenta con un programa de mantenimiento preventivo, pero no posee documentación para realizar los procedimientos (“el cómo se debe hacer”), listas de chequeo para cada una de las actividades planeadas.

Fotografía 1. Planta de solidos de Colinagro Bogotá.



Fuente: COLINAGRO S.A.

Las actividades mantenimiento preventivo se realizan mediante una listado de tareas de la herramienta informática ERP EPICOR y ejecutan basados en la experiencia y conocimiento de cada uno de los técnicos, por tanto se requiere documentar los procedimientos para desarrollar cada una de las rutinas establecidas e incluirlos en el ERP Epicor, para que se estandarice el proceso y disminuir la brecha de conocimiento entre los técnicos nuevos y técnicos veteranos.

Colinagro S.A cuenta con un departamento de mantenimiento estructurado que ha venido evolucionando durante los últimos 18 meses, desde hace 6 contamos con un ERP que para su implementación fue un trabajo de 12 meses.

La situación anterior hace que entre las prioridades de avance y crecimiento del departamento de mantenimiento se encuentre la documentación del cómo realizar el mantenimiento preventivo en cada uno de los equipos de la planta de

producción con el uso de herramientas de clase mundial que le permitan disponer de un proceso productivo confiable, capaz de responder a las exigencias del mercado, entregando los productos requeridos en los volúmenes y calidad solicitados.

Teniendo en cuenta todo lo anterior es necesario reformular el plan de mantenimiento preventivo actual y documentarlos de acuerdo al grado de criticidad y modo de efecto de falla de los activos instalados en la planta de producción.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer y documentar las mejores prácticas del mantenimiento preventivo para la planta fertilizantes solidos de Bogotá de Colinagro S.A.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar análisis de criticidad de los equipos de la planta mediante el método de análisis de criticidad basada en riesgo.
- Realizar análisis AMEF a los equipos críticos determinando sus modos y efectos de fallo en el proceso de la planta de sólidos.
- Documentar los procedimientos de manteniendo preventivo de los equipos críticos.
- Fortalecer el “know how” del mantenimiento preventivo en los equipos críticos mediante la documentación del procedimiento.
- Actualizar y documentar en el ERP Epicor las mejoras al plan de mantenimiento preventivo.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Cada una de las etapas dentro de un proceso productivo, está hecha para cumplir un objetivo específico en la elaboración del producto; por lo tanto es necesario que se desarrolle con los más altos niveles de productividad y calidad a fin de garantizar que el producto final cumpla con las expectativas y requerimientos del cliente.

Una adecuada gestión del mantenimiento tiene el potencial para elevar en forma significativa el desempeño de los procesos productivos, garantizando la continuidad de las operaciones y el correcto funcionamiento de los activos.

Esta investigación desea documentarse de las mejores prácticas mantenimiento preventivo, con el fin de actualizar el ERP Epicor, y estructurar una función de mantenimiento capaz de responder las exigencias del proceso productivo, evitando consecuencias negativas para la empresa como: pérdidas de clientes, aumentando los desperdicios, reproceso, alto costo de producción entre otros. Y consolidar el conocimiento del recurso humano de la planta para mejorar la competitividad y calidad del servicio.

Con la documentación del mantenimiento, se puede garantizar el control de los factores que inciden en el ciclo normal de producción, la reducción de fallas repentinas, paradas no programadas, producto no conforme aplicable a la condición de máquinas y equipos, lo cual permitirá incrementar la operatividad de la planta y mejorar el costo de mantenimiento.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

“Prevenir es Evitar”<sup>1</sup> esta es la definición más sencilla para entender el mantenimiento preventivo, el cual consiste en establecer rutinas, con frecuencias determinadas, de manera coordinada y programada a cada uno de los elementos que comprende el activo, el cual debe realizarse de una manera oportuna antes de presentarse el evento de falla (corrija antes de la falla).

El programa de mantenimiento preventivo debe estar acompañado y complementado de los siguientes elementos 2:

Un buen análisis de la información, Planificado y Programado.  
Establecer una documentación operativa mínima y funcional.

Por lo cual este programa de mantenimiento preventivo debe solucionar los siguientes interrogantes 3:

- ¿Qué elementos han de inspeccionarse?
- ¿Cuándo, Quien y Como se debe hacer?
- ¿Cómo establecer los controles de cumplimiento?

Las tareas de mantenimiento preventivo, que incluyen falta de documentación en las tareas, están programadas para llevarse a cabo a intervalos específicos o sobre la base de su condición. El objetivo de estas rutinas es identificar y evitar deterioro por debajo de la seguridad intrínseca y los niveles de fiabilidad 4. Teniendo en cuenta lo anterior, el mantenimiento preventivo tiene como propósito extender la vida útil de los activos de un proceso específico.

### 4.2 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO

El objetivo es identificar los procesos que fundamentan la gestión de mantenimiento que permitan establecer un modelo de gestión basado en la programación y planeación en función de los tiempos de producción, como

---

<sup>1</sup> Borrás. Carlos. Principios de mantenimiento, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. P 62

<sup>2</sup> Ibíd., p. 63

<sup>3</sup> Ibíd., p. 63

<sup>4</sup> Smith, Ricky and Mobley, Keith. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers : Butterworth-Heinemann; 2007 p. 37

herramientas administrativas de dirección del mantenimiento 5.

### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

Una economía globalizada exige una alta competitividad en los mercados donde la velocidad de cambio supera la capacidad de respuesta, un panorama como este nos permite considerar hasta donde el mantenimiento de equipos aporta en los resultados que cobran mayor relevancia dentro de la compañía, mantenimiento debe ser un líder estratégico, rentable que conlleve a producir a menor costo.

Los tiempos improductivos son como su nombre lo indican aquellos que no permiten que una planta pueda producir sus órdenes programadas. En COLINAGRO S.A. el superintendente de producción es el encargado de generar un reporte mensual de productividad basado en el OEE en el cual indica la cantidad de horas improductivas generadas durante el mes y la causa de las mismas. Entre estas causas se pueden encontrar paradas por cambio de producto, capacitación, falta de materias primas, mantenimiento correctivo o preventivo programado, problemas en producción o refrigerio.

**4.3.1 Causa de fallos.** Generalmente cuando un equipo falla lo hace por alguno de estos cuatro motivos:

**4.3.1.1 Fallos en el material 6.** Se dice que se produce un fallo en un material cuando trabajando en condiciones adecuadas, una determinada pieza queda imposibilitada para prestar un servicio. Un material puede fallar por múltiples formas:

Por desgaste. Se da en piezas que pierden sus cualidades con el uso, pues cada vez que entran en servicio pierden una pequeña porción de material. Es el caso por ejemplo, de los cojinetes antifricción.

Por rotura. Se produce cuando se aplica fuerza de compresión o de estiramiento a una pieza sobrepasando su límite elástico. Es el caso del hundimiento de un puente por sobrepeso, por ejemplo.

Por fatiga. Determinadas piezas se encuentran sometidas a esfuerzos cíclicos de presión y/o estiramiento, en el que la fuerza aplicada no es constante, sino que cambia con el tiempo. Estas fuerzas además, están por debajo del límite elástico,

---

<sup>5</sup> Smith, Ricky and Mobley, Keith. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers : Butterworth-Heinemann; 2007 p. 21

<sup>6</sup> GARCÍA. Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz De Santos, 2003. p. 109-110.

por lo que en principio no tendrían por qué provocar roturas. Pero provocan el desarrollo de defectos del material, generalmente desde la superficie hacia el interior de la pieza. De forma teórica, es posible estimar la cantidad de ciclos que puede resistir una pieza antes de su rotura por fatiga, en función del tipo de material y de la amplitud de la tensión cíclica, aunque el margen de error es grande. Determinados fenómenos como la corrosión o las dilataciones del material por temperatura afectan a los procesos de fatiga.

**4.3.1.2 Error humano en el personal de operación 7.** Otra de las causas por las que una avería puede darse es por un error del personal de producción. Este error, a su vez, puede tener su origen en:

Error de interpretación de un indicador durante la operación normal del equipo, que hace al operador o conductor de la instalación tomar una decisión equivocada. Actuación incorrecta ante un fallo de la máquina.

Factores físicos del operador. Éste puede no encontrarse en perfectas condiciones para realizar su trabajo, por mareos, sueño, cansancio acumulado por jornada laboral extensa, enfermedad, etc.

Factores psicológicos, como la desmotivación, los problemas externos al trabajo, etc., influyen enormemente en la proliferación de errores de operación.

Fallas de instrucciones sistemáticas claras, como procedimientos, instrucciones técnicas, etc., deficiente implantación de éstas.

Falta de formación.

**4.3.1.3 Errores del personal de mantenimiento 8.** El personal de mantenimiento también comete errores que desembocan en una avería, una parada de producción, una disminución del rendimiento de los equipos, etc. Estos errores pueden darse:

Durante inspecciones o revisiones normales, en forma, por ejemplo, de observaciones erróneas de los parámetros inspeccionados.

Durante las reparaciones, por fallo en el diagnóstico o en la reparación del fallo.

Como en el caso anterior, los errores del personal de mantenimiento también se ven afectados por factores físicos, psicológicos, por falta de implantación de procedimientos y por falta de formación.

---

<sup>7</sup> GARCÍA. Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz De Santos, 2003. p. 110.

<sup>8</sup> *Ibíd.*, p. 110-111.

**4.3.1.4 Condiciones externas anómalas 9.** Cuando las condiciones externas son diferentes a las condiciones en que se ha diseñado el equipo o instalación pueden sobrevenir fallos favorecidos por esas condiciones anormales. Es el caso de equipos que funcionan en condiciones de temperatura, humedad o suciedad diferentes de aquellas para las que fueron diseñados. También es el caso de equipos que funcionan con determinados suministros (electricidad, agua de refrigeración, agua de alimentación, aire comprimido) que no cumplen unas especificaciones en las que se ha basado el fabricante a la hora de diseñar sus equipos.

**4.4.2 Análisis de criticidad.** En COLINAGRO S.A. como en toda empresa industrial no todos los equipos tienen la misma importancia. Es claro que algunos son más importantes que otros y esto depende mucho del tipo de proceso que se esté llevando a cabo. Como los recursos para mantener la planta son limitados, se debe destinar mayor parte de éstos recursos a los equipos más importantes, claro que sin dejar de lado las máquinas menos influyentes de la planta.

Para poder clasificar los equipos que tienen mayor influencia que otros se debe realizar un análisis de criticidad lo que nos determinará cuáles son los equipos críticos, equipos importantes y equipos prescindibles.

Equipos críticos 10. Son aquellos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

Equipos importantes 11. Son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.

Equipos prescindibles 12. Son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño costo adicional.

El análisis de criticidad lo realizaremos basados en el Método de evaluación de Criticidad basada en el Concepto de Riesgo 13. Ésta metodología permite jerarquizar sistemas y equipos en función de su impacto global con el fin de optimizar el proceso de asignación de recursos económicos, humanos y técnicos. Los criterios a tener en cuenta para el análisis son: frecuencia de fallas, impacto operacional, flexibilidad operacional, costo de mantenimiento e impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH).

---

<sup>9</sup> *Ibíd.*, p. 111.

<sup>10</sup> GARCÍA. Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz De Santos, 2003. p. 24.

<sup>11</sup> *Ibíd.*, p. 24.

<sup>12</sup> *Ibíd.*, p. 24.

<sup>13</sup> PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005. p. 13-14.

**4.4.2.1 Frecuencia de fallas.** Este criterio indica el número de veces que se repite una falla en un periodo determinado. Para poder dar una ponderación a este criterio se recopiló información histórica de sucesos que ha solucionado el equipo de mantenimiento, se hizo un listado de las fallas y número de veces que sucedieron en las diferentes máquinas y se hizo un promedio de las mismas para poder así asignar un valor correspondiente.

La tabla 1 muestra el criterio que se tomó para la frecuencia de fallas con su respectiva ponderación.

Tabla 1. Frecuencia de Fallas

FRECUENCIA DE FALLAS		
TÉRMINO	DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
Pobre	Mavor a 4 fallas al año	4
Promedio	De 2-4 fallas al año	3
Buena	De 1-2 fallas al año	2
Excelente	Menos de 1 falla al año	1

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

**4.4.2.2 Impacto operacional.** Este criterio indica el impacto que puede llegar a causar un equipo en una línea de producción. Para recopilar ésta información y dar una ponderación a los diferentes equipos de la planta se hizo una reunión con el supervisor de mantenimiento y jefe de producción quienes según su experiencia dieron un valor a cada equipo.

En la tabla 2 se pueden observar los criterios de evaluación para el impacto operacional y su ponderación.

Tabla 2. Impacto Operacional

IMPACTO OPERACIONAL	
DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
Pérdida de todo el despacho	10
Parada del sistema o sub-sistema y tiene repercusión en otros sistemas	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

**4.4.2.3 Flexibilidad operacional.** Este criterio permite evaluar la disponibilidad de repuestos en el taller en el caso de fallar una máquina o la posibilidad de realizar un oportuno cambio sin afectar la producción. Para asignar un valor a las distintas máquinas a evaluar se revisaron los repuestos disponibles en el taller.

La tabla 3 relaciona los criterios tomados para evaluar la flexibilidad operacional y su ponderación.

Tabla 3. Flexibilidad Operacional

FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	
DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
No existe opción de producción y no hay función de repuesto	4
Hay opción de repuesto compartido en el almacén	2
Función de repuesto disponible	1

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

**4.4.2.4 Costo de mantenimiento.** Este criterio describe los costos a los que se deben incurrir para solucionar la falla del equipo. Dentro de éstos costos se tienen en cuenta la mano de obra, repuestos y materiales utilizados.

La tabla 4 indica los precios que se tomaron como base para poder relacionar el costo de mantenimiento y su ponderación.

Tabla 4. Costo de mantenimiento

COSTO DE MANTENIMIENTO	
DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
Mayor o igual a \$ 1.000.000 al año	2
Menor a \$ 1.000.000 al año	1

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

**4.4.2.5 Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH).** Este criterio evalúa los percances que ocasiona un equipo al fallar sobre la seguridad de las personas e influencia en el medio ambiente.

La tabla 5 muestra el impacto que genera la falla de un equipo en el medio

ambiente y las personas.

Tabla 5. Impacto en seguridad, ambiente e higiene (SAH)

IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE E HIGIENE (SAH)	
DEFINICIÓN	PONDERACIÓN
Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere notificación a entes externos de la organización	8
Afecta el ambiente/ instalaciones	7
Provoca daños menores (ambiente y seguridad)	5
Provoca daños menores (ambiente y seguridad)	3
No provoca ningún daño a persona, instalaciones o al ambiente	1

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

**4.4.3 Calculo de criticidad.** Antes de poder calcular la criticidad total de un equipo, se debe conocer primero la consecuencia que se genera al presentar un fallo. A continuación se presenta la siguiente fórmula la cual nos permite calcular la consecuencia.

Consecuencia = ((Impacto operacional X Flexibilidad operacional) + costo de Mantenimiento + Impacto (SAH))<sup>14</sup>.

Conociendo la consecuencia se puede calcular la criticidad total de cada una de las máquinas. A continuación se presenta la fórmula que nos permite hallar éste valor.

Criticidad Total = Frecuencia de fallas X Consecuencia<sup>15</sup>

Con la Criticidad Total podemos definir niveles de prioridad para el proceso de la planta de sólidos y establecer una estrategia mantenimiento con una buena relación costo beneficio.

<sup>14</sup> PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005. p. 13.

<sup>15</sup> *Ibíd.*, p. 13.

Figura 6. Matriz de Criticidad

F R E C U E N C I A	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Fuente: PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005.

Ejemplo:

Evaluación de Consecuencia para la Granulador

Consecuencia = ((Impacto operacional X Flexibilidad operacional) + costo de Mantenimiento + Impacto (SAH)) 16.

Consecuencia = ((7 X 4) + 2 + 1) = 31

Se verifica en la matriz criticidad y el equipo se cataloga como crítico.

Criticidad Total = Frecuencia de fallas X Consecuencia 17

Criticidad Total = 2 X 31 = 62

**4.4.4 Análisis De Información.** Se ejecuta los cálculos para determinar la clasificación de los equipos de acuerdo a su criticidad en el proceso:

<sup>16</sup> PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005. p. 13.

<sup>17</sup> *Ibíd.*, p. 13.

Tabla 6. Clasificación de los equipos por nivel de Criticidad

<b>Critico</b>	<b>C</b>	<b>7</b>	<b>25%</b>
<b>Criticidad</b>	MC	9	32%
<b>No Critico</b>	NC	12	43%
	Total	28	100%

Fuente: COLINAGRO S.A.

Ver anexo 01 "MÉTODO DE EVALUACIÓN DE CRITICIDAD BASADA EN EL CONCEPTO DE RIESGO"

#### 4.4.4.1 Equipos Críticos

Tabla 7. Calculo de Equipos Críticos

EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLAS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MTTO	SEGURIDAD EN (SAH)	CONSECUENCIA	CRITICIDAD TOTAL	CRITERIO DE CRITICIDAD
GRANULADOR	2	7	4	2	1	31	62	C
MEZCLADOR EIRICH	2	10	4	2	1	43	86	C
QUEMADOR GAS 5	4	10	2	2	5	27	108	C
ZARANDA BGT	3	7	4	2	1	31	93	C
SECADOR ROTATORIO	2	10	4	2	1	43	86	C
ELEVADOR 1	4	7	4	2	1	31	124	C
ELEVADOR 2	3	7	4	2	1	31	93	C


Fuente: COLINAGRO S.A.

**4.4.5 Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).** El análisis de modo y efecto de falla es una metodología que permite identificar los distintos modos de falla potenciales de un sistema o equipo. Su objetivo principal es prevenir los problemas antes de que ocurran

Para la identificación de los distintos modos de fallos de los equipos de la planta de COLINAGRO, se realizó una reunión con el supervisor de mantenimiento, quien con su experiencia en la planta puede identificar los distintos modos de fallas en las máquinas.

Se diseñó un formato que recopila la información necesaria para identificar los diferentes tipos de falla presentado en los equipos de la planta. A continuación la figura 7 muestra el formato que ayudó a recopilar la información.

Figura 7. Formato de análisis de modo y efecto de falla

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLOS				NOMBRE DEL EQUIPO:	
COMPONENTE	TIPO DE SISTEMA	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN	PROCEDIMIENTO	

Fuente: COLINAGRO S.A.

La primera columna se refiere al componente o sub-sistema del equipo en donde se genera la falla. La segunda columna muestra el tipo de sistema, cuando se habla de tipo de sistema se refiere a sistema mecánico, hidráulico, neumático, eléctrico, electrónico, entre otros. En la tercera columna se clasifica el tipo de fallo. La cuarta columna muestra la descripción de las fallas que han ocurrido o que podrían llegar a ocurrir. En la quinta columna se detalla el modo del fallo. La sexta columna clasifica el tipo de la falla y la séptima columna describe el procedimiento que se ha llevado a cabo o que se debería implementar para reducir la probabilidad que ocurra la falla.

Cuando se habla de clasificar el tipo de fallo se debe tener en cuenta que éstos tipos de fallos se pueden clasificar en dos tipos.

- Fallo funcional: Aquel fallo que impide al equipo o al sistema analizado cumplir su función<sup>18</sup>.
- Fallo técnico: Es aquel que no impide que el equipo cumpla su función, si no que supone un funcionamiento anormal de éste<sup>19</sup>.

La clasificación de los fallos se refiere a la consecuencia que generaría el fallo en caso de suceder. Según esa consecuencia se debe decidir si el fallo se debe evitar (cuando las consecuencias del fallo sean inadmisibles) o tan solo deben buscarse formas de amortiguar sus efectos, de manera que éstos, en caso de producirse, sean mínimos. Por tanto existen éstas dos categorías<sup>20</sup>.

- Fallo a evitar.
- Fallo a amortiguar.

Evitar un fallo es mucho más costoso, en general, que amortiguar o minimizar sus efectos, por lo que la primera calificación debe reservarse únicamente a aquellos fallos cuyas consecuencias sean de alto costo.

Una vez definido el tipo fallo, clasificación, descripción y modo de fallo, se establece una estrategia de mantenimiento para cada componente del equipo (ver figura 8) mediante un procedimiento o instructivo, detallado el paso a paso de la actividades a realizar. El procedimiento hace referencia a actuar de una forma determinada. El concepto, por otra parte, está vinculado a un método o una manera de ejecutar algo.


---

<sup>18</sup> GARCÍA. Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz De Santos, 2003. p. 39.

<sup>19</sup> Ibid., p. 39

<sup>20</sup> Ibid., p. 41

Figura 8. Análisis de modo y efecto de falla del Granulador

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLOS				ID EQUIPO:
						GRANULADOR
COMPONENTE	TIPO DE SISTEMA	TIPO DE FALLO	DESCRIPCIÓN DEL FALLO	DESCRIPCIÓN DEL MODO DE FALLO	CLASIFICACIÓN	PROCEDIMIENTO
Moto reductor	Mecánico	Funcional	Rotura de la base del moto reductor	Alto torque	Amortiguar	MTO-PR-16
	Mecánico	Funcional	Rotura del eje	Alto torque		
	Mecánico	Funcional	Daño en los piñones del moto reductor	Desgaste general Falta de lubricación	Evitar	MTO-PR-17
Transmisión	Mecánico	Funcional	Desalineación en los piñones	Desajuste en tornillos prisioneros	Amortiguar	MTO-PR-14 MTO-PR-15 MTO-PR-16
	Mecánico	Funcional	Rotura de dientes de los piñones	Falta de lubricación	Amortiguar	
				Desalineación de los piñones		
				Exceso de tensión en la cadena		
	Mecánico	Funcional	Rotura de cadena	Falta de lubricación	Amortiguar	
				Desalineación en los piñones		
Exceso de tensión en la banda						
Mecánico	Funcional	Rotura de las chumaceras	Alto torque	Amortiguar		
Mecánico	Funcional	Rotura de los rodamientos	Falta de lubricación	Amortiguar		
			Exceso de temperatura			
			Alto torque			
Motor	Eléctrico	Funcional	Motor quemado	Sobre esfuerzo	Evitar	
				Rotura de rodamientos		
Descompensación de corriente						
Contactos sueltos						
Falta de lubricación				Amortiguar		
Arrancador electrónico	Eléctrico	Técnico	Daño en el variador de velocidad	Humedad	Evitar	
				Sobre carga		
				Uso		
Sistema eléctrico	Eléctrico	Funcional	Daño de sistema eléctrico	Mal contacto	Evitar	
				Corto circuito		
				Sobre carga		
Estructura	Estructura	Técnico	Deterioro de la estructura	Corrosión	Amortiguar	
				Desajuste de los equipos		
Sistema de aspersión de agua	Hidráulico	Técnico	Taponamiento de boquillas	Falta de limpieza	Amortiguar	
	Hidráulico	Funcional	Rotura de boquillas	Alto torque	Amortiguar	
	Hidráulico	Funcional	Rotura de válvula	Alto torque	Amortiguar	
	Hidráulico	Funcional	Rotura de manguera de agua	Fricción	Amortiguar	

Fuente: COLINAGRO S.A.

Un procedimiento, en este sentido, consiste en seguir ciertos pasos predefinidos para desarrollar una labor de manera eficaz. Su objetivo debería ser único y de fácil identificación. Adicionalmente este documentos define roles y responsables de la actividad a realizar. Cumpliendo todos los requerimientos establecidos anteriormente se realizaron los AMEF para los siete equipos críticos (Ver anexo 02).

#### 4.4.6 Estrategia documental de mantenimiento.

**4.4.6.1 Procedimientos.** Un procedimiento es un conjunto de acciones u operaciones que tienen que realizarse de la misma forma, para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias. Los procedimientos se usan para estandarizar la forma de hacer las cosas<sup>21</sup>, para el caso de mantenimiento se


<sup>21</sup> <http://lema.rae.es/drae/?val=procedimiento> 2 marzo de 2014.

desea garantizar la estandarización de las actividades rutinaria mediante mejores prácticas de preventivas.

En la planta se programan al grupo de trabajo de mantenimientos, en la cual participa el coordinador de mantenimiento y los técnicos de mayor experiencia en la planta.

Lo cual estableció los contenidos de los procedimientos, los alcances y objetivos, responsables de la ejecución y supervisión del procedimiento, equipos, herramientas y consumibles, el paso a paso para realizar la actividad satisfactoriamente sin tener eventos negativos, con el fin de documentar las actividades a realizar para mitigar los modos y efectos de falla de los equipos críticos anteriormente definidos. (Ver figura 9)

Figura 9. Procedimiento para adición de lubricante a la zaranda

Código: MTO-PR-08	<b>PROCEDIMIENTO PARA ADICION DE LUBRICANTE A LA ZARANDA</b>	
Fecha: 17 de marzo de 2014		
Versión: 1		

**1. OBJETIVO:**

Brindar un documento guía para desarrollar las actividades necesarias para la limpieza e Inspección de la zaranda, minimizando los riesgos operacionales que puedan afectar productividad de los activos y a las personas, medio ambiente e instalaciones garantizando la máxima calidad del servicio.

Procedimiento ejecutado según la programación implementada en el sistema EPICOR en el módulo de mantenimiento relacionado a continuación:

ZARANDA	
<b>ID DE EQUIPO</b>	TRANS-Z
<b>Descripción de equipo</b>	Transmisión-zaranda
<b>Numero plan de Mantenimiento</b>	1
<b>Nombre del plan de Mantenimiento</b>	Adición de Lubricante - MTO-PR-08
<b>Frecuencia</b>	4 Meses
<b>Código de procedimiento ejecutado</b>	MTO-PR-08

El plan de mantenimiento con Procedimiento será identificado en el nombre del plan como se indica a continuación:

- Adición de Lubricante - MTO-PR-08

El Procedimiento se encuentra dentro del S.G.C de mantenimiento disponible en la Intranet – Procesos Operativos.

**2. ALCANCE**

Aplica como procedimiento para la lubricación de la zaranda con el fin de lubricar y refrigeración los componentes del equipo. Está dirigido al personal que desarrolla la actividad específicamente a técnico de mantenimiento, Ingeniero de mantenimiento, líderes de Producción, Operadores de equipos, a fin de que conozcan los lineamientos para la ejecución del trabajo, los riesgos que éste implica y las actividades a desarrollar.

**1. RESPONSABLES:**

**1.1. RESPONSABLE POR EL MANTENIMIENTO DE ESTE PROCEDIMIENTO**

Técnico asignado.


- Cumple de principio a fin la ejecución de la actividad asegurando el cumplimiento de todos los pasos definidos en el presente Procedimiento.
- Asegura el área y equipo de trabajo aislando todos los medios exteriores que puedan incurrir en el buen desarrollo de su labor.
- Minimiza el riesgo en su área de trabajo.

<b>ELABORO</b>	<b>REVISO</b>	<b>APROBO</b>
TÉCNICO DE MANTENIMIENTO- AUXILIAR DE ALMACÉN DE MANTENIMIENTO	COORDINADOR DE MANTENIMIENTO	GERENTE DE PLANTA

Rige a partir de: Fecha de Aprobación Página 1 de 2

Fuente: COLINAGRO S.A.

Figura 9. Continuación

Código: MTO-PR-08 Fecha: 17 de marzo de 2014 Versión: 1	<b>PROCEDIMIENTO PARA ADICION DE LUBRICANTE A LA ZARANDA</b>	
---	--	---

**1.2. RESPONSABLE POR EL CONTROL DE ESTE PROCEDIMIENTO**

**Coordinador de Mantenimiento**

- Difunde este Procedimiento al personal involucrado en la operación.
- Asegura que el personal tenga el entrenamiento y la experiencia suficiente para desarrollar este Procedimiento.
- Define los recursos para la actividad (equipos, personal e insumos).
- Garantiza la disponibilidad de los equipos, materiales e insumos necesarios para realizar los trabajos.
- Asigna responsabilidades a los miembros del equipo de trabajo.
- Verifica el cumplimiento de las labores ejecutadas

**2. RESPONSABLES POR LA APLICACIÓN DE ESTE PROCEDIMIENTO**

**Técnico Electricista y/o Mecánico por Competencia**

- Garantiza la correcta implementación del Procedimiento para el funcionamiento de los equipos.
- Cumple con las normas de HSE para el desarrollo normal del Procedimiento.

**2.1. DOCUMENTOS RELACIONADOS.**

2.2. Formato Planeación mantenimiento preventivo.

2.3. MOI Mantenimiento.

**3. DISPOSICIONES GENERALES.**

**EQUIPOS Y MATERIALES**

3.1. Aceitera

3.2. Embudo

3.3. Escoba, estopa.

3.4. Shell 220,

**4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (Paso a Paso).**

4.1. Este mantenimiento se debe realizar con el equipo en operación.

4.2. Alistar elementos para lubricación: aceite shell 220, estopa, escoba.

4.3. Envasar aceite shell 220 en recipiente para la lubricación.

4.4. Limpiar polvo o partículas externas que contenga la transmisión.

4.5. Identificar los tapones de nivel, de suministro y destogue.

4.6. Retirar tapón de nivel.

4.7. Verificar nivel de lubricante.

4.8. Tomar muestra de aceite para realizar análisis de aceites.

4.9. Si el nivel se encuentra bajo se retira el tapón de suministro, se adiciona aceite 220 hasta completar nivel.

4.10. Colocar tapones de nivel y suministro.

**Observación:** Si encuentra alguna novedad que genere riesgo operacional y de seguridad se debe informar de inmediato.

**3. CONTROL DE CAMBIOS:**

FECHA	VERSION	MODIFICADO POR	CAMBIO
17 de Marzo de 2014	1		Versión Inicial del documento

Fuente: COLINAGRO S.A.

En el ejercicio de levantamiento y documentación, se definen y realizan 21 procedimientos de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la planta de sólidos de Bogotá. (Ver anexos 03)

**4.4.6.2 Actualización de la plataforma ERP Epicor.** Se realizó un análisis detallado a los AMEF de los equipos críticos y se identificaron las rutinas que requerían procedimientos, las cuales se renombraron por ampliación del alcance y se incluyeron en la plataforma ERP Epicor.

Para incluir y actualizar en plataforma se realiza a través de un archivo plano en Excel (Plandemantenimientopreventivoequiposcriticos.xlsx ver anexo 04) el cual es descargado de la ERP Epicor y se actualiza sobre el mismo. (Ver figura 10)

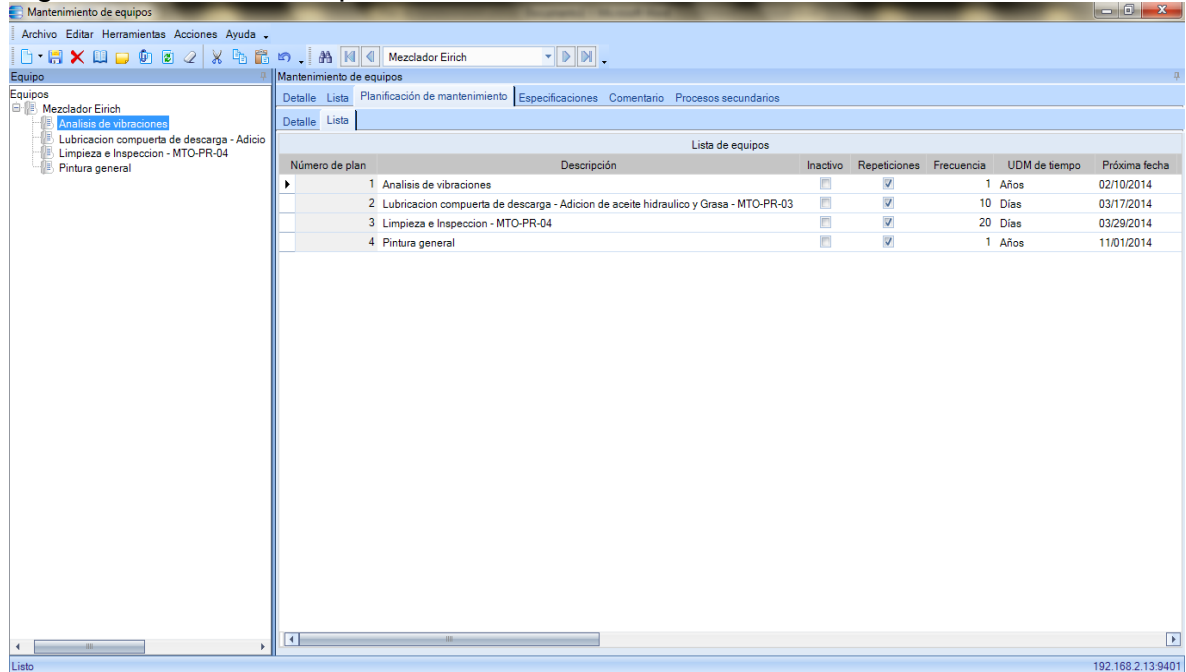
Figura 10. Archivo plano en Excel (Plandemantenimientopreventivoequiposcriticos.xlsx).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	EquipID	PlanN	Description	TimeF	TimeU	MeterF	MeterU	Recv	NextDat	NextMe	TemplateJobN	IssueTopicID	IssueTopicID2	IssueTo	
3	C01	ELEVADOR 1	2	Lubricacion Rodamientos- PRO-MTO-09	20	Days		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
4	C01	ELEVADOR 1	3	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-10	25	Days		Hra	yes	19/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
5	C01	ELEVADOR 1	4	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
6	C01	MOTORREDUCTOR-E1	1	Adición de Lubricante - PRO-MTO-11	4	Months		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
7	C01	ELEVADOR 2	1	Lubricacion sistemas de engranajes - PRO-MTO-08	8	Days		Hra	yes	17/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
8	C01	ELEVADOR 2	2	Lubricacion Rodamientos- PRO-MTO-09	15	Days		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
9	C01	ELEVADOR 2	3	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-10	25	Days		Hra	yes	19/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
10	C01	ELEVADOR 2	4	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO			
11	C01	MOTORREDUCTOR-E2	1	Adición de Lubricante - PRO-MTO-11	4	Months		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
12	C01	GRANULADOR	1	Lubricacion sistemas de engranajes - PRO-MTO-12	10	Days		Hra	yes	18/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
13	C01	GRANULADOR	2	Ajuste - PRO-MTO-13	30	Days		Hra	yes	21/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
14	C01	GRANULADOR	3	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-14	30	Days		Hra	yes	27/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
15	C01	GRANULADOR	4	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
16	C01	MOTORREDUCTOR-G	1	Adición de Lubricante - PRO-MTO-15	4	Months		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
17	C01	MEZCLADOR EIRICH	1	Análisis de vibraciones	1	Years		Hra	yes	05/03/2014		MITO-PREVENTIVO	MITO MOTORES		
18	C01	MEZCLADOR EIRICH	2	Lubricacion compuerta de descarga - Adicion de aceite hidraulico y Grasa - PRO-MTO-01	10	Days		Hra	yes	17/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
19	C01	MEZCLADOR EIRICH	3	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-02	20	Days		Hra	yes	29/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
20	C01	MEZCLADOR EIRICH	4	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
21	C01	MOTOR CUBA-ME	1	Adición de Lubricante - PRO-MTO-03	4	Months		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
22	C01	VARIADOR-ME	1	Mto preventivo - PRO-MTO-05	4	Months		Hra	yes	20/05/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
23	C01	QUEMADOR GAS 5	1	Mantenimiento preventivo - PRO-MTO-20	45	Days		Hra	yes	04/04/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
24	C01	QUEMADOR GAS 5	2	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-21	30	Days		Hra	yes	21/04/2014		MITO-PREVENTIVO			
25	C01	SECADOR ROTATORIO	1	Lubricacion sistemas de engranajes - PRO-MTO-16	10	Days		Hra	yes	18/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
26	C01	SECADOR ROTATORIO	2	Lubricacion de rodamientos y Ajuste - PRO-MTO-17	20	Days		Hra	yes	21/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
27	C01	SECADOR ROTATORIO	3	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-18	25	Days		Hra	yes	28/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
28	C01	SECADOR ROTATORIO	4	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO	M-SISTEMAS DE CONTROL		
29	C01	REDUCTOR-SR	1	Adición de Lubricante - PRO-MTO-19	4	Months		Hra	yes	20/03/2014		MITO-PREVENTIVO	M-LUBRICACION		
30	C01	ZARANDA BGT	1	Limpieza e Inspeccion - PRO-MTO-05	30	Days		Hra	yes	01/04/2014		MITO-PREVENTIVO			
31	C01	ZARANDA BGT	2	Ajuste - PRO-MTO-07	30	Days		Hra	yes	28/03/2014		MITO-PREVENTIVO			
32	C01	ZARANDA RGT	3	Pintura general	1	Years		Hra	yes	01/11/2014		MITO-PREVENTIVO			

Fuente: COLINAGRO S.A.

Con el archivo actualizado se sube a la plataforma y quedan incluidos en plataforma. (Ver figura 11) en esta se evidencia la inclusión del código del procedimiento, al cual se debe referir para hacer la actividad.

Figura 11. Vista ERP Epicor



Fuente: COLINAGRO S.A.

Los procedimientos documentados están codificados dentro del sistema de gestión de calidad en la intranet de Colinagro SA. Con el fin de garantizar el fácil acceso a la información por parte de personal que participa en las actividades de mantenimiento.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se realizó el análisis de criticidad a los 28 equipos de la planta mediante el método de análisis de criticidad basada en riesgo. Concluyendo que el 25% de los equipos son críticos, 32% de media criticidad y 42,8% son sistemas no críticos.
- Una vez definidos los equipos críticos se realizaron los análisis de modo y efectos de falla, determinando los componentes en cada uno de los equipos e identificando las falla y el modo de falla en cada una de las partes analizadas, lo cual estableció una clasificación amortiguar o evitar la posible falla del elemento, teniendo en cuenta lo anterior esto genero una estrategia de mantenimiento documental basada en procedimientos.
- En la fase inicial documental se programaron reuniones con el equipo técnico de mantenimiento para establecer los objetivos, alcances, responsable, equipos, herramientas, consumibles, paso a paso de la actividad a realizar para mitigar los modos de fallas establecidos en los AMEF.
- En el proceso de levantamiento y documentación se realizan 21 procedimientos de mantenimiento preventivo para los equipos críticos de la planta de solidos de Bogotá.
- Se actualizo en la plataforma e incluyo el código del procedimiento de la actividad a realizar, al ejecutar las ordenes de trabajo este las relaciona con el procedimiento a ejecutar.

La importancia de documentar (procedimientos) se ve reflejado en la consolidación del conocimiento. Por lo cual los procedimientos están codificados dentro del sistema de gestión de calidad en la intranet de Colinagro SA. Con el fin de garantizar el fácil acceso a la información por parte de personal que participa en las actividades de mantenimiento. Por otro lado se entregó al equipo una copia controlada física de los 21 procedimientos para volver habitual esta práctica y se realice la actividad con el documento requerido.

## BIBLIOGRAFÍA

BORRAS. Carlos. Principios de mantenimiento, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. 62 p.

GARCÍA. Santiago. Organización y Gestión Integral de Mantenimiento. Madrid: Díaz De Santos, 2003. p. 24, 109-110.

PARRA. Carlos. Implantación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en un sistema de producción. Sevilla: Universidad de Sevilla, Escuela Superior de Ingenieros, 2005. p. 13-14, 39-41.

SMITH, Ricky and MOBLEY, Keith. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers : Butterworth-Heinemann; 2007. p. 21, 37.

## ANEXOS

[Anexo A. Analisis de Criticidad](#)

[Anexo B. AMEF](#)

[Anexo C. Procedimientos](#)

[Anexo D. Plan de Mantenimiento](#)