

**MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM  
PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A  
PLANTA BARRANQUILLA**



**John Alexander Montoya Tejada**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
BUCARAMANGA  
2012**

**MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM  
PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A  
PLANTA BARRANQUILLA**

**John Alexander Montoya Tejada.**

**Proyecto de Grado presentado como requisito para optar al título  
de Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director:**

**Wilmington Andrés García Restrepo  
Ingeniero Electromecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA.  
BUCARAMANGA**

**2012**

## **DEDICATORIA**

Al dueño de la vida por orientar cada paso de mi vida, por moldearme con cada experiencia que me regala, a mi esposa por comprenderme, apoyarme y amarme incondicionalmente y a mi familia por fundar unas bases solidas en mi vida que me permitieron ser la persona que soy.

## CONTENIDO

### INTRODUCCION

1. INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A.	17
1.1 DESCRIPCION GENEREAL DE LA EMPRESA	17
1.1.1 Localización	18
1.1.2 Visión	19
1.1.3 Misión	19
1.1.4 Valores corporativos	19
1.1.5 Reseña histórica	19
1.2 PROCESO PRODUCTIVO	25
1.2.1 Cultivos	27
1.2.2 Recibo y almacenamiento	28
1.2.3 Lavado	28
1.2.4 Molienda	29
1.2.5 Separación	29
1.2.6 Modificación	30
1.2.7 Secado de almidón	31
1.2.8 Secado de harina	31
1.2.9 Empaque	32
1.2.10 Utilities	33

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	37
1.4 JUSTIFICACION	38
2. MARCO TEORICO	39
2.1 GESTION DE MANTENIMIENTO	39
2.1.1 Mantenimiento correctivo	41
2.1.2 Mantenimiento preventivo	42
2.1.3 Mantenimiento predictivo	42
2.1.4 Mantenimiento proactivo	42
2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)	43
2.2.1 TERMINOLOGIA	44
2.2.2 Historia del RCM	50
2.2.3 Siete preguntas básicas	57
2.2.4 Funciones	58
2.2.5 Modos y efectos de falla	60
2.2.6 Valoración del riesgo	62
2.2.7 Tareas y frecuencias	67
3. ESTADO ACTUAL	73
3.1 DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS	73
3.2 CMMS SAP	74
3.2.1 Equipos	75

3.2.2 Ubicación técnica	80
3.2.3 Ordenes de trabajo	81
3.2.4 Planes de mantenimiento	84
3.2.5 Reserva de repuestos	85
3.2.6 Notificaciones	86
3.2.7 Cierre	86
4. TALENTO HUMANO	87
4.1 CONFIABILIDAD HUMANA	87
5. PROPUESTA DE RCM PARA EQUIPOS CRITICOS	99
5.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS CRITICOS	101
5.1 DESCRIPCION DE EQUIPOS CRITICOS	102
5.1.1 Funciones	106
5.1.2 Modos y efectos de falla	110
5.1.3 Valoración del riesgo	112
5.1.4 Tareas y frecuencia	114
6. VERIFICACION	117
6.1 MODELO DINAMICO	117
7. CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFIA	119

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de la planta.	18
Figura 2. Localización geográfica de las plantas a nivel nacional.	18
Figura 3. Registros de los inicios de la compañía.	20
Figura 4. Producto insignia de la compañía en Colombia.	21
Figura 5. Industrias Del Maíz planta Cali	22
Figura 6. Certificaciones Industrias Del Maíz	23
Figura 7. Industrias Del Maíz planta Barranquilla	24
Figura 8. Diagrama de proceso en bloques	25
Figura 9. Plano general planta Barranquilla	26
Figura 10. Cultivos de yuca de la compañía	27
Figura 11. Área de recepción y almacenamiento de materia prima	28
Figura 12. Área de lavado y clasificación	22
Figura 13. Área de molienda de la materia prima	29
Figura 14. Área de separación de la materia prima	29
Figura 15. Área modificación del almidón	30
Figura 16. Área deshidratación y secado de almidón	31
Figura 17. Área de deshidratación y secado de fibra	31
Figura 18. Área de empaque y almacenamiento de almidón	32

Figura 19. Área almacenamiento y tratamiento del agua	33
Figura 20. Subestación eléctrica Industrias Del Maíz plana Barranquilla	34
Figura 22. Estación de gas y quemador gas almidón	35
Figura 23. Eficiencia operacional de planta	37
Figura 24. Diferentes alternativas de metodologías de gestión	41
Figura 25. Patrones de falla	54
Figura 26. Diagrama de entradas y salidas área mantenimiento	73
Figura 27. Estructura códigos Industrias Del Maíz	75
Figura 28. Descripción de códigos en el sistema	78
Figura 29. Clasificación ABC para equipos en SAP	79
Figura 30. Identificación del código de área para Colombia	80
Figura 31. Identificación de equipos por ubicación técnica	81
Figura 32. Identificación de oportunidades de mejora ordenes repetidas	83
Figura 33. Orden de trabajo del sistema	84
Figura 34. Rutinas de mantenimiento matriculadas en SAP	85
Figura 35. Rueda de la vida	88
Figura 36. Matriz de evaluación de competencias y habilidades	93
Figura 37. Diagrama del profesional integral	94
Figura 38. Ciclo de confiabilidad humana	95
Figura 38. Alineación con la estrategia corporativa	97

Figura 39. Plan de trabajo esquemático RCM	99
Figura 40. Cronograma de actividades RCM	100
Figura 41. Desintegrador Nivoba	102
Figura 42. Centrifuga TX 310	103
Figura 43. Centrifuga Reineveld	104
Figura 44. Centrifuga Decanter	105
Figura 45. Técnicas de mantenimiento según categoría	114

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Formato para toma de consumos energéticos en planta	36
Tabla 2. Etapas evolutivas del mantenimiento	40
Tabla 3. Valoración del riesgo escala de severidad	64
Tabla 4. Valoración del riesgo escala de probabilidad de ocurrencia	65
Tabla 5. Valoración del riesgo escala de oportunidad de detección	65
Tabla 6. Matriz de riesgos	66
Tabla 7. Clasificación de aéreas para la planta Barranquilla	76
Tabla 8. Estándar internacional para la clasificación de equipos	77
Tabla 9. Rutinas de mantenimiento matriculadas en SAP	86
Tabla 10. Plan de entrenamiento técnico mantenimiento	93
Tabla 11. Cronograma de actividades diario dpto. Mantenimiento	96
Tabla 12. Formato de recepción de turno.	96
Tabla 13. Método para selección de equipos ABC	101
Tabla 14. Identificación de modos y efectos de falla equipos críticos	110
Tabla 15. Valoración del riesgo parra equipos críticos	111
Tabla 16. Tareas asignadas según tipo de mantenimiento	112

## RESUMEN

**TITULO:** MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO BASADO EN RCM PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A PLANTA BARRANQUILLA<sup>1</sup>

**AUTORES:** JOHN ALEXANDER MONTOYA TEJADA<sup>2</sup>

**PALABRAS CLAVES:** CONFIABILIDAD, MODO DE FALLA, EQUIPOS CRITICOS TALENTO HUMANO, ESTRATEGIA CORPORATIVA.

El gerenciamiento del área de mantenimiento implica una gran cantidad de conocimientos, uno de ellos es la capacidad para interpretar el contexto en el que nos encontramos y adoptar las mejores metodologías y técnicas que permitan realizar una efectiva gestión. En el mercado encontramos una amplia oferta de opciones en cuanto a técnicas y metodologías se refieren, pero la pregunta es cuál es la mejor opción y porque, dentro de esta amplia oferta encontramos el RCM y dentro de las múltiples ventajas que este ofrece, está el alcance de resultados efectivos en muy corto tiempo lo que permite apalancar proyectos de mayor envergadura en el mediano y largo plazo. Esta metodología permite interactuar de manera directa con uno de los principales clientes del área de mantenimiento, como lo es el área de producción, también nos permite identificar que equipos son los que generan mayor impacto en la operación e identifica oportunidades inmediatas de mejora que contribuyen al logro de los resultados del negocio.

Se presenta una propuesta donde se identifican oportunidades de mejora a través de la metodología RCM, partiendo del activo más importante y diferenciador para una compañía el capital humano y teniendo el foco claro de que cada actividad a realizar este alineada con la estrategia corporativa y genere valor para el negocio.

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento,  
Director: Wilington Andrés García Restrepo, Ingeniero Electromecánico

## SUMMARY

**TITLE:** MAINTENANCE MANAGEMENT MODEL BASED TEAMS FOR CRITICAL RCM INDUSTRIES PLANT CORN SA BARRANQUILLA.<sup>3</sup>

**AUTHORS:** JOHN ALEXANDER MONTOYA TEJADA.<sup>4</sup>

**KEYWORDS:** Reliability, failure mode, critical equipment human talent, corporate strategy.

The management of the maintenance area involves a lot of knowledge, one of them is the ability to interpret the context in which we find and adopt the best methodologies and techniques to make effective management. In the market there is a wide range of options in terms of techniques and methodologies relate, but the question is what is the best option and that, within this wide range found within the RCM and the many advantages it offers, is the reach effective results in a short time allowing leverage larger projects in the medium and long term. This methodology allows you to interact directly with major clients in the maintenance area, as is the production area, also allows us to identify which teams are those that generate the greatest impact on the operation and identifies immediate improvement opportunities that contribute to achieving business results.

A proposal which identifies opportunities for improvement through the RCM methodology, starting with the most important asset and differentiator for a company's human capital and taking the clear focus of each activity to be undertaken is aligned with corporate strategy and create value for business.

---

<sup>3</sup> Monograph

<sup>4</sup> Faculty of physical and mechanical engineering. Maintenance Management Specialization, Director: Andres Garcia Willington Restrepo, Electromechanical Engineer

## INTRODUCCION

La gestión de mantenimiento consiste en administrar los recurso de una manera efectiva, para realizar esta labor se debe contar con herramienta que permitan identificar donde están esos elementos que alejan la meta propuesta de los resultados obtenidos.

El RCM es un metodología efectiva, asequible, de fácil comprensión y que permite de manera muy ágil esas oportunidades de mejora a la vez que se va reforzando un camino de cooperación en conjunto los diferentes departamentos que conforman el negocio en especial con el departamento de producción.

En emprender nuevos caminos con una meta en común genera el compromiso de todas las partes de manera equitativa y colaborativa en donde de manera sinérgica los esfuerzos aumenten de manera exponencial, situación que soporta los momentos en los que el proceso requiera ajustes.

Se plantea a continuación un modelo de gestión en donde todos los usuarios puedan ser parte activa de la solución lo cual representa un potenciador natural para la motivación de todos los colaboradores y los facilitadores.

## **1. INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A**

### **1.1 DESCRIPCION GENERAL DE LA EMPRESA**

Industrias Del Maíz es una Compañía Multinacional con operación en 22 países en el mundo. El negocio es la producción y comercialización de ingredientes y materias primas derivados de la molienda de maíz y yuca para la aplicación industrial y productos alimenticios. En Colombia lleva 75 años de operación.

Actualmente en América cuenta con 22 plantas de producción de almidones y jarabes distribuidas así: USA (3), CANADÁ (2), MÉXICO (2), VENEZUELA (1), COLOMBIA (5), ECUADOR (1), CHILE (1), BRASIL (3) y ARGENTINA (2). Y recientemente compro a National Starch la principal compañía a nivel mundial en producción de almidones modificados.

En Colombia cuenta con dos complejos industriales ubicados en las siguientes ciudades: Cali y en el municipio de Malambo, cerca a Barranquilla. Además cuenta con 2 concesiones del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) con 2 Plantas de Bienestarina ubicadas en los Municipios de Sabanagrande (Atlántico) y Cartago (Valle).

La planta de Barranquilla se encuentra ubicada geográficamente en una zona rica en cultivos de yuca, debido a la cultura, producción y comercialización de esta raíz los almidones naturales y modificados que se producen a partir de esta. Los principales sectores de mercado son:

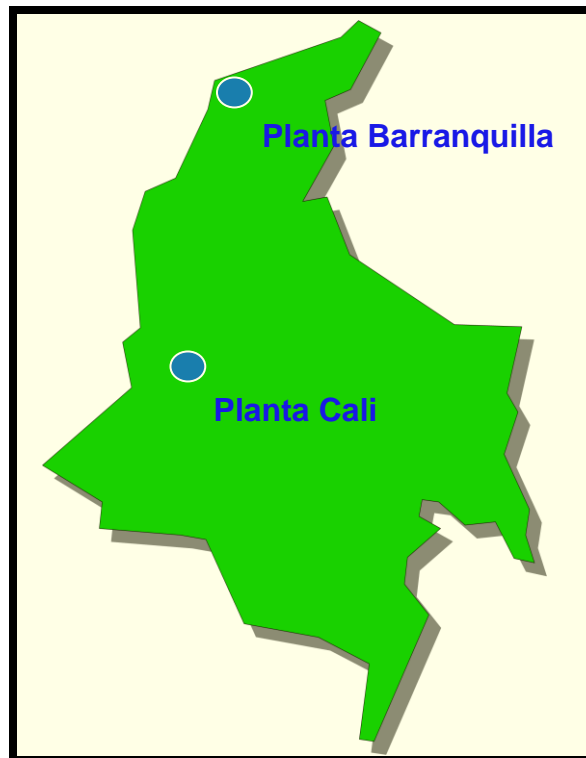
- Sector alimenticio: Bebidas, confitería, panadería.
- Sector salud: Cuidado personal, farmacéutico.
- Sector industrial: Papel, corrugado, textil.
- Sector nutrición animal: Avícola, ganado, mascotas.

### 1.1.1 Localización

Figura 1. Localización geográfica de la planta. (Municipio de Malambo)<sup>5</sup>.



Figura 2. Localización geográfica de las plantas a nivel nacional.



<sup>5</sup> Fuente: <http://earth.google.es>

### 1.1.1 Visión<sup>6</sup>

Ser la empresa más admirada, alcanzando la Competitividad de Clase Mundial a través de la constante consolidación de nuestra posición como el mejor proveedor de ingredientes en la comunidad andina y los países a los cuales determinemos llegar con nuestros productos.

### 1.1.2 Misión

Ser el principal proveedor industrial de productos derivados agrícolas, ingredientes alimenticios de alta calidad y productos industriales, construyendo esta posición sobre nuestros principales negocios, valores y fortalezas.

### 1.1.3 Valores corporativos<sup>7</sup>

**Seguridad:** Elevar la seguridad al nivel de valor significa el compromiso de la compañía por garantizar la integridad de sus empleados, comunidad y accionistas.

**Calidad:** El sello de nuestro trabajo se encuentra implícito en cada uno de los ingredientes que satisfacen la necesidad de nuestros clientes

**Innovación:** El mejoramiento continuo es la base para el crecimiento y desarrollo de nuevas y mejores aplicaciones que satisfagan las necesidades del mercado.

**Excelencia:** Hacemos las cosas correctas de la mejor manera, mientras buscamos el mejoramiento continuo.

**Integridad:** Nos identificamos con un código de conducta que produce consistentemente un comportamiento ético.

**Respeto:** Tratamos y nos relacionamos con otros de la misma manera que deseamos ser tratados.

---

<sup>6</sup> <http://www.industriasdelmaiz.com/mision.html>

<sup>7</sup> <http://www.industriasdelmaiz.com/valores.html>

**Éxito Financiero:** Hacemos crecer continuamente nuestro negocio para crear valor económico hoy y en el futuro.

#### 1.1.4 Reseña histórica<sup>8</sup>

Industrias del Maíz S.A. – Corn Products Andina es una afiliada de Corn Products International, Inc. que se fundó en 1906 en New Jersey (Estados Unidos) bajo el nombre de Corn Products Refining Company.

Figura 3. Registros de los inicios de la compañía.



En 1922 la compañía extendió sus operaciones creando así la División Internacional y en 1928 se formó la División Latinoamericana.

Industrias del Maíz S.A opera en Colombia desde 1933 en las siguiente línea de tiempo se reseñan los principales hitos históricos de la compañía hasta el momento.

1933: Se inicia labores con una pequeña empacadora de fécula de maíz en Barranquilla, registrándose la compañía con el nombre de MAIZENA S.A.

---

<sup>8</sup> <http://www.industriasdemaiz.com/historia.html>

1941: Se monta una segunda empacadora en Cali y la creación de una oficina de distribución en Bogotá.

1942: Se adquiere la fábrica de almidones de Vicente Giraldo en la ciudad de Armenia con una capacidad de 15 toneladas por día.

1957: Se incrementa la capacidad de molienda de la fábrica de Armenia a 45 toneladas día.

Figura 4. Producto insignia de la compañía en Colombia.



1959: Con el incremento de la demanda de almidones, glucosas, dextrinas, pegantes y otros derivados del maíz y el incremento de la industrialización a nivel nacional, los directivos decidieron trasladar el negocio a Cali debido a la concentración de industrias y la cercanía al puerto marítimo de Buenaventura. Así nació la planta en Cali con una capacidad de 75 toneladas día.

1984: La compañía adquiere las plantas de Inyucal S.A en Barranquilla y Derivados del Maíz S.A en Medellín.

1988: Se registra la compañía como Industrias del Maíz S.A. – MAIZENA S.A.

1995: Se construye la nueva planta de molienda de maíz y refinería de jarabes en Cali.

1996: Entra en funcionamiento la nueva planta de Cali con una capacidad de molienda de maíz de 500 toneladas por día y refinería de jarabes de maíz de 200 toneladas por día. Se adquieren los silos de maíz en Cali.

Figura 5. Industrias Del Maíz planta Cali.<sup>9</sup>



1997: En paralelo con la separación a nivel internacional de CPC International Inc. en dos nuevas compañías: Bestfoods y Corn Products International Inc. En Colombia también se separa legal y administrativamente Industrias del Maíz S.A y Distribuciones S.A (DISA S.A.), la anteriormente llamada División Consumo.

1999: Se adquiere y se asume el control gerencial de la planta Poliecsa de Ecuador para la producción de Sorbitol; Se unifican las plantas en Colombia bajo una misma razón social, nuestro nombre cambia a Industrias del Maíz S.A. - Corn Products Andina.

<sup>9</sup> <http://www.industriasdelmaiz.com/historia.html>

Figura 6. Certificaciones Industrias Del Maíz.<sup>10</sup>



2000: Todas las plantas logran la certificación ISO 9001 de todas las líneas de Productos de la compañía; y se gana la licitación para la administración, producción y la venta de Bienestarina en las plantas de ICBF Cartago y Sabanagrande.

2001 Las plantas de Cali y Barranquilla logran la certificación KOSHER de productos para la comunidad Hebrea.

2002 La planta de Cali obtiene la certificación BASC de Sistema de Seguridad Física y se certifican las plantas del ICBF con ISO 9001.

2003 Se efectúa el cierre de la planta de Medellín y se traslada la producción de almidón blanco y dextrinas a la planta de Cali.

2004 Industrias del Maíz S.A. logra la certificación BPM de Buenas Prácticas de Manufactura. Se cierra la planta de Ecuador y se traslada la producción de Sorbitol a la planta de Cali.

---

<sup>10</sup> <http://www.industriasdelmaiz.com/historia.html>

2004 Industrias del Maíz S.A. logra la certificación BPM de Buenas Prácticas de Manufactura. Se cierra la planta de Ecuador y se traslada la producción de Sorbitol a la planta de Cali.

2005 Se incrementa la capacidad de molienda a 850 Toneladas por día y se obtiene el sello calidad ICONTEC para la Bienestarina.

2006 Se obtiene tanto la certificación OSHAS 18000 de Seguridad y Salud Ocupacional para las plantas de Barranquilla y Cali; como la certificación Gluten Free para nuestro producto expandex. A su vez, durante ese año se crea el Centro logístico y de distribución

2007 Se adquiere la planta de Derivados del Maíz, (Demsa) en Perú y durante ese mismo año Industrias del Maíz empieza a atender el mercado de Centroamérica y Caribe

2008 La compañía celebra 75 años de existencia con un gran evento, donde estuvieron invitados los principales clientes, proveedores y aliados estratégicos.

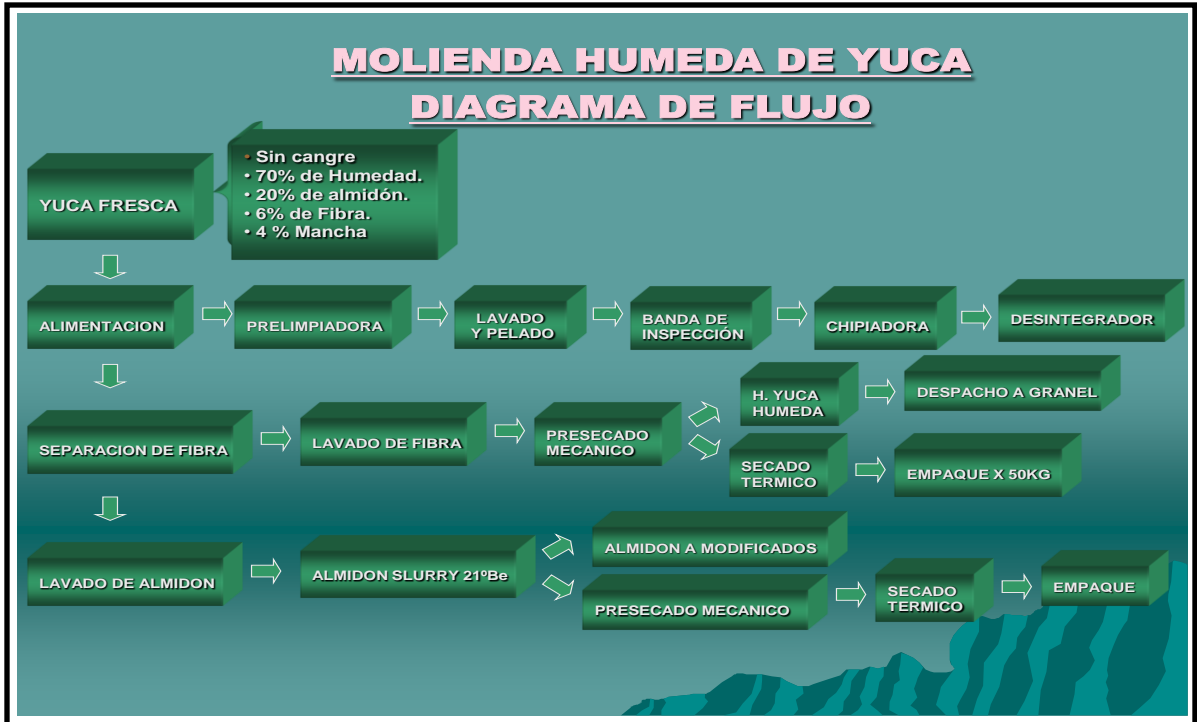
Figura 7. Industrias Del Maíz planta Barranquilla.<sup>11</sup>



<sup>11</sup> <http://www.industriasdelmaiz.com/historia.html>

## 1.2 PROCESO PRODUCTIVO

Figura 8. Diagrama de proceso en bloques.<sup>12</sup>



El proceso productivo comienza con los cultivos de yuca los cuales tienen características especiales desde su siembra para cumplir con el contenido de almidón necesario para el proceso productivo. La materia prima ingresa a la planta en tracto mulas las culés transportan entre 20 y 30 toneladas de peso estas contienen el producto en bultos de 50 Kg cada uno. Cuando la yuca ingresa a la planta se verifica el contenido de almidón, con ello se realiza un balance de masa para establecer la efectividad del proceso y tener certeza de cuanto producto seco (almidón) se recupera vs. la cantidad que ingresó en la yuca sin procesar.

Posterior a esta verificación el producto ingresa a través de una banda transportadora a una pre limpiadora de yuca la cual retira el barro y las impurezas superficiales del producto, inmediatamente la yuca ingresa a una lavadora en donde se retira su capa superficial (periderma o cascarilla), luego un operario

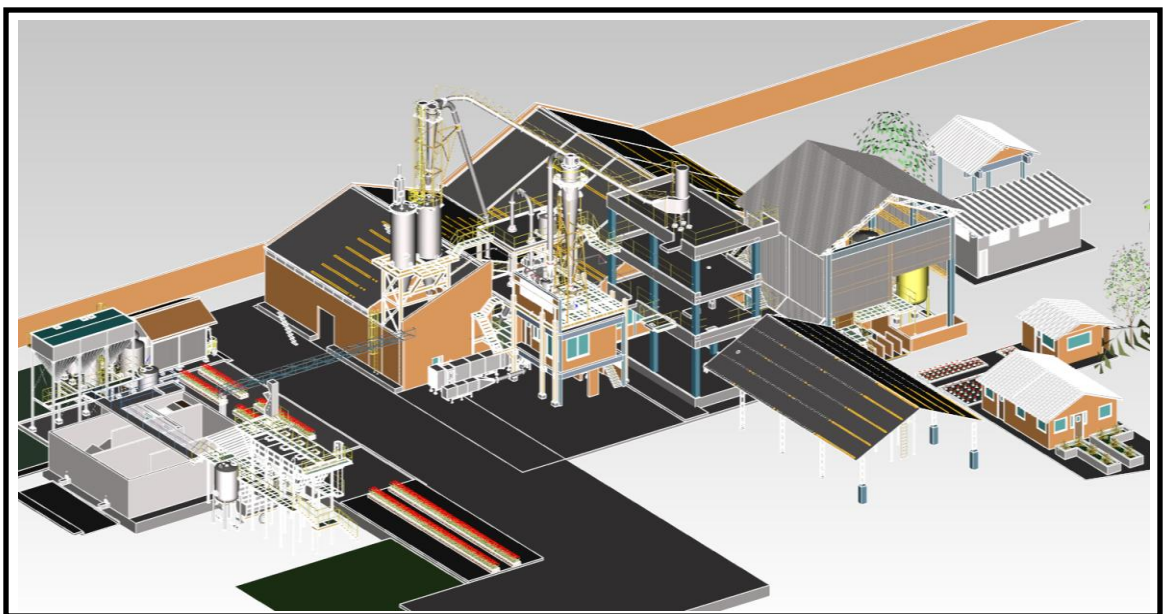
<sup>12</sup> Presentación para capacitación en molienda, archivo Industrias Del Maíz.

inspecciona el producto que va ingresar a los desintegradores. Este producto que sale de los desintegradores es pasado a través de una serie de mallas en donde se separa al fibra y el almidón.

El proceso de la fibra consiste en un pre secado mecánico el cual es realizado por una centrifuga decantadora; en este punto el producto puede ser vendido a granel. Por último se seca térmicamente y se empaca en bultos para ser almacenado en las bodegas y posteriormente despachado al cliente.

El proceso de almidón es sometido a unas etapas de lavado y refinación en donde se buscan altos estándares de calidad en cuanto a color, impurezas, contenido de fibra, entre otros, posteriormente esta lechada de almidón (slurry) es enviada a una planta de almidones modificados en donde a través de un proceso interno se les da un alto valor agregado según las características y especificaciones exigidas por el cliente. Esta lechada de almidón es deshidratada por fuerza centrifuga y posteriormente se realiza un secado térmico, finalmente el almidón es empacado y despachado al cliente

Figura 9. Plano general planta Barranquilla.<sup>13</sup>



<sup>13</sup> Presentación para capacitación en molienda, archivo Industrias Del Maíz.

### 1.2.1 Cultivos

Figura 10. Cultivos de yuca de la compañía.<sup>14</sup>



En esta primera parte la consecución de la materia prima se hace de dos maneras: Cultivos propios: Son las hectáreas que la compañía siembra en fincas propias las cuales hacen parte de su patrimonio, estas son cultivadas por ingenieros agrónomos de la compañía y con equipos agrícolas pertenecientes a la empresa. Después de nueve meses la yuca es cosechada y transportada a la empresa para su posterior transformación. Existe un término empleado por los agrónomos llamado doble ciclo, el cual consiste en dejar la yuca nueve meses más bajo tierra, la razón de esto es estrategia ya que si las vías no son aptas para el transporte o las necesidades del mercado varían, la raíz se preserva mucho mejor en este estado. El porcentaje de almidón disminuye entre un 10% y un 15% pero es una decisión costo efectiva.

Órdenes de compra a futuro: Esta modalidad consiste en realizar una promesa de compra a los dueños de los cultivos, inicialmente se estima la productividad por hectárea y el porcentaje de almidón esperado, basados en este cálculo la compañía establece el valor estimado de su cosecha, con esto las personas tienen certeza de que la inversión hecha en sus cultivos tiene un retorno de la inversión asegurado.

---

<sup>14</sup> Finca Media luna, cultivos de la compañía.

### 1.2.2 Recibo y almacenamiento

Figura 11. Área de recepción y almacenamiento de materia prima.<sup>15</sup>



La yuca es recibida en bultos entre 50 y 60 Kg. Se realiza una verificación para determinar el contenido de almidón que contiene la yuca, luego a través de una banda transportadora la materia prima ingresa a una pre limpiadora es una zaranda rotativa en donde por medio de la fricción se retira el barro, la arena y otras impurezas, para continuar al siguiente proceso.

### 1.2.3 Lavado y verificación

Figura 12. Área de lavado y clasificación.<sup>16</sup>



La yuca avanza después a la lavadora, donde con agua y por acción de la fricción entre ellas se le retiran la corteza y otras impurezas que puedan haber pasado de

<sup>15</sup> Imagen de la zona de recibo y almacenamiento Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>16</sup> Imagen de la zona de lavado y clasificación de la materia prima Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

la pre limpiadora, llega a la banda de inspección donde se retiran materiales extraños (cangres, piedras, metales, etc.).

#### 1.2.4 Molienda

Figura 13. Área de molienda de la materia prima.<sup>17</sup>



De aquí la yuca es reducida a trozos pequeños para alimentar un desintegrador que convierte la yuca picada en una masa fluida. De este equipo pasa al tanque compartimentado para seguir a la etapa de lavado de fibra.

#### 1.2.5 Separación y lavado

Figura 14. Área de separación de la materia prima.<sup>18</sup>



<sup>17</sup> Imagen de la zona de molienda de la materia prima Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>18</sup> Imagen de la zona de separación de la materia prima Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

Este material es conducido a un tanque compartimentado el cual alimenta a un conjunto de mallas que tienen como objeto separar la mayor cantidad posible de almidón. El resto de material grueso (fibra de yuca) que queda sobre las mallas es enviado al tanque de harina de yuca.

El almidón que pasó a través de las mallas en la separación es almacenado en un tanque que alimenta el sistema de lavado el cual consta de 8 etapas en serie que operan bajo presión y cumplen el objetivo de retirar la fibra fina y concentrar el almidón almacenándolo en un tanque como almidón en suspensión listo para iniciar el proceso de deshidratado mecánico y secado térmico.

### 1.2.6 Modificación

Figura 15. Área modificación del almidón.<sup>19</sup>



Después de que el almidón obtiene la concentración, el color y la calidad adecuada, se deposita en taques reactores es los cuales se propicia una reacción térmica y química a través de un proceso interno en el cual se conjugan tres variables, sustancias aplicadas, tiempo de residencia, de ahí se obtienen las diferentes referencias de productos que los clientes necesitan. Lo cual se convierte en el Now How de la compañía.

<sup>19</sup> Imagen de la zona de modificación del almidón Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

### 1.2.8 Secado de almidón

Figura 16. Área deshidratación y secado de almidón.<sup>20</sup>



El almidón del tanque de suspensión con 21° Bé (43.48% de sustancia seca), es enviado a una centrífuga con el objeto de retirarle el agua obteniendo una torta o galleta con un promedio de humedad de 35%. Esta torta se lleva a un secador Flash para retirarle humedad y obtener un almidón de humedad de acuerdo a las especificaciones del producto.

### 1.2.7 Secado de harina

Figura 17. Área de deshidratación y secado de fibra.<sup>21</sup>



La fibra llega al tanque de Harina de Yuca es alimentada a la *Centrifuga Decanter* un equipo que por acción centrífuga deshidrata la Harina, hasta una humedad

<sup>20</sup> Imagen de la zona de deshidratación y secado de almidón Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>21</sup> Imagen de la zona de deshidratación y secado de fibra Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

menor que 75%, pasando luego al secado térmico donde por medio de un secador rotativo se obtiene el producto Harina de Yuca con una humedad de acuerdo a las especificaciones del producto.

### 1.2.9 Empaque

Figura 18. Área de empaque y almacenamiento de almidón.<sup>22</sup>



Por último el producto ingresa a unas tolvas de almacenamiento para posteriormente se empacado en sacos con el rotulo de la compañía dentro de un cuatro de empaque que conserva todas las características de calidades que se han preservado durante todo el proceso, los sacos salen del cuatro a través de una banda transportadora, estos son estibados y almacenados a la espera de ser despachados al cliente final.

---

<sup>22</sup> Imagen de la zona de empaque y almacenamiento de almidón Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

### 1.2.10 Utilities

Se entiende por utilities el agua, la energía y el gas, el suministro, manejo y medición de los utilities de la planta se describe a continuación.

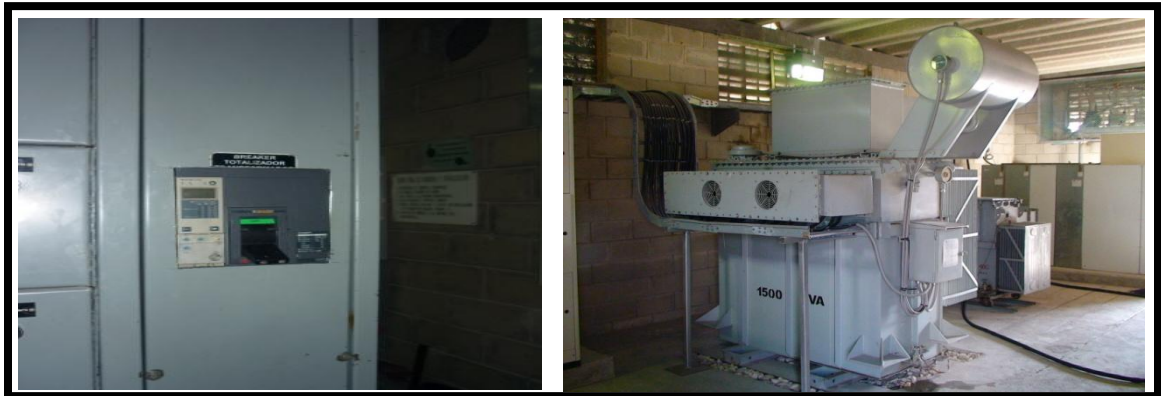
Figura 19. Área almacenamiento y tratamiento del agua.<sup>23</sup>



Agua: En la planta se cuenta con dos pozos subterráneos, de estos se obtienen en promedio entre 6 y 7 m<sup>3</sup>/seg. Esta agua es captada en una alberca, aledaña a esta se encuentra un cuarto de bombas las cuales se encargan de transportar el agua hacia la PTAI (Plana de tratamiento de aguas industriales), en donde es pasada a traves de unos filtros que contienen carbón activado y una serie de resinas las cuales retienen los minerales con los que viene el agua del pozo, este proceso es necesario ya que estos minerales más adelante en el proceso se convertirá en sales que taparan las boquillas de los equipos en planta lo cual incidirá en la calidad del producto final. El proceso de la planta se basa en una molienda húmeda por lo cual se hace necesario el consumo de agua en todas en el 90% de las etapas del proceso al final el agua residual es enviada a una planta llamada laminas filtrantes tecnología única en la corporación en donde el agua residual pasa por unos plantas las cuales absorben los minerales de estas aguas y el resultado de este proceso a roja agua con unas características aptas para ser reutilizada, esta se usa para el riego de los jardines y el lavado de pisos cerrando el ciclo de alimentación, aprovechamiento y destino final del agua residual.

<sup>23</sup> Imagen de la zona de captación y tratamiento de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

Figura 20. Subestación eléctrica Industrias Del Maíz plana Barranquilla.<sup>24</sup>



Energía: El comercializador a nivel nacional se llama energía empresarial quien es en responsable por garantizar el suministro de energía eléctrica a la planta y atender las eventualidades que ocurran como cortes en el fluido eléctrico, contingencias y daños. La planta está conectada del circuito industrial sur; este es el mismo que soporta a empresas como Asesco y el aeropuerto Ernesto Cortizoss, a la subestación ingresan 13.200 voltios, luego pasa por unos seccionadores e instrumentos de medición<sup>25</sup> e ingresa a un transformador el cual tiene una capacidad de 1.500 KVA y este a su vez entrega 440 voltios al tablero de distribución en donde es corregido por un bando de condensadores el factor de potencia, Luego ingresa al CCM (centro de control de motores) y de allí salen las acometidas para cada uno de los motores eléctricos de de la planta.

---

<sup>24</sup> Cuarto de control de motores y subestación eléctrica Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>25</sup> Estos instrumentos de medición inalámbricos son instalados por la empresa Energía empresarial y los valores se aprecian en su página web [www.energiaempresarial.com.co](http://www.energiaempresarial.com.co)

Figura 21. Página de energía empresarial.<sup>26</sup>

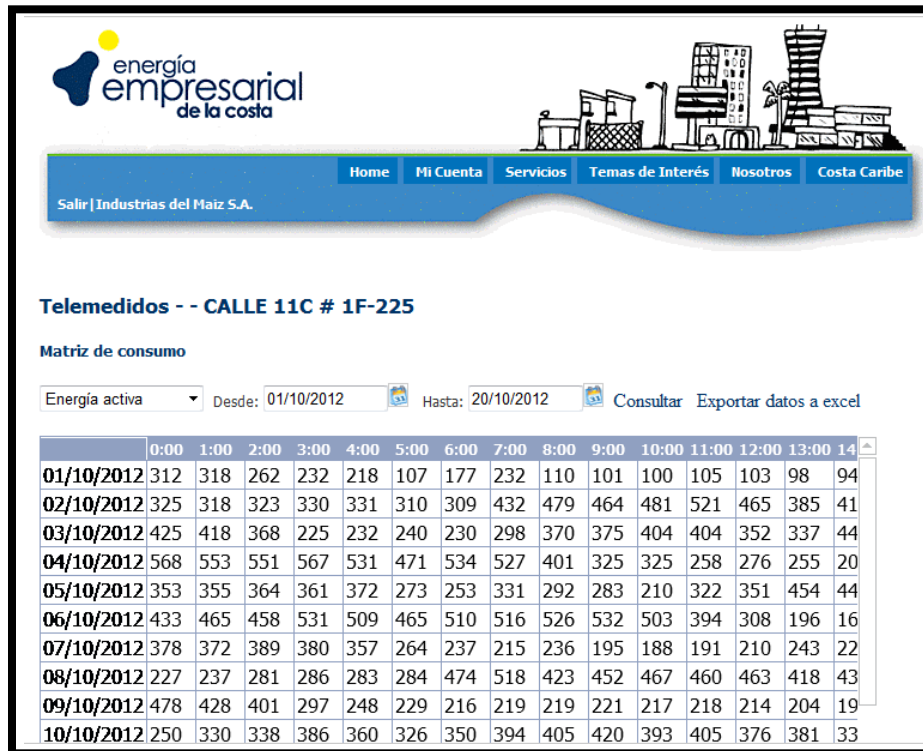


Figura 22. Estación de gas y quemador gas almidón.<sup>27</sup>



<sup>26</sup> Matriz de consumo de energía de tomado de la página de energía empresarial.

<sup>27</sup> Imagen de la zona de recibo y almacenamiento Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

Gas: Este recurso es utilizado para alimentar los quemadores de gas los cuales calientan el aire que ingresa a los secadores, en los que paralelamente se transporta el almidon, a travez de este proceso se seca el almidon final. El gas es sumiistrado por gases de caribe y es controlado a traves de una estacion de medida de la cual se toman datos diariamente<sup>28</sup> para establcer los indices de consumo en la planta e identificar oprtunidades de mejora.

Tabla 1. Formato para toma de consumos energéticos en planta.<sup>29</sup>

LECTURA DIARIA DE UTILITIES																
PISCINA												POZO 1				
FECHA	HORA	AGUA CRUDA	AGUA PTAI	GAS M3	PA (PSI)	PB (PSI)	TEMP °C	ENERGIA TOTAL	AGUA DORCLON	GAS HARINA	VOLTAJE	LECTURA MEDIDOR	GAS ALMIDON No. 2	MEDIDOR AGUA LAMINAS	CANAleta PARSHALL	FP TOTAL
2012-08-15	9:55:00	526381	296929	449564	51	14	33	7831,000	14018101	97042	461	242387	334194	31512218	29594988	0,97
2012-08-16	15:20:00	526528	297170	450664	52	14	32	7843,000	14031465	97852	456	242769	334524	31550952	29834842	0,99
2012-08-17	15:10:00	526652	297374	451598	52	14	32	7855,000	14047377	98638	461	243104	334692	31595164	30147095	0,97
2012-08-18	13:50:00	526907	297638	452639	51	14	32	7868,000	14063008	99407	460	243568	334972	31813732	30616619	0,92
2012-08-19	14:50:00	526907	297638	452639	51	14	32	7868,000	14063008	99407	460	243568	334972	31813732	30616619	0,92
2012-08-20	15:50:00	526907	297638	452639	51	14	32	7868,000	14063008	99407	460	243568	334972	31813732	30616619	0,92
2012-08-21	19:00:00	527707	298413	455769	53	14	29	7910,000	14104052	101569	454	245065	336016	31813732	32031380	0,94
2012-08-22	20:00:00	527707	298413	455769	53	14	29	7910,000	14104052	101569	454	245065	336016	31813732	32031380	0,94
2012-08-23	21:00:00	527707	298413	455769	53	14	29	7910,000	14104052	101569	454	245065	336016	31813732	32031380	0,94
2012-08-24	17:50:00	528472	299092	458585	52	14	30	7947,000	14149413	103412	461	246521	337068	33249858	33302902	0,94
2012-08-25	18:50:00	528472	299092	458585	52	14	30	7947,000	14149413	103412	461	246521	337068	33249858	33302902	0,94
2012-08-26	19:50:00	528472	299092	458585	52	14	30	7947,000	14149413	103412	461	246521	337068	33249858	33302902	0,94
2012-08-27	17:45:00	529033	299727	460983	52	14	32	7997,000	14183005	105267	458	247632	337664	33596206	34334103	0,93
2012-08-28	17:30:00	529201	299842	462066	53	14	32	7986,000	14189790	105926	463	247954	338123	33725882	34586449	0,98
2012-08-29	17:15:00	529385	300067	462667	51	14	32	7994,000	14199909	106415	461	248305	338249	34019404	34895062	0,97
2012-08-30																
2012-08-31	8:15:00	529921	300436	464211	51	14	31	8012,000	14225208	107563	453	249133	338673	34177050	35770132	0,96

<sup>28</sup> Diariamente se registra en un formato los diferentes consumos energéticos de la planta.

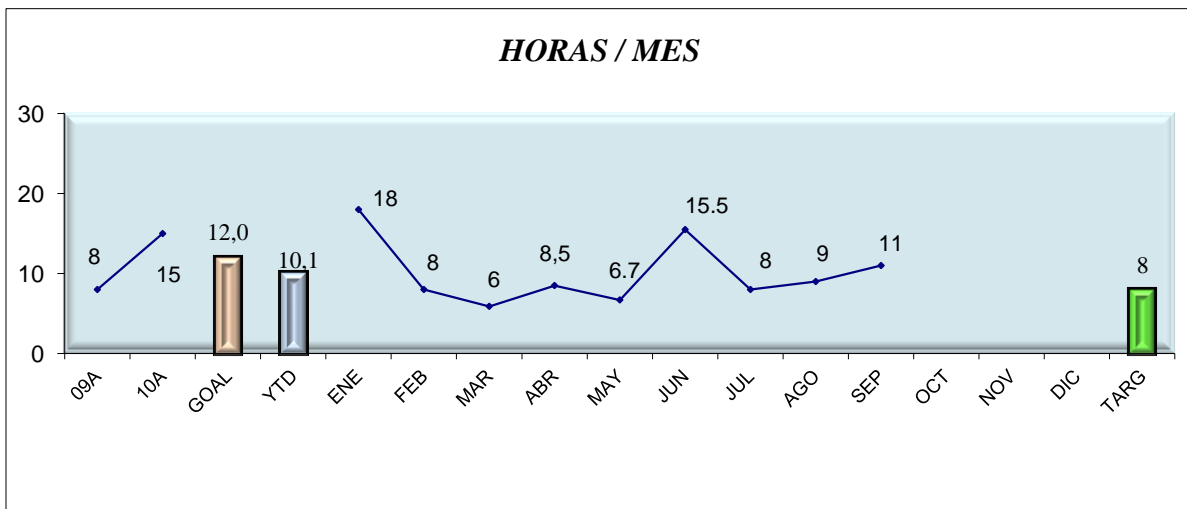
<sup>29</sup> Formato para la toma de consumos energéticos en planta Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La eficiencia operacional de la planta se ha visto afectada debido a eventos que han ocurrido en diferentes equipos del proceso, dependiendo de las magnitudes y complejidad del equipo, en esa misma proporción se da la solución del evento. Al realizar un análisis posterior a estas fallas se puede entender la verdadera dimensión de las mismas y que elementos estuvieron fuera del rango de manejo del plan de mantenimiento con el que se cuenta, que oportunidades de mejora presenta al momento de prevenir la falla, mitigar sus efectos y tiempo óptimo para restablecer a la normalidad las funciones del sistema.

La disminución de las moliendas hace parte del contexto operacional en el que se encuentran los equipos debido a que estos están sometidos a un desgaste menor y se cuenta con más tiempo para realizar mantenimiento lo que deberá tener como consecuencia una disponibilidad y confiabilidad más alta, pero los resultados actuales no evidencian esto y presentan oportunidades de mejora.

Figura 23. Eficiencia operacional de planta<sup>30</sup>



<sup>30</sup> Grafica de la presentación de resultados mensual.

## 1.4 JUSTIFICACION

El plan de mantenimiento con el que se cuenta actualmente cuenta con técnicas de mantenimiento predictivo basado en condición<sup>31</sup> también cuenta con rutinas de mantenimiento basado en tiempo<sup>32</sup> como el programa de lubricación efectiva, rutinas sensoriales y las inspecciones internas realizadas a los equipos rotativos. La ejecución y el seguimiento a este cumulo de tareas demanda recursos en todos los sentidos operativo, administrativo, económico y logístico,

El poder optimizar todo este recurso a través de una metodología en donde se parta de las funciones que el departamento de manufactura necesita garantizar para su proceso, brinda una serie oportunidades para analizar y establecer claramente que consecuencias pueden tener las fallas y a partir de este análisis establecer las tareas y frecuencias especificas que apunten a eliminarlas.

Esto se traduce en una disminución del tiempo no productivo de 12 a 8 horas y permite tener un plan de mantenimiento efectivo en donde los recursos antes invertidos en rutinas innecesarias o apagar incendios sean destinados a buscar nuevos y mejores estándares de clase mundial.

Paralelo a esto la planta atravesó por una reconversión tecnológica y de talento humano en donde se adquirieron nuevos equipos los cuales brindan mayores rendimientos y con ello nuevos retos para el departamento de mantenimiento, con respecto al talento humano se presenta en estos momentos un relevo generacional lo que soporta aun más el implementar un modelo basado en un análisis documentado y efectivo para los equipos de planta en el cual la experiencia del personal más antiguo no sea una variable determinante en la efectividad de los resultados, una razón más para establecer una metodología con la que se obtengan la confiabilidad, mantenibilidad, y disponibilidad que el proceso requiere.

---

<sup>31</sup> CBM: Condition based maintenance

<sup>32</sup> TBM: Time based maintenance.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1 GESTION DE MANTENIMIENTO**

El gerenciamiento, la administración o gestión del área de mantenimiento consiste en planificar, organizar, direccionar y controlar efectivamente el recuso, humano, técnico, logístico y económico puesto bajo su responsabilidad.

Al momento de emprender un nuevo reto relacionado con la dirección de un departamento de mantenimiento se debe tener los siguientes aspectos en cuenta:

Se de alinear la estrategia corporativa con las metas del área, con esto se tiene un fin en mente, un propósito claro y es responsabilidad del líder hacer que sus colaboradores compartan de manera genuina esta propósito para que todos los esfuerzos estén encaminados sinérgicamente a un mismo fin.

Una vez interiorizada la meta el líder establecerá los malos actores o problemas crónicos que están afectándola motivación de sus colaboradores, la imagen del área, la eficiencia operacional y los costos. Ya identificados se debe cuantificar el impacto de cada uno de ellos y concentrar los esfuerzos en esos dos o tres ítems identificados los cuales generan mayor impacto.

Cuando se tenga el GAP claro entre lo que se quiere y lo que se tiene, se deben exponer a la dirección los recursos (alternativas claras y aterrizadas) requeridos para alcanzar la meta establecida y de no brindarse los recursos se debe dejar claridad de cuál es el alcance esperado con los recursos dados.

Con los recursos y metas se establece un plan de trabajo estructurado, disciplinado y efectivo que contenga fechas, responsables, alternativas en caso de presentarse variaciones, es importante destacar que la estrategia planteada debe contemplar la evaluación y preparación para las diferentes contingencias

presentadas durante la primera etapa del proceso ya que no quiere decir que porque se tiene un plan de trabajo este va arrojar resultados de un día para otro así pues se debe estar preparado para duplicar los esfuerzos en esta primera etapa ya que se deben atender los fallos que vienen ocurriendo y paralelamente se debe trabajar el plan a mediano y largo plazo.

“El termino plan estratégico analizado por el staf de gerentes un reciente comité ejecutivo de Industrial Del Maíz S.A arrojo como una de las conclusiones que la planeación estrategia permite estar preparados para el cambio, es tener un grado de certidumbre mayor frente al mar de incertidumbres que plantea el futuro, es jugar con las incertidumbres en una menor proporción”

Por último se debe realizar un estricto control y ajuste del plan de trabajo diariamente es responsabilidad del gestor de mantenimiento es identificar y monitorear las variables criticas que impacten su proceso y una vez identificados esos ajustes, realizarlos en el menor tiempo posible.

Durante el desarrollo de estas fases generales de la gestión de mantenimiento se encuentran en el mercado diferentes alternativas las cuales brindan es soporte necesario para llevar a la practica la estrategia planteada.

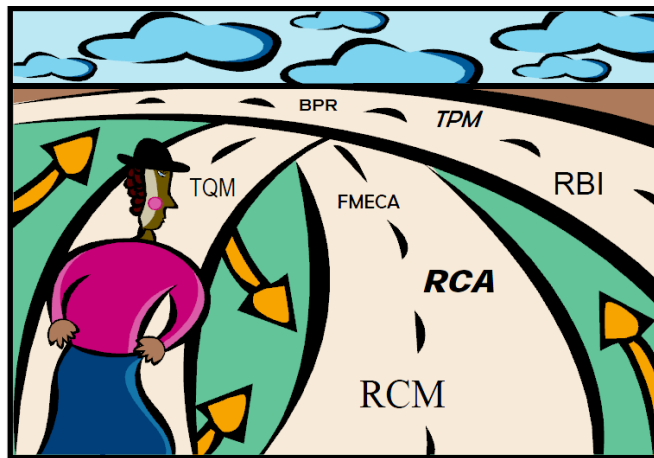
Tabla 2. Etapas evolutivas del mantenimiento<sup>33</sup>

<i>1ª Generación</i>	<i>2ª Generación</i>	<i>3ª Generación</i>	<i>4ª Generación</i>
Mantenimiento Correctivo total se espera a la avería para reparar	Se empiezan a realizar tareas de Mantenimiento para prevenir las averías. Trabajos cíclicos o repetitivos con una frecuencia determinada	Se implanta el Mantenimiento a condición es decir se realizan monitorizaciones de parámetros en función de los cuales se afectarán los trabajos propios de sustitución o de reacondicionamiento de los elementos	Se implanta sistemas de mejora continua de los planes de Mantenimiento. Se establecen los grupos de mejora y seguimiento de las acciones sistemas del tipo TPM, RCM, LEAN

<sup>33</sup> Articulo Gerardo Trujillo, Noria Latin América

Debido al auge vertiginoso de la tecnología y el alto grado de competitividad que requieren los negocios para ser rentables se presenta en las últimas décadas una adaptación del área de mantenimiento a estos procesos evolutivos la cual va acompañada de nuevas metodologías como: TPM, LEAN, SIS SIGMA, PMO, RBI, FMEA, RCM entre otros.

Figura 24. Diferentes alternativas de metodologías de gestión.<sup>34</sup>



A pesar del amplio abanico de metodologías y técnicas que encontramos en el mercado en todos estos años se siempre se han mantenido presente cuatro conceptos básicos que componen todos los departamentos de mantenimiento:

### 2.1.1 Mantenimiento correctivo<sup>35</sup>

Este tipo de mantenimiento se realiza solo cuando el equipo es incapaz de seguir operando. Este tipo de estrategia a veces se conoce como estrategia de operación hasta que falle. Se aplica principalmente en los componentes electrónicos.

<sup>34</sup> Combining the best bits of RCM, RBI, TPM, TQM, Six-Sigma, John Woodhouse, The Woodhouse Partnership Ltd 2003.

<sup>35</sup> Duffuaa, Salih O. Sistema de mantenimiento planeación y control. México Limusa Wiley 2006.

### 2.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales. Este se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido.

### 2.1.3 Mantenimiento predictivo

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición , consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares de tiempo sin desmontarlos y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

### 2.1.4 Mantenimiento proactivo<sup>36</sup>

En la actualidad el costo de operar un equipo hasta que este falla (Mantenimiento Reactivo), es muy alto en términos de tiempo improductivo, partes de repuesto, mano de obra y costo de la reparación. Las técnicas de Mantenimiento Preventivo se basan en el cambio o reemplazo de partes en función de un intervalo de tiempo y en la mayoría de las veces las piezas son retiradas cuando aún tienen capacidad de seguir funcionando – Según Forbes Magazine; “Un 33% de las actividades de mantenimiento preventivo son desperdiciadas”. Las técnicas de Mantenimiento Predictivo, nos indican el momento en el que la pieza o componente está próximo a la falla, pero no nos dice como evitarla.

Afortunadamente, existe una nueva alternativa conocida como “*Mantenimiento Proactivo*”. El Mantenimiento Proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida

---

<sup>36</sup> Extending component service life through Proactive Maintenance. Dr. E.C.Fitch -Tribolics Inc. Oil Analysis and Proactive Maintenance Seminar *James C. Fitch. - Noria Corporation*

fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de “detección y corrección” de las desviaciones según el programa de Mantenimiento Proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

## **2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM)<sup>37</sup>**

La idea del mantenimiento está cambiando. Los cambios son debidos a un aumento de mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y un nuevo enfoque de la organización y de las responsabilidades del mismo.

El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos

---

<sup>37</sup> RCM2 Reability Centered Maintenance. Aladon, Inglaterra.

racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

Este trabajo introduce una filosofía que provee justamente ese esquema de trabajo. Se llama Reliability Centred Maintenance, o RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad).

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

### 2.2.1 TERMINOLOGIA<sup>38</sup>

RCM: Filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento, en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones". (Anthony R. Smith, 1993, 49).

Contexto operacional: La definición de un contexto operacional de un activo físico típicamente incluye una descripción global breve de cómo se utilizará este activo, donde se utilizará, y los aspectos que gobiernan los criterios de desempeño global tales como producción, rendimiento, seguridad, integridad ambiental, y así sucesivamente. Los aspectos específicos que se deben documentar en la definición del contexto operacional, incluyen:

---

<sup>38</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

- a. Proceso fluido versus proceso por lotes: si el activo está operando en un proceso por lotes (o intermitente) o un proceso fluido (o continuo).
- b. Estándares<sup>39</sup> de calidad: la calidad global o las expectativas de servicio al consumidor, en términos de aspectos tales como la tasa global de desperdicio, mediciones de satisfacción al cliente (como expectativas de operación a tiempo en sistemas de transporte, o tasa de las demandas de garantía de los artículos manufacturados), o preparación militar.
- c. Estándares ambientales: que estándares ambientales organizacionales, regionales, nacionales, e internacionales aplican para el activo (si hay alguno).
- d. Estándares de seguridad: si cualquier expectativa de seguridad predeterminada aplica al activo(en términos de lesiones globales o tasa de fatalidad).
- e. Lugar de operaciones: características de la localidad en la cual el equipo será operado (ártico versus tropical, desértico versus selvático, costa adentro versus costa afuera, proximidad de las fuentes de suministro de partes y/o labor, etc.).
- f. Intensidad de operaciones: en el caso de manufactura y minería, si el proceso del cual forma parte el equipo opera 24 horas por día, siete días a la semana, o a una intensidad menor. En el caso de utilidades, si el equipo opera bajo picos de carga o condiciones de baja carga. En el caso de equipos militares, si las políticas de manejo de fallas están diseñadas para operaciones en tiempos de paz o en tiempos de guerra.
- g. Redundancia: si existe alguna redundancia o capacidad en estado de alerta, y en ese caso que forma toma.
- h. Trabajo-durante-operación: La magnitud a la cual las actividades trabajo-durante-operación (si hay alguna) permite parar el equipo sin afectar la producción o el rendimiento.

---

<sup>39</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

i. Repuestos<sup>40</sup>: si se deben tomar algunas decisiones en cuanto al inventario de repuestos clave que puedan afectar la subsiguiente selección de las políticas de manejo de fallas.

j. Demanda del mercado/suministro de materia prima: si las fluctuaciones cíclicas en la demanda del mercado y/o en el suministro de materia prima puedan afectar la subsiguiente selección de las políticas de manejo de fallas. (Tales fluctuaciones pueden ocurrir en el transcurso de un día en el caso de un negocio de transporte urbano, o en el transcurso de los años en el caso de una estación generadora de energía, un parque de diversiones, o una industria de procesamiento de alimentos).

**Equipos críticos:** Son aquellos que si fallan interrumpen de modo directo la operación o continuidad del proceso, afectando directamente la productividad de la empresa.

### **Capacidad Inicial**

El nivel de operación que el activo físico o sistema es capaz de lograr en el momento que entra en servicio.

### **Función(es) Primaria(s)**

La(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario.

### **Funciones Secundarias**

Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su(s) función(es) primaria(s), así como aquellas que necesitan cumplir con los requerimientos reguladores o a las cuales conciernen los problemas de protección,

---

<sup>40</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural.

**Riesgo**<sup>41</sup>: Este se define como la combinación de la probabilidad y sus consecuencias negativas.

**Modos de falla**: Llamamos modo de falla al fenómeno responsable del evento o condición de falla.

**Efectos de falla**: Consecuencias de las falla ocurridas en los equipos, están estrechamente relacionado con los modos de falla.

### **Consecuencias Ambientales**

Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias ambientales si puede violar cualquier norma ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración.

### **Consecuencias en la Seguridad**

Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias en la seguridad si puede dañar o matar a un ser humano.

### **Consecuencias No Operacionales**

Una categoría de consecuencias de falla que no afecta adversamente la seguridad, el ambiente, o las operaciones, y que sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier componente (s) que podría ser afectado por la falla

### **Consecuencias Operacionales**

Una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema (producción, calidad del producto,

---

<sup>41</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

servicio al consumidor, capacidad militar, o costos operacionales en adición al costo de reparación).

### **Dispositivo Protector o Sistema Protector<sup>42</sup>**

Un dispositivo o sistema que se pretende evite, elimine, o minimice las consecuencias de falla de cualquier otro sistema

### **Falla Evidente**

Un modo de falla cuyos efectos se tornan evidentes para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado

### **Falla Oculta**

Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado

**Árbol de fallas:** Metodología que permite identificar y cuantificar las mayores pérdidas y de este modo encaminar acciones a desarrollar las oportunidades de mejora.

### **Intervalo P-F**

El intervalo entre el punto en que una potencial de falla se hace detectable y el punto en que este se degrada hasta una falla funcional (también conocido como “período para el desarrollo de falla” o “tiempo esperado para la falla”).

**Inspección:** Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración, normalmente efectuada utilizando instrumentos simples de medición (termómetros, tacómetros, voltímetros etc.) o los sentidos humanos y sin provocar indisponibilidad.

---

<sup>42</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

**Mantenimiento**<sup>43</sup>: Acciones necesarias para que un ítem sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

**Mantenibilidad**: Facilidad de un ítem en ser mantenido o recolocado en condiciones de ejecutar sus funciones requeridas.

**Confiabilidad**: Es la probabilidad de un funcionamiento libre de falla para un período determinado, bajo un contexto operacional definido.

**MTBF**: Tiempo medio entre falla, es el valor que permite conocer el tiempo promedio que estuvo operando un equipo, o un grupo de equipos, antes que ocurra una falla.

**MTTR**: Es el valor que permite conocer el tiempo promedio de una reparación cada vez que ocurre una falla. Este indicador es comúnmente utilizado para dimensionar la influencia de los tiempos de reparación de un equipo, que en adición al resto de tiempos asociados a la cadena de ejecución de actividades (tiempo de interrupción total), afectan a la mantenibilidad (a menor MTTR mejorará la mantenibilidad).

En cuanto al estándar SAE JA1011 es un estándar basado en el informe<sup>44</sup> de F. Stanley Nowlan y Howard F. Heap publicado por el departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1978, donde se provee la primera discusión del mantenimiento centrado en la confiabilidad. Este mantenimiento es denominado RCM por sus siglas en inglés (Reliability Centered Maintenance) donde se buscaba que el RCM fuera tratado como una disciplina lógica para el desarrollo de programas de mantenimiento programado, donde el objetivo de esta disciplina era llegar a la confiabilidad sistémica del activo teniendo en cuenta las funciones para las cuales fue diseñado y bajo un panorama de un mínimo costo en su ciclo de vida. En este documento se definió que cada una de las tareas de mantenimiento deben ser

---

<sup>43</sup> Copiman Comité panamericano de ingeniería de Mantenimiento.

<sup>44</sup> Referencia Adsum International, Sistemas de gestión empresarial.

generadas por una razón explícita e identificable, las consecuencias de cada posibilidad de falla deben ser evaluadas y las fallas deben ser clasificadas de acuerdo a la gravedad de sus consecuencias.

El RCM también fue ampliamente usado por otras industrias diferentes a las de la aviación y su creciente uso hizo que la SAE creara el estándar SAE JA1011 (“Evaluation Criteria for RCM Processes”) donde se buscaba dar unas pautas para saber si un proceso es o no es RCM, el estándar SAE JA1012 (“A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) standard”) nació para aclarar cada uno de los criterios listados en el estándar SAE JA1011 adicionando las mejoras que se le hicieron al estándar SAE JA1011 y el orden en que deben ser manejadas para llevar exitosamente un proceso RCM.

### 2.2.2 Historia del RCM<sup>45</sup>

Como todo proceso en evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica.

La primera Generación cubre el período hasta la II Guerra Mundial. Es esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas ni importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

En la segunda Generación durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente.

---

<sup>45</sup> RCM2 Reability Centered Maintenance. Aladon, Inglaterra.

Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización.

Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejas. Las empresas habían comenzado a depender de ellas.

Al aumentar esta dependencia, el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento programado. En los años 60 esto se basaba primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de funcionamiento. Como resultado se comenzaron a implantar sistemas de control y planeación del mantenimiento. Estos han ayudado a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo.

En la tercera generación a mediados de los años setenta, el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

Nuevas expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda una planta. Esta consideración está creando fuertes demandas en la función del mantenimiento. Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al

mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

Otra característica en el aumento de la mecanización es que cada vez son más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

Nueva Investigación: Mucho más allá de las mejores expectativas, la nueva investigación está cambiando las creencias más básicas acerca del mantenimiento. En particular, se hace aparente ahora que hay una menor conexión entre el tiempo que lleva un equipo funcionando y sus posibilidades de falla.

Cambio de paradigmas: Actualmente es ampliamente aceptado que la aviación comercial es la forma más segura para viajar. Al presente, las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos. Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos.

En esos días, “mantenimiento” significaba una cosa: reparaciones periódicas. Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy

tardíamente las reparaciones, después de que el desgaste se había iniciado. Naturalmente, el esfuerzo inicial era para acortar el tiempo entre reparaciones. Cuando hacían las reparaciones, los gerentes de mantenimiento de las aerolíneas hallaban que en la mayoría de los casos, los porcentajes de falla no se reducía y por el contrario se incrementaban.

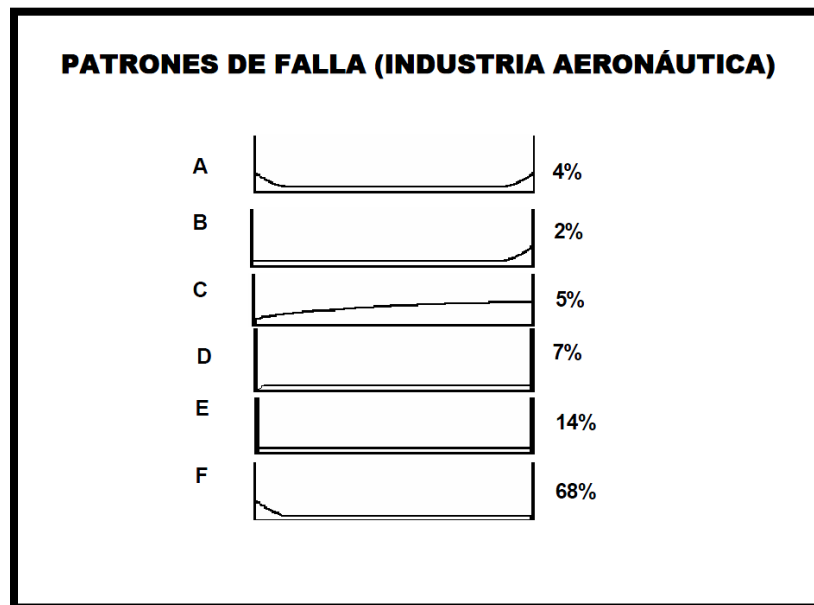
La historia de la transformación del mantenimiento en la aviación comercial desde un cúmulo de supuestos y tradiciones hasta llegar a un proceso analítico y sistemático que hizo de la aviación comercial “La forma más segura para viajar” es la historia del RCM.

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos – y para manejar las consecuencias de sus fallas. De estos procesos, el RCM es el más directo. El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centered Maintenance” / “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los USA). En 1980, la ATA produjo el MSG – 3, Documento Para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas. El MSG – 3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap (1978). El MSG – 3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y de nuevo en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial.

Tal como se menciono anteriormente en 1978 la aviación comercial en Estados Unidos publicó un estudio de patrones de falla en los componentes de aviones cambiando todas las costumbres que hasta el momento se tenia sobre el mantenimiento.

La Figura muestra cómo el punto de vista acerca de las fallas en un principio era simplemente que cuando los elementos físicos envejecen tienen más posibilidades de fallar, mientras que un conocimiento creciente acerca del desgaste por el uso durante la Segunda Generación llevó a la creencia general en la “curva de la bañera”. Sin embargo se revela que en la práctica actual no sólo ocurre un modelo de falla sino seis diferentes.

Figura 25. Patrones de falla.<sup>46</sup>



Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se muestra en la anterior El gráfico muestra la

<sup>46</sup> Imagen de los diferentes patrones de falla.

probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

El modelo A es la conocida “curva de la bañera”. Comienza con una incidencia de falla alta (conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste.

El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste.

El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable.

El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria). Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante. Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F. En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria). Pero no hay duda de que cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de falla (E y F).

No todas las fallas son iguales. Las consecuencias de las fallas y sus efectos en el resto del sistema, la planta y el entorno operativo en el cual ocurre. Las investigaciones sobre los modos de falla revelan que la mayoría de las fallas de

los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza.

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla. Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables. Como en los últimos años el mantenimiento ha recibido brillantes aportes provenientes del campo de la estadística y de la teoría de la confiabilidad, el mantenimiento de aeronaves ha sido el motor que ha activado los mejores planteamientos dentro del mantenimiento.

Estas teorías también se han ampliado con estudios efectuados en grandes flotas de transporte urbano, y aunque no se pueden aplicar a la totalidad de una fábrica u otra empresa, debido a la falta de homogeneidad en los equipos instalados a las grandes diferencias entre fábricas y a la carencia de organismos que regulen, que coordinen y tengan autoridad en lo que respecta a la práctica del mantenimiento. No es que las bases teóricas globales, estén vedadas a las fábricas u otras empresas, pero a la vista de la situación general y a la necesidad de atender prioritariamente los problemas inmediatos y de medio plazo, la experiencia es el mejor camino.

Ante esta situación, puede ser de primera necesidad el conseguir y seguir un método que pretenda únicamente unificar criterios dentro de una misma organización. Criterios que, como primer caso, se basen en la lógica y el conocimiento de los equipos y de sus misiones. Son los mismos parámetros que

se aplican a diario, pero sistematizados para obtener una mayor uniformidad. Es así como vemos que en esta etapa cronológica el RCM es un protagonista que hace parte fundamental de esas estrategias que marcan cada etapa, esto debido a los excelentes resultados que se obtienen con su implementación.

### **2.2.3 Siete preguntas básicas<sup>47</sup>**

El RCM se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen. Antes de que se pueda explorar esta relación detalladamente, se necesita saber qué tipo de elementos físicos existentes en la empresa, y decidir cuáles son las que deben estar sujetas al proceso de revisión del RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe de realizar un registro de equipos completo si no existe ya uno. Más adelante, RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo, en su actual contexto operacional?

(Lo que el usuario desea que la maquina haga).

2. ¿De qué forma puede fallar?

(En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional)

3. ¿Cuál es el modo de falla?

(Qué causa la falla funcional)

4. ¿Qué sucede (efectos) cuando falla?

(Que ocurre cuando la falla se produce).

5. ¿Qué ocurre (consecuencias) si falla?

---

<sup>47</sup> XII Congreso Internacional de Mantenimiento. Ponencia Juan Pablo Martínez Acosta, Soporte y Cía.

(Cuanto importa que falle).

6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir la falla?

7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para prevenir o evitar la falla?

#### **2.2.4 Funciones<sup>48</sup>**

Funciones primarias: La razón por la que cualquier organización adquiere algún activo o sistema es para cumplir con una función o funciones específicas. Estas se conocen como funciones primarias del activo. Por ejemplo, la razón principal por la que alguien adquiere un carro puede ser “transportar cinco personas a 90 Km una hora en un buen camino”.

Funciones secundarias: Se espera que la mayoría de los activos desarrollen otras funciones, además de las funciones primarias. Estas son conocidas como funciones secundarias. Las funciones secundarias normalmente son menos obvias que las funciones primarias. Pero la pérdida de una función secundaria también puede tener serias consecuencias, en ocasiones más serias que la pérdida de la función primaria. Como resultado, las funciones secundarias necesitan a menudo tanta, sino más, atención que las funciones primarias, por lo tanto deben estar claramente identificadas. Usualmente son menos obvias pero su falla puede tener consecuencias graves. Ayudan a cumplir la función principal.

- Auxiliares. Soportan esenciales.
- Aislamiento o contención.
- Protección
- Integridad ambiental.
- Higiene.

---

<sup>48</sup> Norma SAE JA1012, A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

- Seguridad/Integridad estructural.
- Control.
- Información. Monitoreo de condición, calibración, alarmas, etc.
- Economía y eficiencia
- Funciones superfluas

Funciones comunes de dispositivos de protección<sup>49</sup>

1. Desconectar el equipo principal en caso de falla.
2. Llamar la atención de los operadores en caso de presentarse una condición anormal.
3. Eliminar o mitigar las condiciones de una falla, que puede llevar a daños más serios.
4. Asumir el control de una función que ya falló.
5. Prevenir mediante la anticipación, situaciones peligrosas.

Se considera en el contexto operacional

- Tipo de proceso
- Redundancia
- Estándar de calidad
- Medio ambiente
- Riesgos de seguridad
- Ciclos de trabajo

---

<sup>49</sup> Asignatura con Jaime Ortiz Especialización Gerencia Mantenimiento 2012.

- Productos en proceso
- Disponibilidad o confiabilidad exigida
- Abastecimiento de materias primas

### **2.2.5 Modos y efectos de falla**

Fallas Funcionales: Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Modos de Falla (Causas de Falla): El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir. 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.

1. Corrosión
2. Abrasión
3. Erosión
4. Deformaciones
5. Cambios volumétricos
6. Alta temperatura
7. Baja temperatura

8. Pérdida de aislamiento térmico
9. Fatiga
10. Difusión de un material en otro
11. Agrietamiento
12. Cambios de la estructura metalúrgica
13. Cambios en la estructura química
14. Soltura física
15. Vibración
16. Suciedad
17. Humedad
18. Contaminación
19. Oxidación
20. Fugas
21. Envejecimiento
22. Obstrucción
23. Pérdida de aislamiento eléctrico
24. Sobre voltaje
25. Sobre corriente
26. Sobrepresión
27. Baja presión

Por diseño:

- Geometría inadecuada
- Material inapropiado
- Mala estimación de esfuerzos

Por fabricación:

- Material utilizado de manera errónea
- Composición química inadecuada
- Técnica de fundición inadecuada
- Inclusiones no metálicas
- Defectos en procesos de fabricación
- Mal tratamiento térmico
- Malos acabados

### **2.2.6 Valoración del riesgo<sup>50</sup>**

Consecuencias de las Fallas: Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar los fallas. RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

---

<sup>50</sup> RCM2 Reability Centered Maintenance. Aladon, Inglaterra.

- Consecuencias de las fallas no evidentes: Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.
- Consecuencias Operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.
- Consecuencias que no son operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación. Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio. Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un

mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de la falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

Es clave dentro de este proceso que el equipo de trabajo efectuó una lluvia de ideas sobre “**Qué Pasaría Si**”, evaluar la posibilidad de riesgo, luego visualizar cada evento y efectuar un análisis para identificar riesgos potenciales

Criterios de significancia

SEVERIDAD (S)

Tabla 3. Valoración del riesgo escala de severidad.<sup>51</sup>

SEVERIDAD	VALOR
Catastròfico	4
Critico	3
Moderado	2
Insignificante	1

**Catastròfico:** Evento de alto impacto y con consecuencias totalmente negativas y graves, con resultados que pueden generar pérdida de vidas y/o afectar seriamente la integridad de las personas, equipos, fianzas e imagen de la empresa

**Critico:** Evento de mediano impacto y con consecuencias negativas y graves, con resultados que pueden afectar, la salud e integridad de las personas, las fianzas y/o la imagen de la organización.

---

<sup>51</sup> Tabla de valoración del riesgo Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

**Moderado:** Evento de bajo impacto que genera consecuencias negativas para las personas y la organización.

**Insignificante:** Evento que genera consecuencias negativas mínimas para las personas y la organización.

#### PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (P)

Tabla 4. Valoración del riesgo escala de probabilidad de ocurrencia.<sup>52</sup>

Frecuente	Probable	Ocasional	Rara vez	Improbable
1	0.75	0.5	0.25	0.1

**Frecuente:** Riesgo con una ocurrencia continua.

**Probable:** Riesgo al que se está expuesto regularmente.

**Ocasional:** Riesgo que se puede presentar de forma esporádica.

**Rara Vez:** Riesgo con probabilidad mínima de ocurrencia.

**Improbable:** Riesgo que se asume no ocurrirá.

#### OPORTUNIDAD DE DETECCION (D)

Tabla 5. Valoración del riesgo escala de oportunidad de detección.<sup>53</sup>

Casi imposible	Bajo	Medio	Alto	Casi seguro
5	4	3	2	1

---

<sup>52</sup> Tabla de valoración del riesgo Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>53</sup> Tabla de valoración del riesgo Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

**Casi imposible:** La posibilidad de detectar el riesgo es casi nula

**Bajo:** La posibilidad de detectar el riesgo es mínima.

**Medio:** La posibilidad de detectar el riesgo es medianamente probable.

**Alto:** La posibilidad de detectar el riesgo es altamente probable.

**Casi seguro:** La posibilidad de detectar el riesgo es casi segura.

El objetivo de la matriz de riesgo es determinar el RPM (Risk Priority Number) y efectuar su valoración respectiva. Se debe multiplicar la SEVERIDAD (S) por la PROBABILIDAD DE OCURRENCIA (O) y la OPORTUNIDAD DE DETECCIÓN (D) tal como se especifica en la siguiente formula.

**RPN = Severidad x Probabilidad de Ocurrencia x Oportunidad de Detección.**

$$RPN = S * O * D$$

Los riesgos cuyo RPN se encuentre en el rango de 20 a 10 son catalogados como de Alto riesgo, los valores generados que se encuentren en el rango de 9 a 4 son considerados de riesgo Medio y por debajo de este valor son de riesgo Bajo. Dependiendo del valor obtenido se establecen las diferentes técnicas de mantenimiento.

Tabla 6. Matriz de riesgos.<sup>54</sup>

20	12	6	2	0.4
15	9	4.5	1.5	0.3
10	6	3	1	0.2
5	3	2.5	0.5	0.1

<sup>54</sup> Tabla de valoración del riesgo Industrias Del Maíz Planta Barranquilla..

### **2.2.7 Tareas y frecuencias<sup>55</sup>**

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

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

Esto es verdad todavía para cierto tipo de equipos sencillos, y para algunos elementos complejos con modos de falla dominantes. En particular, las características de desgaste se encuentran a menudo donde los equipos entran en contacto directo con el producto.

El reconocimiento de estos hechos ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento sistemático. De hecho, esto puede ser lo mejor que hacer para fallas que tengan consecuencias sin importancia. Pero cuando las consecuencias son significativas, se debe de hacer algo para prevenir las fallas, o por lo menos reducir las consecuencias.

RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, como siguen:

---

<sup>55</sup> RCM2 Reability Centered Maintenance. Aladon, Inglaterra.

Tareas “A Condición”: La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuando ocurren los fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderos fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica: Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es una garantizado. Si no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición

"como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

Con frecuencia es difícil de determinar la frecuencia de las labores. Se debe reconocer que las fallas no sucederán exactamente cuando fueron predecidas, de manera que usted debe permitir algún margen de tiempo. Reconozca también que la información que usted está usando para basar su decisión puede ser errónea o incompleta. Para simplificar el próximo paso, el cual supone el agrupado de tareas similares, ello tiene sentido para predeterminar un número de frecuencias aceptables tales como diarias, semanales, unidades producidas, distancias recorridas o número de ciclos operativos, etc. Seleccionar aquellos que están más cerca de las frecuencias que su mantenimiento y su historia operativa le ordena tiene sentido en realidad.

Una gran ventaja del RCM es el modo en que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir (si hiciera falta) qué tarea sistemática es técnicamente posible en cualquier contexto, y si fuera así para decidir la frecuencia en que se hace y quien debe de hacerlo. Estos criterios forman la mayor parte de los programas de entrenamiento del RCM. El RCM también ordena las tareas en un orden descendiente de prioridad. Si las tareas no son técnicamente factibles, entonces se debe tomar una acción apropiada, como se describe a continuación.

Acciones a "falta de" Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir. Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

“ Una acción que signifique prevenir la falla de una función no evidente sólo valdrá la pena hacerla si reduce el riesgo de una falla múltiple asociado con esa función a un nivel bajo aceptable. Si no se puede encontrar una acción sistemática apropiada, se debe llevar a cabo la tarea de búsqueda de fallas.

En el caso de modos de falla ocultos que son comunes en materia de seguridad o sistemas protectores no puede ser posible monitorear en busca de deterioro porque el sistema está normalmente inactivo. Si el modo de falla es fortuito puede no tener sentido el reemplazo de componentes con base en el tiempo porque usted podría estar reemplazando con otro componente similar que falla inmediatamente después de ser instalado.

En estos casos la lógica RCM pide explorar con pruebas para hallar la falla funcional. Estas son pruebas que pueden causar que el dispositivo se active, demostrando la presencia o ausencia de una funcionalidad correcta. Si tal prueba no es posible se debe re-diseñar el componente o sistema para eliminar la falla oculta.

Las tareas de búsqueda de fallas consisten en comprobar las funciones no evidentes de forma periódica para determinar si ya han fallado. Si no se puede encontrar una tarea de búsqueda de fallas que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, entonces la acción “a falta de” secundaria sería que la pieza debe rediseñarse.

Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de ese falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse.

Si la falla tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar una tarea sistemática si el costo total de hacerla durante cierto tiempo es menor que el costo de las consecuencias operacionales y el costo de la reparación durante el mismo período de tiempo. Si no es justificable, la decisión “a falta de” será el no mantenimiento sistemático. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales no son aceptables todavía, entonces la decisión “a falta de” secundaria sería rediseñar de nuevo). En otras palabras en el caso de fallas que no están ocultas y en las que no se puede predecir con suficiente tiempo para evitar la falla funcional y no se puede prevenir la falla a través del uso o realizar reemplazos con base en el tiempo es posible puede o re – diseñar o aceptar la falla y sus consecuencias. Si no hay consecuencias que afecten la operación pero hay costos de mantenimiento, se puede optar por una elección similar. En estos casos la decisión está basada en las economías – es decir, el costo de re – diseñar contra el costo de aceptar las consecuencias de la falla (tal como la producción perdida, costos de reparación, horas extras, etc.).

” De forma similar, si una falla no tiene consecuencias operacionales, sólo vale la pena realizar la tarea sistemática si el costo de la misma durante un período de tiempo es menor que el de la reparación durante el mismo período. Si no son justificables, la decisión inicial “a falta de” sería de nuevo el no mantenimiento sistemático, y si el costo de reparación es demasiado alto, la decisión “a falta de” secundaria sería volver a diseñar de nuevo.

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios. También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

Si esto compara el enfoque gradual tradicional de abajo a arriba. Tradicionalmente, los requerimientos del mantenimiento se evaluaban en términos de sus características técnicas reales o supuestas, sin considerar de nuevo que en diferentes condiciones se aplican consecuencias diferentes. Esto resulta en un gran número de planes que no sirven para nada, no porque sean “equivocados”, sino porque no consiguen nada.

El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como debería de estar o puede que esté en el futuro.

Después analizar los modos de falla a través de la lógica mencionada anteriormente, los expertos deben luego consolidar las labores en un plan de mantenimiento para el sistema. Este es el "producto final" del RCM. Cuando esto ha sido producido, el encargado del mantenimiento y el operador deben continuamente esforzarse por optimizar el producto.

### 3. ESTADO ACTUAL

#### 3.1 DIAGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS

Figura 26. Diagrama de entradas y salidas área mantenimiento.<sup>56</sup>

ENTRADAS	PROCESO	SALIDAS
Cultura de seguridad	Conservación de la integridad física del personal	Impactar positivamente en el desarrollo familiar, social y laboral del personal.
Solicitudes de trabajo	Planeación, prog. y ejecución de: Condiciones inseguras Actividades programa SOL Rutinas de mantenimiento Atención del día a día Nuevos proyectos	Atención de las necesidades, generando confianza en el cliente Excedentes metálicos Residuos lubricantes
Insumos	Disponibilidad y agilidad en los procesos	Garantizar abastecimiento efectivo.
Utilities	Control y mantenimiento de de las variables	Identificación de oportunidades de mejora.
Outsorsing	Validación de la calidad de los estándares exigidos	Coherencia con la estrategia de confiabilidad interna.
Presupuesto	Verificación día a día de la ejecución presupuestal	Alineación con los resultados financieros.

El proceso actual busca optimizar los recursos dados por la dirección, adaptando el proceso interno de mantenimiento a los diferentes escenarios y proyectos que se presenten, este se comporta de manera dinámica ya que cuenta con una estructura corporativa, pero la operación de planta de Barranquilla corresponde a una empresa de manufactura mediana. Al final de la cadena se busca entregar soluciones confiables, que se encuentren bajo estándar, costo efectivas y que permanezcan en el tiempo.

<sup>56</sup> Realizada por el autor.

### 3.2 CMMS SAP

Actualmente la compañía cuenta con el ERP SAP<sup>57</sup> este fue implementado en la corporación hace aproximadamente cuatro años y la migración de sus datos viene de sistema Maintracker<sup>58</sup>. En SAP se realizan todas las transacciones concernientes al área de logística, financiera y el modulo PM para el área de mantenimiento. Cabe anotar que como la mayoría de los software con los que se trabaja no se explota el 100% del potencia que nos puede brindar la aplicación y específicamente dentro del actual departamento de mantenimiento existen todavía oportunidades de mejora.

Como la mayoría de los CMMS y los módulos para mantenimiento de los ERP este cuenta con las transacciones para el registro de todos los equipos de planta, sus componentes, referencias técnicas, requisiciones de materiales y servicios ordenes de trabajo, salida de repuestos de almacén, notificación de órdenes de trabajo, planeación de rutinas, y administración de los costos del area. La administración de un departamento de mantenimiento y propiamente la implementación de una nueva metodología de trabajo requiere un requisito fundamental; la administración de al información y que mejor apoyo para soportar este trabajo que el modulo SAP.

A continuación se ampliara la información manejada en el área de mantenimiento de Industrias Del Maíz S.A planta Barranquilla a través de modulo PM.



---

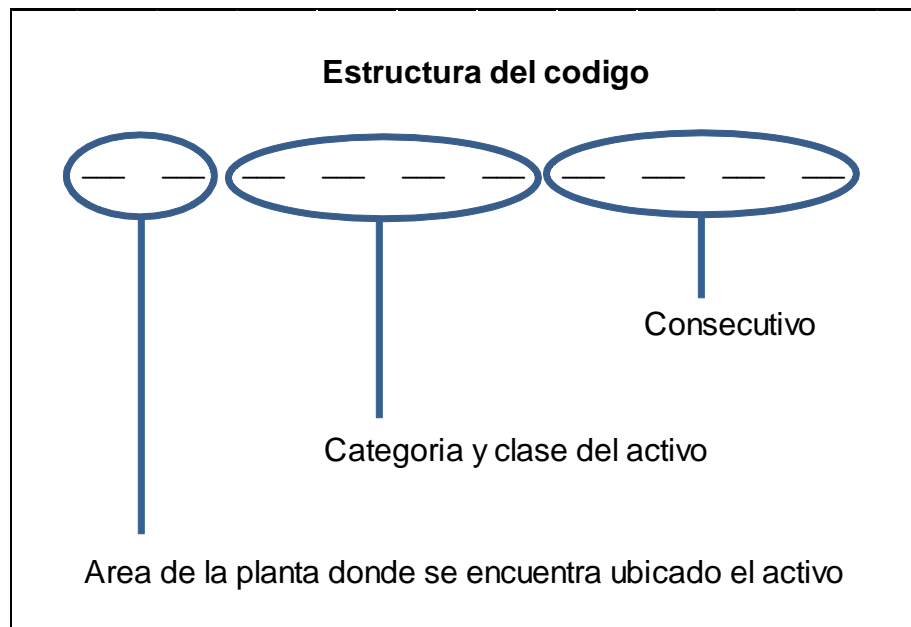
<sup>57</sup> Siglas e historia de SAP

<sup>58</sup> Historia de Maintracker

### 3.2.1 Equipos

La corporación estableció una codificación para todos los activos de la compañía a nivel mundial llamada código CPC. Este código alfanumérico se clasifica de la siguiente manera:

Figura 27. Estructura códigos Industrias Del Maíz.<sup>59</sup>



A continuación un ejemplo:

<b>Equipo</b>	<b>Código CPC</b>
---------------	-------------------

Desintegrador Nibova	05088A0001
----------------------	------------

05: Indica que se encuentra ubicado en la planta de molienda

088A: Codificación según categoría internacional la cual hace referencia, en este caso a que el equipo es un molino.

0001: Consecutivo (quiere decir que pueden existir dos o mas molinos de iguales características).

---

<sup>59</sup> Realizada por el autor.

Respecto a las áreas de la compañía están se dividen de la siguiente manera:

Tabla 7. Clasificación de aéreas para la planta Barranquilla.<sup>60</sup>

<b>NOMBRE</b>	<b>CODIGO DE LOCALIZACION</b>
ALMACENA/ Y RECIBO DE YUCA	1
EQUIPOS AGRICOLAS	2
LIMPIEZA, LAVADO E INSPECCION	3
MOLIENDA LAVADO Y SEPARACION	5
PTAR	13
DESHIDRATADO Y SECADO DE HARINA	17
ENERGIA ELECTRICA Y DISTRIBUCION	19
TALLER Y ALMACEN DE REPUESTOS	21
UTILITIES, VAPOR Y AIRE COMPRIMIDO	23
EMPAQUE DE ALMIDON	25
DESHIDRATADO Y SECADO DE ALMIDON	27
ALMIDONES MODIFICADOS	28
BODEGA DE MATERIALES	40
EMPAQUE DE HARINA	43
OFICINAS GENERALES	65
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y FISICA	67
CASINO	74
BASCULA CAMIONERA	77
EQUIPOS AGRICOLAS	82
LABORATORIO DE CALIDAD	90
LABORATORIO DE METROLOGIA	91
BIOFABRICA Y VIVEROS	92

<sup>60</sup> Realizada por el autor..

Respecto a la codificación estandarizada en toda la compañía la cual hace referencia a que clase y en que categoría se encuentra el activo que se está codificando se anexa listado internacional:

Tabla 8. Estándar internacional para la clasificación de equipos.<sup>61</sup>

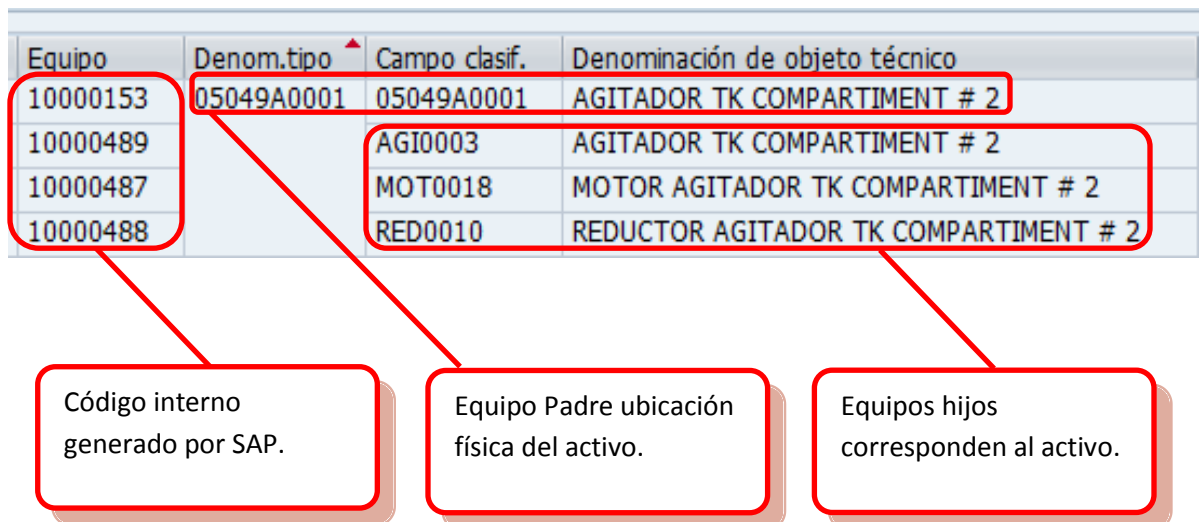
DESCRIPCION DE LA CATEGORIA	CODIGO ACTUAL COLOMBIA	ENGLISH DESCRIPTION
EQUIPOS_DE_TRANSMISION_MECANICA	CO_47D	HYDRAULIC UNIONS
ALTO_VOLTAGE, EQUIPO ELECTRICO_Y_CCM's	CO_100A	ELECTRICAL ACCUMULATORS
EVAPORACION_Y_DESTILACION	CO_76E	H2 ADSORPTION
MEZCLADORES	CO_49A	AGITATORS AND MIXERS
EQUIPOS_MISCELLANEOS_DE_PROCESO	CO_08A	COMMUNICATION SYSTEMS, ALARMS, ETC
ALMACENAMIENTO_Y_MANEJO_DE_SOLIDOS	CO_17H	ELEVATORS
EQUIPOS_PARA_EMPAQUE_Y_PALETIZADO	CO_45A	SCALES
BOMBAS	CO_55A	VACUUM PUMPS
BOMBAS	CO_52B	METERING PUMP
INTERCAMBIADORES_DE_CALOR	CO_33A	AIR HEATERS, RADIATORS AND OTHERS
INTERCAMBIADORES_DE_CALOR	CO_32D	FLASH CHAMBERS
EDIFICIOS_Y_EQUIPOS_SERVICIO_BODEGAS	CO_59A	TRUCKS, WAGONS, OTHER TRANSPORT
EQUIPO_PARA_SEPARACION_GRAVIMETRICA	CO_82A	CENTRIFUGALS
INTERCAMBIADORES_DE_CALOR	CO_110A	CHILLERS
EQUIPOS_PARA_MANEJO_DE_AIRE	CO_113A	CYCLONS
HORNOS_E_INCINERADORES	CO_112A	JET COOKERS AND CONDITIONERS
EVAPORACION_Y_DESTILACION	CO_01E	ADSORPTION COLUMNS
EQUIPOS_PARA_INTERCAMBIO_IONICO	CO_01C	IONIC EXCHANGE COLUMNS
SISTEMAS_ESPECIALES_DE_SEPARACION	CO_01D	ISOMERIZATION COLUMNS
EQUIPOS_DE_ABSORCION	CO_01B	SO2 RETENTION COLUMNS
COMPRESORES	CO_54E	HYDROGEN COMPRESSORS
INTERCAMBIADORES_DE_CALOR	CO_32E	CONDENSERS
EQUIPOS_PARA_EMPAQUE_Y_PALETIZADO	CO_97A	SEWING MACHINES
EQUIPO_SEPARACION_SOLIDOS_DE_SOLIDOS	CO_80A	VIBRATORY SIEVES
EQUIPOS_CRISTALIZACION_Y_PRECIPITACION	CO_10A	CRYSTALLIZERS AND FLOCCULATORS
EDIFICIOS_Y_EQUIPOS_SERVICIO_BODEGAS	CO_33D	COLD ROOMS
EQUIPOS_PARA_MANEJO_DE_AIRE	CO_54C	DAMPER
RECIPIENTES_PRESURIZADOS	CO_23B	DEAIREATORS
EQUIPOS_PARA_MANEJO_DE_AIRE	CO_85A	AIR DEHUMIDIFIERS
EVAPORACION_Y_DESTILACION	CO_98A	DEODORIZERS
EQUIPO_DE_EXTRACCION_POR_SOLVENTES	CO_02A	DESOLVENTIZER TOASTER
EQUIPOS_PARA_DESTILACION	CO_12A	DESTILLATORS
INSTRUMENTACION_Y_CONTROL	CO_18E	OVERPRESSURE RUPTURE DISK
ALMACENAMIENTO_Y_MANEJO_DE_SOLIDOS	CO_57B	FLOW DIVISION VALVES
EQUIPO_PARA_SEPARACION_GRAVIMETRICA	CO_82B	DORRCLONES - SHELL
EQUIPO_SEPARACION_SOLIDOS_DE_LIQUIDOS	CO_81D	CURVE FILTER - DSM
EQUIPOS_DE_SEGURIDAD	CO_74A	SAFETY SHOWER
ALMACENAMIENTO_Y_MANEJO_DE_SOLIDOS	CO_56A	SPOUT / DUCTS
EDIFICIOS_Y_EQUIPOS_SERVICIO_BODEGAS	CO_106A	BUILDINGS
EYECTORES_Y_EQUIPOS_DE_VACO	CO_55C	EDUCTORS
ALMACENAMIENTO_Y_MANEJO_DE_SOLIDOS	CO_53B	ELEVATOR PAIL
EQUIPOS_PARA_EMPAQUE_Y_PALETIZADO	CO_62A	PACKAGING EQUIPMENT
EDIFICIOS_Y_EQUIPOS_SERVICIO_BODEGAS	CO_33C	FREEZERS
EQUIPOS_MISCELLANEOS_DE_PROCESO	CO_33E	KITCHEN EQUIPMENT
EQUIPOS_TALLER, LABORATOR_Y_HERRAMIENTAS	CO_15C	LABORATORY EQUIPMENT
EQUIPOS_DE_SEGURIDAD	CO_73A	SPRINKLERS, FIRE-EXTING, HOSE BOX

<sup>61</sup> Estándar internacional Corn Products International.

Este código CPC es utilizado para manejo y control de activos en lo que tiene que ver con traslados, activos fijos, depreciaciones y manejo en los sistemas de información. Teniendo como punto de partida este código se pone de manifiesto la incursión de SAP hace tres años en la compañía, ya que para la creación de los nuevos códigos de los equipos en SAP es prerequisite incluir el código CPC dentro de las especificaciones del código nuevo que se esté creando en SAP de la siguiente manera.

La estructura de SAP se compone de equipos padre y equipos hijos; los equipos padre son aquellos en los que incluye el código CPC antes descrito; para entenderlo mejor se refiere a la ubicación física que ocupa en activo en la compañía por ejemplo cuando nos referimos a la bomba del pozo, queda arraigado como un paradigma que la bomba del pozo siempre ocupa la misma ubicación geográfica, independiente que se haya cambiado de motor o incluso de bomba, esta siempre va a ser la ubicación que ocupara esa bomba, a no ser claro está que se cambie el lay out de la compañía. La creación y clasificación de los equipos se realiza a través de la transacción IP01.

Figura 28. Descripción de códigos en el sistema.<sup>62</sup>



<sup>62</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

El objetivo de esta estructura es garantizar que si por alguna razón se emplea un motor, bomba, reductor, variador, válvula que se encontraba en una ubicación técnica determina, se cambia de lugar su hoja de vida ira también lo hará en el sistema garantizando la confiabilidad de la información, otra razón de peso es en el caso de repotenciar un equipo; por ejemplo si se requiere un motor de 50 H.P para aumentar la capacidad de la bomba y motor actual tiene una potencia de 40 H.P el motor que se desmonte tiene ya unos antecedentes, un tiempo de uso una historia y el motor que se está instalando comienza la suya.

A los equipos dentro del sistema se les clasifica con una letra A, B, ò C dependiendo de la criticidad del mismo a la luz de variables como la seguridad, la calidad y la productividad.<sup>63</sup>

Figura 29. Clasificación ABC para equipos en SAP.<sup>64</sup>

1000021	05052A0001	05052A0001	BOMBA AGUA DE PROCESO	A
10000205		BOM0016	BOMBA AGUA DE PROCESO	A
10000204		MOT0040	MOTOR BBA DE AGUA DE PROCESO	A
10000146	05052A0005	05052A0005	BOMBA DE ACHIQUE	B
10000471		BOM0042	BOMBA DE ACHIQUE	B
10000470		MOT0104	MOTOR BOMBA DE ACHIQUE	B
10000133	05052A0007	05052A0007	BOMBA YUCA MOLIDA # 1	C
10000465		BOM0001	BOMBA YUCA MOLIDA # 1	C
10000459		MOT0012	MOTOR BOMBA YUCA MOLIDA # 1	C

Clasificación ABC de equipos en SAP.

El código generado por SAP es el punto de partida para, configurar las rutinas de mantenimiento, cargar los repuestos y manejar los costos del área.

<sup>63</sup> Este tema se ampliara en el capítulo 5.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS CRITICOS

<sup>64</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

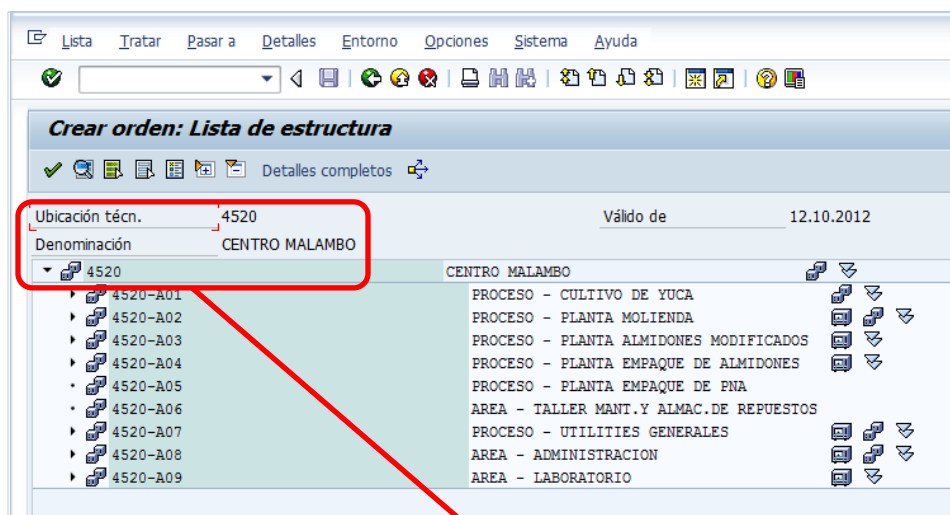
### 3.2.2 Ubicación técnica

Dentro de la jerarquización que ofrece SAP y debido a que es un sistema globalizado se configura de la siguiente manera:

Para la filial Colombia corresponde identificarse con tres códigos de denominación

- 4550: Planta Cali
- 4530: Planta Sabanagrande
- 4520: **Planta Barranquilla.**

Figura 30. Identificación del código de área para Colombia.<sup>65</sup>

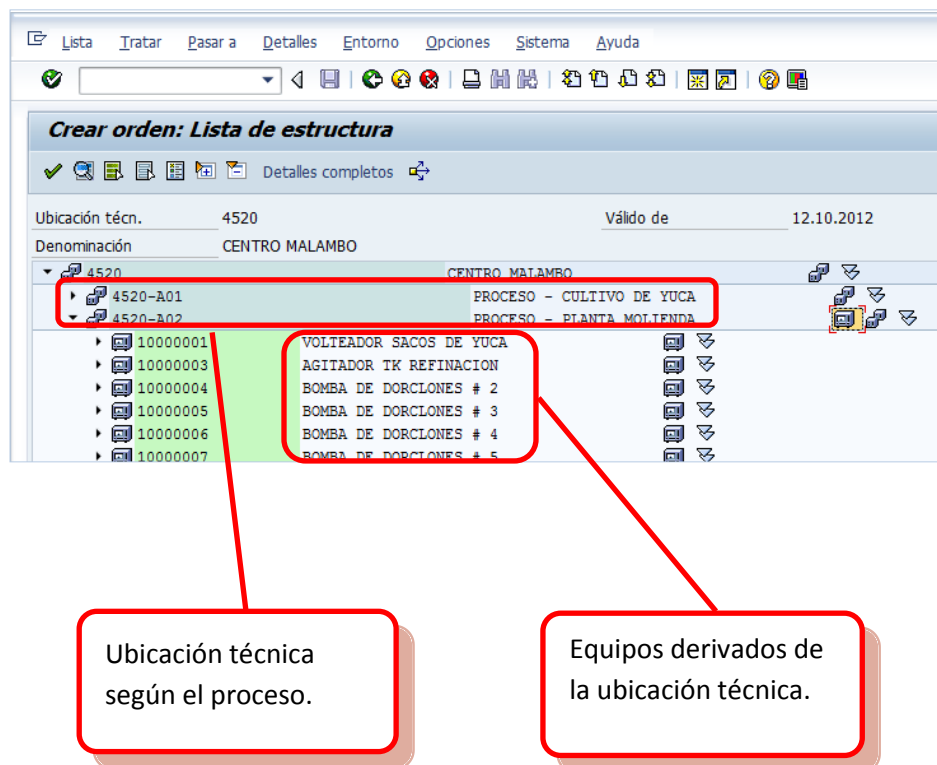


Denominación correspondiente a la planta Barranquilla.

<sup>65</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

A su vez esta denominación contiene las ubicaciones técnicas las cuales corresponden a los diferentes procesos que se encuentran en la compañía y cada una de las ubicaciones técnicas contiene a los equipos con su correspondiente código. La creación de las ubicaciones se realiza con la transacción IW01

Figura 31. Identificación de equipos por ubicación técnica.<sup>66</sup>



### 3.2.3 Ordenes de trabajo

La manera en la que se programan, solicitan y administran las actividades de área de mantenimiento a es a través de una orden de trabajo; en esta encontramos diferentes campos como el solicitante, la clase de actividad, el inconveniente o necesidad que tiene el cliente, se escoge el equipo o área en donde se requiera la actividad y en el campo operación se escribe la actividad a realizar.

<sup>66</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla..

La transacción para la creación de ordenes de trabajo es la iw31, para la verificación o modificación de las ordenes la transacción es la IW32 esta transacción es de suma importancia ya que si se va a realizar una orden manual dependiendo del número de personas que pueden realizar ordenes de trabajo este proceso puede ser tan complejo y practico como se quiera ya que si no se verifica una actividad que se quiera realizar, el sistema estará alimentado con información repetitiva e innecesaria ya que una orden que un usuaria realizo, otro usuario también podría realizar una orden similar para el mismo equipo si no se verifica antes. Debido a esto se hace tanto énfasis en esta transacción.

Aquí se presenta una oportunidad de mejora en donde a través de la capacitación efectiva se optimizar el uso de la herramienta y sacar el mejor partido de esta.

La orden de trabajo sirve para la administración de repuestos y por ende el control de presupuesta ya que el código de repuesto se reserva en la orden de trabajo realizada y esta orden a su vez esta creada con un equipo a cual se le realizara la actividad, de esta manera se tiene la hoja de vida del equipo tanto en la parte de costos asociados a lo largo de todo el funcionamiento del activos, como la posible reiteración de ciertas anomalías; toda esta información bien organizada y administrda permite contruier estadísticas exactas de confiabilidad, se identifican oportunidades de mejora, se combierte en la base para realizar un estudio de ciclo de vida serio y efectivo en fin permite realizar muchas actividades que le agregan valor a la getion de mantenimiento, es de resaltar la importancia de alimentar el sistema con inforamcion previamente filtrada por personas que compartan la visión del area de mantenieno a mediano y largo plazo de no ser así se terminara por tener un elefante blanco mas en la compañía volviéndose común las siguientes frases “usted trabaja para el sistema no el sistema para usted”, “si se alimenta basura basura se va obtener”.

Figura 32. Identificación de oportunidades de mejora ordenes repetidas.<sup>67</sup>

Visualizar órdenes PM: Lista de órdenes PM									
Orden	Aviso	Status del sistema	Texto breve	PtoTrbRes	Cl.orden	GP	A	Autor	
4324321		LIB. DMNV MOVIM PREC	CONSUMIBLE DE MANTENIMIENTO	EXT00	ZPM3	M01		AMONTOYA	
4324347		LIB. DMNV MOVIM PREC	ACOPLE MALO BOMBA DE CASCARILLA	MAV	ZPM3	M01	B		
4324687	10242934	LIB. DMNV MOVIM PREC	RODAMIENTOS MALOS NIVOPA 1	MAV	ZPM3	M01	A		
4326599		LIB. DMNV MOVIM PREC	ACOPLE E-30 AGITADOR TQ SUSPENSION 2 MAL	EXT00	ZPM3	M01	B		
4326171		LIB. DMNV MOVIM PREC	CORTO EN CUBIL DEL AGIT TQ DISPERSION	EXT00	ZPM3	M01	B		
4325082		LIB. DMNV MOVIM PREC	REAPRACION GONDOLA #2	EXT00	ZPM3	M01	C		
4326168		LIB. DMNV MOVIM PREC	CORREAS EN ESTADO VENT. PPAL ALMIDON #2	MAV	ZPM3	M01	A		
4327159		LIB. FMAT PREC	SELLO MCO MAL ESTADO BBA ALIM. DORCLONES	EML	ZPM3	M01	A		
4325910		LIB. KKMP PREC	DESARME BBA ALIMENTACION DECANTER	EML	ZPM3	M01			
4325913		LIB. KKMP PREC	NIVOPA 1 CUCHILLAS MALAS	EML	ZPM3	M01	A		
4325912		LIB. KKMP PREC	NIVOPA 1 CUCHILLAS MALAS	EML	ZPM3	M01	A		
4325908		LIB. KKMP PREC	NIVOPA 2 CUCHILLAS MALAS	EML	ZPM3	M01	A		
4324350		LIB. MACO MOVIM PREC	ELECTRODO PH MALO REACTOR 2	EXT00	ZPM3	M02			
4325106		LIB. MACO MOVIM PREC	ACOPLE MALO BOMBA OVER TM3	MAV	ZPM3	M01			
4326682		LIB. MACO MOVIM PREC	RODAM. Y ELASTOMERO DAÑADO TK SUSP #2	EML	ZPM3	M01	B		
4325468		LIB. MACO MOVIM PREC	CORREAS MALAS VENT SEC DE ALMIDON 2	MAV	ZPM3	M01	A		
4324798		LIB. MACO PREC	RELE TERMICO DAÑADO BBA COMPARTIM 1	EXT00	ZPM3	M02	B		
4228527		LIB. NOTI IMPR DMNV MOV	BBA COLECTOR PTA. ROD Y SELLO MALOS	EML	ZPM3	M01			
4326289		LIB. FMAT MOVIM PREC	Mantenimiento cercas Atico y cordoba	EXT00	ZPM3	M01		CEORTEGA	
4324981		LIB. MACO MOVIM PREC	Mantenimiento cercas Atico	EXT00	ZPM3	M01			

Órdenes de trabajo repetidas, oportunidad de mejora.

Por lo anterior la administración de las ordenes de trabajo las realiza en su mayoría el departamento de mantenimiento y otras tantas las arroja el sistema automáticamente. Parte de la propuesta que se planteara mas adelante es replicar esta conocimiento a otras áreas en donde a través de uno “Avisos de trabajo” el cliente interno exponga su necesidad de una manera formal y organizada, una vez realizado este proceso por el cliente interno, el ingeniero de planeación revisara diariamente las solicitudes realizadas y teniendo en cuenta las rutinas que arroje el sistema, la disponibilidad de repuestos, la disponibilidad de la planta y de recurso humano establecerá las prioridades y programara las actividades que correspondan.

<sup>67</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

Figura 33. Orden de trabajo del sistema SAP.<sup>68</sup>

Orden: ZPM3 4324347 ACOPLE MALO BOMBA DE CASCARILLA

Stat.sist.: LIB. DMIV MOVIM PREC

Responsable: Gpo.plan. M01 / 4520 Mecánico; Rs.pto.tr. MAV / 4520 MARVIN ALBERT...

Fechas: Inic.extr. 01.10.2012; Fin extr. 01.10.2012; Prioridad 2-alto

Objeto de referencia: Ubic.téc. 4520-A02; Equipo 10000020; PROCESO - PLANTA MOLIENDA; BOMBA CASCARILLA

Primera operación: Operación CAMBIO DE ACOPLE BBA DE CASCARILLA; PtoTrab/Ce MAV / 4520; ClCtrl PM01; Cl.activ. MAINT; TrabInvert 8,0 HRA; Cantidad 1; Dur.oper. 8,0 HRA

### 3.2.4 Planes de mantenimiento

Esta es quizá una de las transacciones mas representativas en conjunto con el manejo de los costos que ofrecen los CMMS en el contexto de mantenimiento, inicialmente se transfieren los datos del sistema anterior al sistema actual en esta transcripción no se realizo una depuración adecuada de las rutinas que estaban agregando valor a gestión de mantenimiento. Debido a esto se tiene actualmente depuradas y creadas las rutinas de mantenimiento un 80%, este es un proceso que hace parte del la cultura de “*Mejoramiento continuo*” eliminar las rutinas obsoletas y actualizar las rutinas que correspondan a contexto en el cual se encuentra el proceso y el área de mantenimiento y de esta manera hacer frente a las necesidades que tiene el cliente interno<sup>69</sup>.

<sup>68</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla.

<sup>69</sup> Entiéndase por cliente interno el área de seguridad, calidad, producción, logística y administración.

La transacción con la cual se crean las rutinas de mantenimiento es la IP01 y con la cual se modifican es la IP02.

Figura 34. Rutinas de mantenimiento matriculadas en SAP.<sup>70</sup>

**Modificar plan de mantenimiento: planes de mantenimiento seleccionados**

Plan mantenimiento preventivo    Posiciones de mant.    Cálculo de costes

Pl.MantP	P...	Cpo.clas.	Txt plan mantenim.	Nº to...	I...	Un.	Inicio de ciclo	Modificado el	Modif.por	Status del sistema
6406	1	4170-M02	TBM-RUTA PREVENTIVA SUBESTACION	12	99%	DÍA	20.05.2012			ABIE
6421	1	4540-M02	TBM-RUTA PREV. ESTAT, TIERRAS, PARARAYO	12	99%	DÍA	20.05.2012			
6423	1	4170-M02	TBM-RUTA INSPECCION EQ SOLDADURA ELECT.	12	99%	DÍA	20.05.2012			
6424	1	4170-M02	TBM-RUTA PREV. SISTEMA ILUMINACION PLANT	18	99%	DÍA	10.06.2012			
6425	1	4540-M07	CBM-PRUEBA DE TINTAS PENETRANTES	3	99%	DÍA	10.10.2011			
6426	1	4540-M07	CBM-PRUEBA DE RADIOGRAFIAS	3	99%	DÍA	10.10.2011			
6427	1	4540-M07	CBM-PRUEBA DE MEDICION DE ESPESORES	3	99%	DÍA	10.10.2011			
29	4	4520-M01	CBM-VIBRACIONES PLANTA	29	36%	DÍA	01.04.2008	04.05.2012	AMONTO\	
31	1	4520-M01	TBM-INSPECCION Y LUBRICACION EQUIPOS	58	36%	DÍA	01.04.2008	04.09.2012	AMONTO\	
40	1	4520-M01	TBM-CALIBRACION METROLOGICA	41	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	
41	1	4520-M01	TBM-VERIFICACION METROLOGICA	51	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	
42	1	4520-M01	TBM-INSPECCION DESINTEGRADOR NIVOPA	57	36%	DÍA	01.04.2008	26.08.2011	AMONTO\	
43	1	4520-M01	TBM-MAQUINA PARA CAMBIO CUCHILLAS NIVOPA	46	99%	DÍA	01.04.2008	26.08.2011	AMONTO\	
45	1	4520-M01	TBM-INSP. Y LAV. INTERNO CENT. DECANTER	46	36%	DÍA	01.04.2008	26.08.2011	AMONTO\	
47	1	4520-M01	TBM-INSPECCION LAVADORA DE YUCA	57	36%	DÍA	01.04.2008	26.08.2011	AMONTO\	
48	1	4520-M01	TBM-INSPECCION ROTOR CHIPEADORA	19	36%	DÍA	01.04.2008	26.08.2011	AMONTO\	
4265	1	4520-M01	TBM-COMPRESOR INGERSOLL-RAND	15	99%	DÍA	02.11.2010	04.05.2012	AMONTO\	
6402	1	4120-M01	TBM-VERIF. TOLERANCIA INT VALV. ROTATIVA	9	99%	DÍA	17.04.2012	02.08.2012	AMONTO\	
6403	1	4120-M01	TBM-INSPECCION DE ESTACION DE QUIMICOS	35	99%	DÍA	20.07.2012	11.08.2012	AMONTO\	
6420	1	4540-M02	TBM-INSP. MOT. GUAR. ESCOB. ANTIESTATICA	12	99%	DÍA	15.05.2012	10.08.2012	AMONTO\	
6422	1	4170-M02	TBM-RUTA PREVENTIVA DE CCM'S	12	99%	DÍA	20.05.2012	10.08.2012	AMONTO\	
30	1	4520-M01	RUTA ANALISIS VIBRACION PRINCIPALES Z	73	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	PTBO NOAC
32	1	4520-M01	RUTA LUBRICACION QUINCENAL	73	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	
33	1	4520-M01	RUTA LUBRIC MENSUAL CHUMACERAS CADENAS	48	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	
34	1	4520-M01	RUTA LUBRICACION OCTOMESTRAL	5	36%	DÍA	01.04.2008	25.08.2011	AMONTO\	
35	1	4520-M01	TBM-RUTINA SENSORIAL MECANICA	80	36%	DÍA	01.04.2008	02.08.2012	AMONTO\	

Rutinas programadas automáticamente por el sistema.

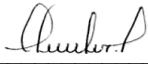
Rutinas desactualizadas y eliminados.

### 3.2.5 Reserva de repuestos

Esta se realiza a través de unos vales de repuesto en los cuales se registra una orden de trabajo, el código de repuesto requerido, la fecha, la firma del solicitante y la firma de la persona que autoriza.

<sup>70</sup> Imagen bajada del ERP SAP de Industrias Del Maíz Planta Barranquilla..

Tabla 9. Documento para salida de repuestos del almacén.<sup>71</sup>

<b>No. Orden</b>		<b>Fecha</b>		
4152324		27	10	12
		dd mm aa		
<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>		
1028532	Rodamiento 6206 2RS	1		
Luis Suarez				
<b>Solicitante</b>		<b>Autoriza</b>		

El proceso comienza con la actividad solicitada, en este punto se crea la orden de trabajo, posterior a la creación se reserva el repuesto requerido, con estos datos se realiza el vale y el almacén de repuestos entrega en insumo y lo descarga del sistema y a su vez este se descarga del presupuesto general de mantenimiento, de esta manera se brinda la posibilidad de verificar en cualquier momento como va la ejecución del presupuestal.

### 3.2.6 Notificaciones

Posterior a la culminación del trabajo se procede a cerrar en el sistema la orden de trabajo, este proceso consiste en registrar el tiempo que tomo la labor, la fecha en la que se culmino y los comentarios de cierre.

### 3.2.7 Cierre

Por último se realiza cada mes un cierre técnico y financiero en el que se deja registro de cuáles fueron los actividades y valores que se manejaron durante ese periodo de tiempo y con esta información se realiza un balance final de lo positivo y los aspectos por mejorar.

<sup>71</sup> . Documento para salida de repuestos del almacén

## 4. TALENTO HUMANO

### 4.1 CONFIABILIDAD HUMANA

“Comenzar con un fin en mente” Covey<sup>72</sup> muestra como la gente altamente efectiva logra el cumplimiento de sus metas comenzando ese largo camino decretando esto en su mente, pero la pregunta es cómo lograr esto en los colaboradores e incluso en ocasiones en la parte directiva, como lograr que todo un grupo trabaje de manera sinérgica para alcanzar el logro de los resultados.

La respuesta no es mágica ni definitiva ya que de lo que se está hablando es de lo más valioso y el factor diferenciador que puede tener cualquier compañía el capital humano, personas que manejan en mayor o menor grado la inteligencia emocional teniendo claro que existen un sin número de situaciones diferentes cada día y más en los departamentos de mantenimiento donde cada día debe existir una evolución continua, se debe reevaluar el statu quo y salir de la zona de confort que este brinda para llevar a la práctica la frase “Mejoramiento Continuo”.

Se dará a continuación una serie de aspectos claves para tener en cuenta que traten de abordar todo el espectro que existe al momento de hablar de Confiabilidad Humana Efectiva, entiéndase por efectiva obtener los resultados sin vulnerar en el camino ningún aspecto del ser humano.

Para comenzar con un fin en mente el líder debe generar el personal un compromiso genuino con la visión y misión del área.

---

<sup>72</sup> Stephen R. Covey, Los 7 Hábitos de la Gente Altamente Efectiva.

## Visión<sup>73</sup>

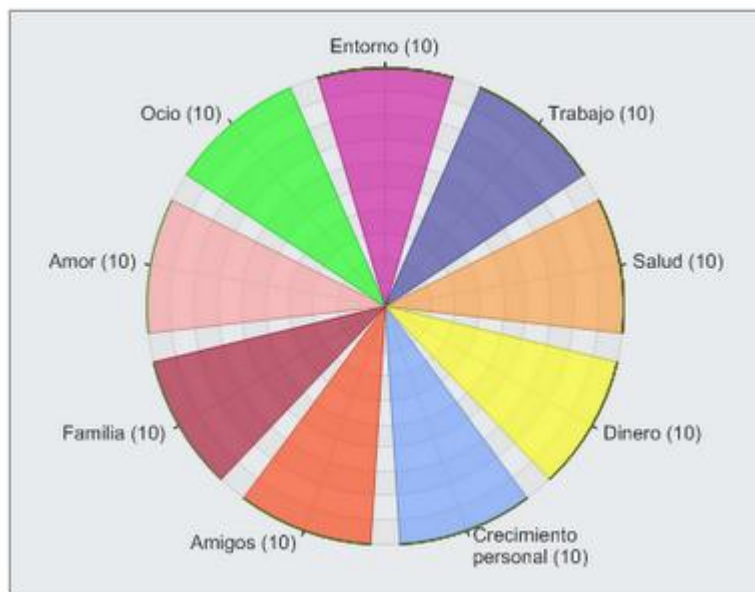
Ser el área mas admirada, ser un referente a nivel nacional en términos de seguridad, calidad y servicio, alineados con la estrategia corporativa, generando un alto valor para el negocio.

## Misión

Garantizar la continuidad y operación del negocio, manteniendo la confiabilidad y disponibilidad de los equipos e infraestructura, a través de una administración efectiva de los recursos.

Una vez el líder haya incorporado en la mente y los corazones de sus colaboradores este fin. El líder tiene un tarea fundamental y es la de garantizar que durante todo el proceso no se vean afectados los aspectos que compones la rueda de la familia, la, salud, las fianzas, el crecimiento espiritual y profesional, se debe mantener un equilibrio de estas variables durante todo el proceso.

Figura 35. Rueda de la vida.<sup>74</sup>



<sup>73</sup> Creada por el autor

<sup>74</sup> <http://psicotecnopatas.com/index.php/2010/10/19/la-rueda-de-la-vida/>

Es importante tener en cuenta en este proceso que no se debe hacer a continuación una lista de qué cosas bajar la moral del empleado<sup>75</sup> afectando en el éxito del proceso.

- Regáñelo en público, elógielo en privado.
- Nunca le dé retroalimentación sobre su desempeño.
- No invierta en su capacitación.
- No lo incluya en equipos de trabajo con proyectos interesantes.
- Minimice sus fortalezas y exagere sus debilidades.
- Critique a la persona en general, en vez de criticar cierta conducta particular.
- No le cuente cómo va la empresa.
- Páguele un salario inferior al promedio de lo que paga la competencia por un trabajo similar.
- Descarte sus sugerencias sin haberlas analizado con cuidado.
- Con frecuencia póngale de ejemplo a un colega.
- Manténgalo en el mismo cargo mucho tiempo.
- No devuelva sus llamadas, no responda sus correos electrónicos.
- Sea insensible con sus problemas personales.
- Recárguelo de trabajo constantemente, que tenga que laborar siempre al menos 12 horas diarias.
- Hable bien de la gente que hace trabajos similares en las empresas competidoras.

---

<sup>75</sup> <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1567263> 25 de febrero de 2004 Autor NULLVALUE

- Hágalo culpable de problemas sobre los cuales él no tiene control alguno.
- No le explique bien qué espera de una tarea que le asigne.
- Póngale metas excesivamente ambiciosas.
- Presente una idea de su subordinado como si fuera suya.
- Cuando usted cometa un error haga todo lo posible porque parezca como si hubiera sido de su gente.
- No lo defienda cuando le están "dando palo" injustamente.
- No le pida excusas cuando cometió alguna injusticia con él.

Parte de tener un fin claro lo construye el tener un camino claro y este se traza claramente mostrando al colaborador cuales son las funciones asignadas, las cuales debe cumplir para alcanzar las expectativas que tiene su rol dentro de toda la cadena de valor del departamento.

A continuación se mostrara funciones básicas<sup>76</sup> que debe contener las descripciones de cargo tanto de los cargos administrativos como los técnicos.

### **Gerente de Mantenimiento**

1. Analizar y aprobar el plan de Mantenimiento y comunicarlo al personal.
2. Estar actualizado sobre los diferentes adelantos tecnológicos para el mejoramiento de los actuales.
3. Elaborar presupuestos y controlar los costos y gastos del área.
4. Gestionar los recursos necesarios para el cumplimiento de los objetivos.
5. Gestionar las no conformidades del mantenimiento y dar solución a las mismas, con el fin de garantizar el mejoramiento continuo de los procesos.

---

<sup>76</sup> Carlos Mario Tamayo, asignatura Gerencia de Mantenimiento.


6. Manejar el programa sistematizado y tendencias históricas sobre el resultado de los servicios de mantenimiento, y su reflejo en el 'estado de pérdidas y ganancias' de la Compañía.
7. Responder a la Gerencia sobre cualquier problema y proyecto técnico que pueda solucionarse con el área de Mantenimiento.
8. Adquirir nuevos proveedores y coordinarse con el área Comercial la evaluación de estos.
9. Analizar procedimientos y servicios posibles a ser contratados por la organización.
10. Realizar la evaluación de desempeño del personal a cargo.
11. Velar por la capacitación y entrenamiento del personal a su cargo y coordinarlo con la Universidad de la Tela.
12. Organización del departamento de acuerdo a las actitudes individuales para el mejor desempeño y resultado grupal.
13. Establecer relaciones con áreas similares en el sector de la economía que se desenvuelve, a fin de establecer comparaciones.
14. Participar en los procesos de selección de personal técnico, en coordinación con relaciones industriales.
15. Presupuestar semestralmente los gastos en que incurrirán cada uno de los departamentos, a la vez que se evalúe el estado de consumo de los mismos.
16. Analizar procedimientos y servicios posibles a ser contratados por la organización.
17. Proyectar la confiabilidad esperada.

## **Técnico electromecánico**

1. Realizar el mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de la maquinaria e instalaciones.
2. Recibir el informe sobre problemas de la maquinaria del turno anterior, para continuar con las reparaciones y/o mantenimientos.
3. Consultar planos, catálogos y listados para solicitar los repuestos para el mantenimiento.
4. Actualizar y trabajar con planos y catálogos de mantenimiento y maquinaria.
5. Mantener informado al Jefe de los resultados de su gestión.
6. Cumplir con las políticas, procedimientos, normas e instructivos del área y la Compañía.
7. Conocer los ajustes finos de la técnica del mantenimiento (lubricación, ajustes y tolerancias, calibraciones, etc.)
8. Conocer especificaciones técnicas de los repuestos de recambio en el mantenimiento
9. Reporte del estado antes y después del mecanismo.
10. Mantener al orden del día los informes sobre las tareas realizadas durante cada mantenimiento.

Una vez aclarados y establecidos los requerimientos y expectativas se establece una matrix de habilidades en donde se consigne el nivel en el que se encuentra el personal respecto a lo esperado.

Figura 36. Matriz de evaluación de competencias y habilidades.<sup>77</sup>

		MATRIZ DE HABILIDADES																		
Fecha revisado: 15/10/2009 Próxima revisión: 		CONVENIOES: [White] No aplica o no necesita esta Habilidad [Black] Conoce la Habilidad y la Practica. [Grey] Conoce la Habilidad, la practica y está en capacidad de enseñar a otros. [Black with border] Requiere esta Habilidad pero no la conoce [Black with border] Conoce la Habilidad, pero aún no la practica.																		
MANTENIMIENTO CONFIABILIDAD		INTEGRANTES														YTD	G 2012	DESEAD		
		YTD	D	YTD	D	YTD	D	YTD	D	YTD	D	YTD	D	YTD	D	YTD	D			
TECNICAS DEL CARGO	Control de Proceso I/A																	3	10,8	3
	Sensores y Acondicionadores de Señal																	6	10,8	3
	Electricidad Aplicada																	5	10,8	3
	Subestaciones y Media Tensión																	3	10,8	3
	Predictivo Electrico (Análisis Variables Eléctricas)																	3	10,8	3
	Termografía Nivel I																	3	10,8	3
	Sistemas de Transporte (Neumático, Mecánico)																	9	0	10
	Centrifugas																	90,0	0,0	100,0
																	7	0	8	
																	87,5	0,0	100,0	

Cuando se identifique los gap's se establece un plan de entrenamiento.

Tabla 10. Plan de entrenamiento técnico mantenimiento.<sup>78</sup>

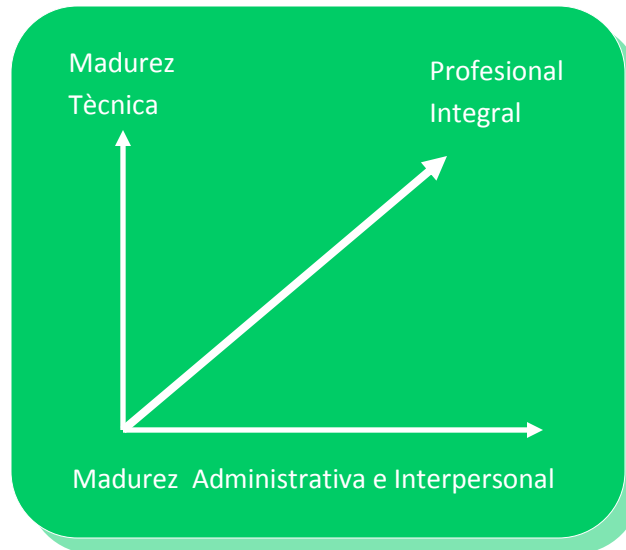
PLAN DE INDUCCION TECNICO DE MANTENIMIENTO		INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A.
ÁREA	TEMA	RESPONSABLE
SEG. Y MED. AMB	Norma ISO 14000	Maria Claudia Ramos
	Norma OSHAS 18000	
	Norma BASC	
	Manual ESMS	
	COPASO	
	Mes de la Seguridad	
	Plan emergencias	
	AROs	
PROCESOS	Proceso de Limpieza y Lavado de Yuca	Eider Garcia
	Proceso de Molienda de Yuca	
	Proceso de Lavado y Separación de Fibra	
	Proceso de Lavado de Almidón	
	Proceso de Secado de Almidón	Carlos Humberto Gomez
	Proceso de Secado de Fibra	
	Proceso de Almidones Modificados	
	Planta de tratamiento de Aguas Industriales PTAI	
Laminas filtrantes	Alexander Montoya	
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR		
MANTENIMIENTO	Procedimiento de Mantenimiento	Alexander Montoya
	Administración de las rutinas de mantenimiento a través de SAP.	
	Metrolología	
	Divulgación del Proyecto Estudiante en Practica	
	Creación de ID's para repuestos a través del Governance	
	Creación de equipos en SAP	
	Creación y consulta de ordenes de trabajo	
	Generación de avisos	
	Notificación	
	Cierre modulo PM	
	Requisiones de servicios y repuestos	
	Recepción de facturas compras MIGO	
	Recepción de facturas compras ML81N	
	Costos y presupuesto	
Indicadores de mantenimiento		

<sup>77</sup> Matriz de habilidades sacado de la metodología TPM

<sup>78</sup> Plan de entrenamiento técnicos nuevos Industrias Del Maíz.

La combinación de los dos últimos factores que se acaban de tratar dará como resultado un desarrollo profesional integral y óptimo.

Figura 37. Diagrama del profesional integral.<sup>79</sup>



Una vez elevado en nivel de habilidades y destrezas del personal es momento de incentivar técnicas de atención al cliente en donde de manera organizada y atenta se reciban las necesidades del cliente interno y se establezcan acuerdos gana gana en donde todos involucrados perciban genuinamente el compromiso con adquirido como área de servicios.

Dentro de este proceso se propone un programa llamado plan padrino en donde un técnico de mantenimiento es responsable por un área en específico gestionando de manera personalizada las necesidades del cliente interno.

Se debe hacer un análisis de las habilidades y el personal que se tiene para establecer un back up en las tareas de mayor impacto. Y a su vez en caso de tener relevo generacional es clave replicar el now how en el personal que quede laborando en la compañía.

<sup>79</sup> Diagrama del profesional integral Industrial Del Maíz

Dentro del ciclo de confiabilidad humana se debe hacer una verificación constante para realizar los ajustes necesarios para obtener el objetivo propuesto.

Figura 38. Ciclo de confiabilidad humana.<sup>80</sup>



Dentro del proceso de acompañamiento existen varias metodologías entre ellas se encuentra Coaching<sup>81</sup> este se define como un estilo, una filosofía y unas herramientas de dirección, que buscan el logro de excelentes resultados a partir del desarrollo de las competencias individuales y del equipo.

Las competencias son comportamientos observables que demuestran la interiorización y aplicación de unos conocimientos, habilidades, actitudes y valores y que pueden predecir un desempeño, gestión y resultados sobresalientes.

Es un proceso dinámico de interrelación que apoya a la persona para producir resultados en sus actividades personales y profesionales.

Mediante el proceso de coaching, las personas: Profundizan en su aprendizaje, mejoran en su desempeño y estimulan la calidad de su vida.

<sup>80</sup> Artículo Confiabilidad Humana, Ing. Química Elena Fernández, Esp. en Gcia Recursos Humanos.

<sup>81</sup> International Coach Federation (ICF).

También como parte del seguimiento y control se propone una serie de temas agendados diariamente con lo que se retroalimenta a todo el grupo y en las reuniones de interacción con el departamento de producción se establece también un formato de seguimiento.

Tabla 11. Cronograma de actividades diario departamento mantenimiento.<sup>82</sup>

ACTIVIDADES DIARIAS EQUIPO DE MTTO						
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO
08:10	Aseo taller	Aseo taller	Aseo taller	Aseo taller	Aseo taller	Aseo taller
08:15	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento	Calentamiento
08:25	lect bitac. mol, mod, mto	lect bitac. mol, mod, mto	lect bitac. mol, mod, mto	lect bitac. mol, mod, mto	lect bitac. mol, mod, mto	lect bitac. mol, mod, mto
08:35	Verif. Plan mto y prog act	Pend. De seguridad	Pend. De calidad	Pend. De logistica	Pend. De admon	Pend. De mto

ACTIVIDADES DIARIAS DE VERIFICACION Y CONTROL INGENIERO MTTO						
08:50	Control presupuesto	Control presupuesto	Control presupuesto	Control presupuesto	Control presupuesto	Control presupuesto
09:00	Verif. Cons. energéticos	Verif. Cons. energéticos	Verif. Cons. energéticos	Verif. Cons. energéticos	Verif. Cons. energéticos	Verif. Cons. energéticos
09:10	Estado Eq. críticos	Estado Eq. críticos	Estado Eq. críticos	Estado Eq. críticos	Estado Eq. críticos	Estado Eq. críticos
10:00	Validación info. SAP	Programación w P.P		Verificación aplicativos	Reunión Manufactura	

Tabla 12. Formato de recepción de turno.<sup>83</sup>

**Formato de seguimiento diario electromecánico de turno**

Días sin accidentes:  Fecha:  <sup>dd</sup>  <sup>mm</sup>  <sup>aa</sup>

Tiempo perdido:  Toneladas molidas:

Causas tiempo perd: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Solicitudes turno: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Act. Mto. Program: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Activid. ejecutadas: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Técnico de Mantenimiento

\_\_\_\_\_  
Reviso

<sup>82</sup> Cronograma de actividades diarias del área.

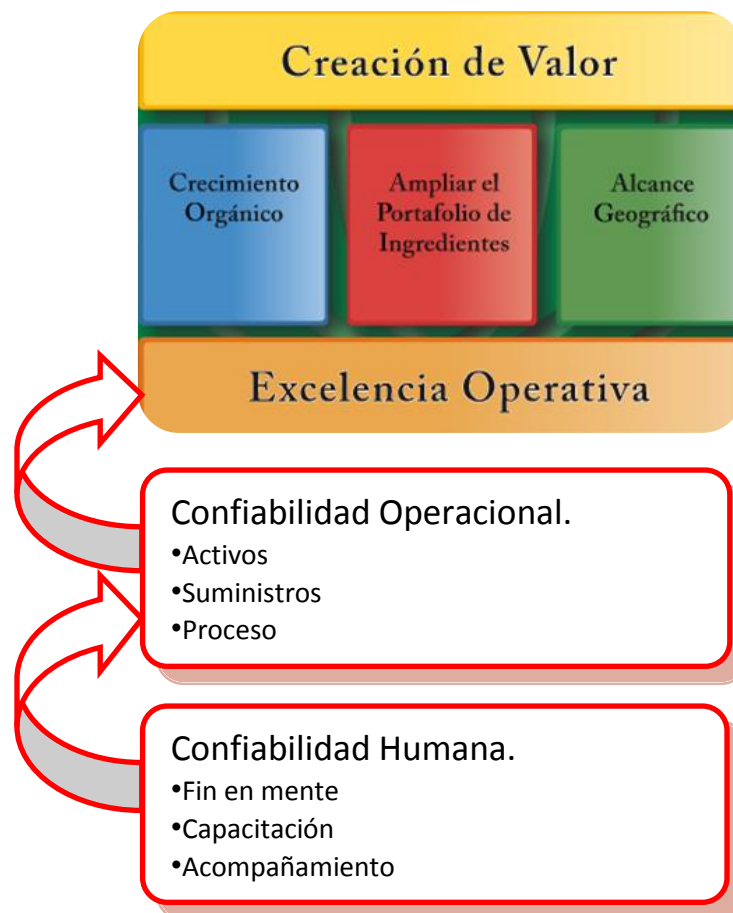
<sup>83</sup> Formato para entrega de turnos.

Se deben realizar evaluaciones de desempeño en doble vía en donde el facilitador evalué a sus colaboradores y estos a su vez lo evaluarán en cuatro aspectos.

- Habilidades para el trabajo en equipo.
- Hábitos de trabajo.
- Competencias de trabajo.
- Confianza en sus tareas.

Todo este proceso dará como resultado la alineación con la estrategia corporativa de la siguiente manera

Figura 38. Alineación con la estrategia corporativa.<sup>84</sup>



<sup>84</sup> Alineación del departamento de mantenimiento con la estrategia corporativa.

Para concluir cito a Mario Benedetti con algunas frases de su escrito

“LA GENTE QUE ME GUSTA”<sup>85</sup>

Me gusta la gente que vibra, que no hay que empujarla, que no hay que decirle que haga las cosas, sino que sabe lo que hay que hacer y lo hace.

Me gusta la gente con capacidad para medir las consecuencias de sus acciones, la gente que no deja las soluciones al azar.

Me gusta la gente que piensa que el trabajo en equipo produce más que los caóticos esfuerzos individuales.

Me gusta la gente sincera y franca, capaz de oponerse con argumentos razonables a las decisiones de cualquiera.

Me gusta la gente que al aceptar sus errores se esfuerza genuinamente por no volver a cometerlos.

Me gusta la gente fiel y persistente, que no desfallece cuando de alcanzar objetivos e ideas se trata.

La sensibilidad, el coraje, la solidaridad, la bondad, el respeto, la tranquilidad, los valores, la alegría, la humildad, la fe, la felicidad, el tacto, la confianza, la esperanza, el agradecimiento, la sabiduría, los sueños, el arrepentimiento y el amor para los demás y propio son cosas fundamentales para llamarse GENTE.

Con gente como esa, se compromete Mario Benedetti y se comprometen cada una de las personas que conforman los grupos de la cadena de valor del negocio por que como dice Jack Welch<sup>86</sup> “LAS ESTRATEGIAS NO SIRVEN DE NADA SI NO TIENES LAS PERSONAS ADECUADAS”.

---

<sup>85</sup> Mario Benedetti, Uruguay 2007, La gente que me gusta.

<sup>86</sup> Jack Welch, Ex Presidente de General Electric.

## 5. PROPUESTA DE RCM PARA EQUIPOS CRITICOS

Figura 39. Plan de trabajo esquemático RCM.<sup>87</sup>



Todo comienza con el **ser** conformado por mente y corazón. En capítulo anterior se enfatiza tanto en todos los aspectos a tener en cuenta en cuanto al tratamiento, manejo e identificación del talento humano; ya que sin lugar a dudas el éxito de cualquier compañía es la cultura que se logre despertar en la gente, el compromiso genuino por alcanzar desde cada puesto de trabajo su meta personal y hacer las cosas siempre de la mejor manera. La sumatoria sinérgica de cada uno de estos esfuerzos arrojará como resultado el éxito del negocio, no solo como sobreviviente sino como líder del mercado en el sector en el cual compita, se reitera el **éxito** solo se logra con el aporte efectivo de cada uno de los miembros de la corporación. Una vez en la mente y el corazón de los colaboradores la meta y el camino para lograrlo ningún reto será problema.

---

<sup>87</sup> Creada por el autor..

Figura 40. Cronograma de actividades RCM.<sup>88</sup>

FORMULACION DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGIA RCM PARA LOS EQUIPOS CRITICOS DE INDUSTRIAS DEL MAIZ S.A PLANTA BARRANQUILLA.	Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1 Ento. y capacitación a la dirección y personal operativo	■																											
2 Definición de equipos a evaluar		■																										
3 Establecer estándares y funciones de común acuerdo			■		■	■	■	■																				
4 Analizar modos y efectos de falla									■	■	■	■	■	■	■	■												
5 Realizar una valoración del riesgo													■	■	■	■	■	■	■	■								
6 Determinar tareas y frecuencias																	■	■	■	■	■	■	■	■				
7 Verificación del sistema																									■	■	■	■

**OBJETIVO GENERAL:**

Proponer un modelo de gestión de mantenimiento organizado y sostenible basado en la metodología RCM para los equipos críticos de Industrias Del Maíz planta Barranquilla y mejorar la eficiencia operacional.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Identificar plenamente las funciones de los equipos críticos necesarias para garantizar el proceso de manufactura.
- Establecer los modos y efectos de falla que contribuyen al incremento de la eficiencia operacional.
- Definir estrategias y tareas claras que eliminen o mitiguen las consecuencias de las fallas en términos de seguridad, calidad y medio ambiente.
- Proponer una metodología de trabajo en donde se tomen decisiones a partir del conocimiento con el que cuenta tanto el área de producción como la de mantenimiento.
- Impactar los resultados del negocio a partir de la toma de decisiones costo efectivas.

<sup>88</sup> Creada por el autor..

## 5.1 IDENTIFICACION DE EQUIPOS CRITICOS

Para la identificación de los equipos críticos la compañía adopto una metodología proveniente de TPM en donde se tiene en cuenta, como en la mayoría de las metodologías, el impacto en la seguridad, la calidad, el medio ambiente y la productividad. Los equipos se filtran a través de estas variables y se establece la categoría A, B ò C siendo A el equipo más crítico y C el que representa menor impacto.

Tabla 13. Método para selección de equipos ABC.<sup>89</sup>

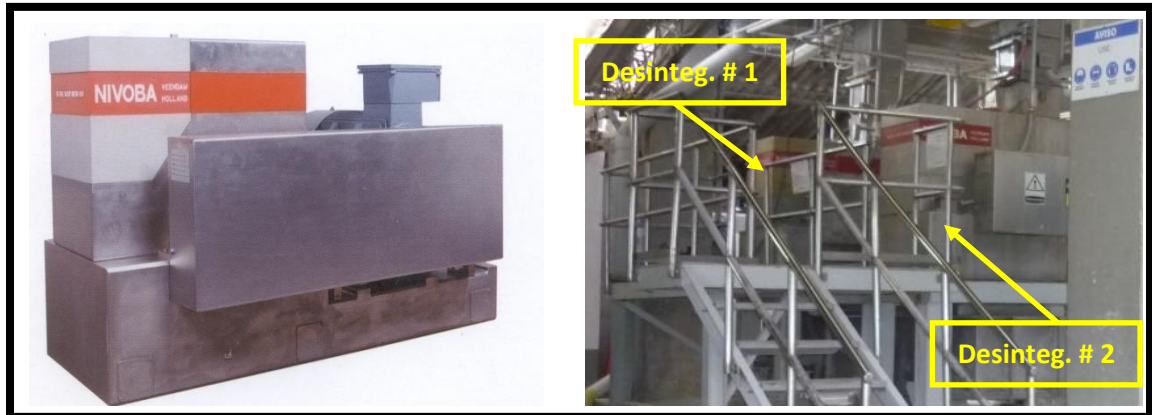
CRITERIO DE EVALUACION DE EQUIPOS POR CRITICIDAD													No Equipos						
PLANTA :		MANTENIMIENTO	SHE & LEGAL REGULATION				QUALITY & PERFORMANCE			OPERATION, DELIVERY & COST			PRODUCTION & MAINTENANCE (MTBF - MTR)			0			
Marque cada criterio con una "X".			Dependiendo de la Falla afecta la Fabrica y sus alrededores en términos de un Impacto Ambiental (Ruido, Emisiones, Vibraciones, Ph Residuos, Contaminación de Agua).				Dependiendo de la Falla afecta el área en términos de un Impacto Ambiental (Ruido, Emisiones, Ph, Residuos, Contaminación de Agua).			Una Falla puede ocasionar un Paro de Equipo Parcial o Total pero afecta la línea en el proceso.			Tiempos de Reparación > a 24H ó > 5,000US \$			0			
			Dependiendo de la Falla afecta la Fabrica y la comunidad en términos de Seguridad (Daño a Personas, Ruido, Temp, y Aire, Ergonom, etc).				Dependiendo de la Falla se Generan Productos Defectuosos que pueden afectar la Salud de las Personas (Haccp, Iso, Micro Organismos, Contaminación en agua, Cambios en las especificaciones del producto).			Una Falla puede ocasionar un Paro de Equipo Parcial o Total pero afecta la línea en el proceso.			Tiempos de Reparación < a 24H ó < 5,000US \$			0			
			Dependiendo de la Falla afecta el área en términos de Seguridad (Ruido, Temp, y Aire, Ergonom, Vaqueros y Gases, Ocos).				Dependiendo de la Falla se Generan Productos Defectuosos que pueden afectar la Salud de las Personas (Haccp, Iso, Micro Organismos, Contaminación en agua, Cambios en las especificaciones del producto).			Una Falla puede ocasionar un Paro de Equipo Parcial o Total pero afecta la línea en el proceso.			Tiempos de Reparación < a 1H ó < 1,000US \$			0			
Nº	CODIGO CPC	CODIGO SAP	DESCRIPCION EQUIPO PADRE	LEGAL		SEGURIDAD		CALIDAD		OPERACION			COSTO			PRODUCCION	MANTENIMIENTO	Nombre Componente Critico	CRITICIDAD (C)
				A++	A	A++	A	A++	A	A	B	C	A	B	C				
1	00884007	1000099	DESINTEGRADOR NEVOBA # 1		X	X				X						X	X	ROTOR	A++
2	00884008	1000100	DESINTEGRADOR NEVOBA # 2		X	X				X						X	X	ROTOR	A++
3	00824001	1003083	CENTRIFUGA TX 310			X			X	X				X		X	X	TRANSMISION	A++
4	00824002	1003084	CENTRIFUGA GL			X			X	X					X		X	CAMARITA	A++
6	170824012	1000012	CENTRIFUGA DE ANTER	X		X			X	X					X		X	SUPER INTERR	A++
5	20824003	1003087	CENTRIFUGA REINVELD		X	X			X	X					X	X		CAMARITA	A++
7	20144001	1003084	VENTILADOR SEBADO ALMIDON #2			X			X	X					X		X	ROTOR	A++
8																			
9																			
10																			

De esta grafica podemos concluir que en general los equipos presentan un grado de confiabilidad aceptable, pero su impacto potencial al momento de presentarse una falla es muy alto, en términos de seguridad, financieros y de productividad ya que una falla en cualquiera de los equipos evaluados podría llegar a ser catastrófica, el costo de una reparación podría exceder los US 30.000 y el tiempo que a afectaría a toda la cadena productiva podría llegar a sobrepasar la 48 horas de labor.

<sup>89</sup> Método para selección de equipos ABC adoptado de la metodología TPM.

## 5.1. DESCRIPCION DE EQUIPOS CRITICOS

Figura 41. Desintegrador Nivoba.<sup>90</sup>



**Nombre:** Desintegrador Nivoba RU 80 – 300

**Capacidad:** 16.000 Kg/hr.

**Potencia:** 110 Kw

**RPM:** 2300.

**Peso:** 3500 Kg.

**Material:** Acero inoxidable martencitico.

**Dimensiones:** Altura: 1250 mm, ancho: 1000 mm, largo: 2500 mm.

**Producto:** Yuca, mandioca ò cassava.

**Repuestos:** El 80% son importados de Holanda, el resto es de consecución nacional.

**Elementos característicos:** Posee 128 cuchillas, fabricadas en lamina flejada, con un paso de 21dientes/pulgada.

**Equipo stand-by:** Se cuenta con dos desintegradores, pero en caso de falla mientras se realiza el cambio de cuchillas para restablecer la función del equipo, la línea de producción se detiene por dos horas diariamente.

---

<sup>90</sup> Desintegrador Nivoba No. 1 y 2.

Figura 4. Centrifuga TX 310.<sup>91</sup>



**Nombre:** Centrifuga TX 310 – 34H

**Capacidad:** 120 gpm.

**Potencia:** 37 Kw

**RPM:** 5400.

**Peso:** 2500 Kg.

**Material:** Bowl en acero inoxidable304 y carcasa en fundición

**Dimensiones:** Altura: 1845 mm, ancho: 800 mm, largo: 1450 mm.

**Producto:** Almidón slurry (lechada de almidón).

**Repuestos:** El 90% son importados de Bélgica.

**Elementos característicos:** Posee 73 platos y 8 boquillas con una apertura de 1.8 mm de diámetro.

**Equipo stand-by:** No cuenta con equipo de respaldo y en caso de presentarse una anomalía se podría hacer una reconfiguración de tuberías los cual terminaría en defectos de calidad para el producto y tener instalaciones fuera de estándar con esto se abriría la puerta a nuevas fallas.

---

<sup>91</sup> Centrifuga TX 310.

Figura 43. Centrifuga Reineveld<sup>92</sup>



**Nombre:** Centrifuga Reineveld HVC 1400

**Capacidad:** 7000 Kg/hr.

**Potencia:** 75 H.P

**RPM:** 1400.

**Peso:** 4500 Kg.

**Material:** Canasta en acero inoxidable 304 y carcasa en fundición

**Dimensiones:** Altura: 3000 mm, ancho: 1890 mm, largo: 1710 mm.

**Producto:** Almidón slurry (lechada de almidón).

**Repuestos:** El 90% son importados de U.S.A.

**Elementos característicos:** La canasta tiene 1800 agujeros, tiene como equipos alternos, bomba hidráulica, un acople hidráulico y un sinfín de descarga.

**Equipo stand-by:** No cuenta con equipo de respaldo y en caso de presentarse una anomalía se podría, se detendría todo el proceso productivo ya que todo el almidón producido en la planta pasa

---

<sup>92</sup> Centrifuga Reineveld .

a través de esta máquina para ser deshidratado mecánicamente por fuerza centrífuga.

Figura 4. Centrifuga Decanter.<sup>93</sup>



**Nombre:** Centrifuga Decanter NX 418B

**Capacidad:** 120 gpm.

**Potencia:** Motor criba 60 H.P, motor sinfín 15 H.P

**RPM:** 4000.

**Peso:** 1700 Kg.

**Material:** Canasta y sinfín acero inoxidable 304.

**Dimensiones:** Altura: 1680 mm, ancho: 1930 mm, largo: 1840 mm.

**Producto:** Fibra húmeda ingresa con una humedad de 82% y sale con 75%.

**Repuestos:** El 70% son importados de Bélgica y el 30% son de consecución nacional.

**Elementos característicos:** El equipo cuenta con un sinfín y una criba los cuales tienen una velocidad diferencial de 53 RPM y el tornillo sinfín tiene un recubrimiento en carburo de tungsteno en la parte perimetral de la cinta.

**Equipo stand-by:** No cuenta con equipo de respaldo y en caso de presentarse

---

<sup>93</sup> Centrifuga Decanter.

una falla, todo el proceso productivo se detendría ya que por esta centrifuga pasa toda la fibra generada a partir de la molienda.

### **5.1.1 Funciones**

#### **Desintegrador Nivoba RU 80 – 300**

Función primaria: Desintegrar yuca a una rata de 120 TPD (toneladas por día).

Funciones secundarias:

- Garantizar un proceso productivo en línea 24 horas 30 días al mes.
- Mantener un corte constante durante 24 horas de operación.
- Conservar un corte uniforme en la entrada de producto.
- No generar fibra fina en el producto final.
- Garantizar que no se generen laceraciones durante el cambio de elementos.
- Permitir que se genere limpieza al equipo sin riesgos.
- Entregar al proceso un producto con una granulometría específica.
- Mantener el consumo energético en un promedio de 45 amperios.
- No permitir que la tapa superior se retire mientras el rotor está girando.
- No permitir que la tapa superior se retire mientras el rotor está girando.
- No generar daños estructurales cuando la vibración exceda 0.4 plg/seg.
- Mantener los decibeles permitidos en esa zona de la planta.

- Evitar que se desprendan elementos del rotor durante su operación.
- Permitir limpieza interna en caso de corte de energía.

### **Centrifuga TX 310 – 34H**

Función primaria: Concentrar el almidón de 5 a 9 Be<sup>0</sup>.

Funciones secundarias:

- Eliminar la mancha y la fibra fina del almidón.
- Garantizar un proceso continuo.
- Mantener una distribución de producto uniforme al interior del bowl.
- Mantener aislado el producto del carter de rodamientos.
- Conservar un rango de vibración entre 0.3 y 0.5 plg/seg.
- Mantener las revoluciones en un rango entre 5350 y 5400 RPM.
- Evitar mezclas entre el under y el over de la maquina.
- Garantizar la integridad de las personas al momento de retirar la tapa superior.
- Garantizar un proceso productivo en línea 24 horas 30 días al mes.
- Evitar un deterioro forzado de los elementos mecánicos de la caja de transmisión
- Garantizar un proceso productivo en línea 24 horas 30 días al mes.
- Facilitar .el desmonte de los elementos de separación del producto.
- Conservar mecanismos de ayuda para el desmonte de elementos en caso de falla (rieles, carros diferenciales.)

- .Permitir la separación y concentración adecuada del producto.

### **Centrifuga Reineveld HVC 1400**

Función primaria: Deshidratar 4000 kilogramos de almidón por hora con una humedad del 24%.

Funciones secundarias:

- Contribuir a la eficiencia del sistema de secado térmico.
- Mantener la integridad física del edificio y las personas en las condiciones iniciales.
- Permitir detener la marcha de manera súbita en caso de que el panelista (operador de la centrifuga y responsable por toda la operación de la planta a través de las pantallas de un I/A en el panel de molienda). Detecte alguna anomalía.
- Activar mecanismos para inhabilitar la transmisión de potencia debido a posibles restricciones mecánicas.
- No permitir el ingreso de alguna parte del cuerpo al interior de la maquina antes de detenerse completamente.
- Evitar que el raspador de almidón pueda llegar a tener contacto con la tela.
- Conservar la calidad del almidón libre de elementos metálicos.
- Permitir la mínima cantidad de filtrados al momento de realizar un ciclo de llenado.

- Mantener una distribución uniforme en la entrada de producto.
- Conservar las revoluciones necesarias para una adecuada separación (1040).
- Establecer una sintonía entre la humedad del secado y el almidón deshidratado.

### **Centrifuga Decanter NX 418B**

Función primaria: Deshidratar la fibra de yuca de 82 a 67% de humedad a una rata de 30GPM.

Funciones secundaria:

- Mantener un rango de vibración entre 0.4 y 0.6 plg/seg.
- No exceder los decibeles permitidos que pueden generar inconvenientes con la comunidad.
- Contribuir a la eficiencia del secador de fibra, secando por fuerza centrifuga la fibra y no empleando gas en bajar el porcentaje de humedad (relación entre secar mecánicamente y térmicamente la relación actual es de 1:4).
- Mantener la velocidad diferencial en 53 RPM.
- Evitar llegar a punto de resonancia entre los dos elementos rotativos.
- Generar un aislamiento del mecanismo del sinfín al momento presentarse sobrecarga en la maquina.
- Conservar la mínima cantidad de sólidos en los filtrados, producto de la deshidratación.
- Contener el producto en la descarga 1 la fibra y en la descarga 2 los filtrados.
- Conservar el mismo esquema estético respecto al resto de los equipos de planta.

- Mantener una capa perimetral en la criba máximo de 1 mm.
- Evitar la mezcla de entre la descarga de la fibra y la descarga de los filtrados.

### 5.1.2 Modos y efectos de falla

Se realiza en una matriz de manera integra para cuatro equipos críticos del a planta la metodología RCM, descrita a continuación:

Tabla 14. Identificación de modos y efectos de falla equipos críticos.<sup>94</sup>

Equipo	Función	Cód.. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
	Desintegrar yuca a una rata de 120	1	El eq no muele el producto	1.1	El equipo expulza una cuchilla en funcionamiento	Posible riesgo de lesion a un colaborador
DESINTEGRADOR NIVOPA # 1 y # 2				1.2	Microfisuras en el rotor	Paro 20' debido a equipo en stand-by y mayor costo por \$ 980.000
				1.3	Cuchillas desgastadas por cumplimiento ciclo w	
				1.4	Deterioro de las cuchillas por objetos extraños	
				1.8	Transmision presenta desalineación	
				1.9	Desajuste entre ejes y poleas	Aumento del amperaje y posible disparo
				1.12	Malla con un porcentaje de apertura menor	
				1.13	Ausencia de agua en el equipo	
				1.14	Barredores no evacuan producto	
				1.15	Superficie del bloque de raspado no uniforme	
				1.16	Pase de producto o quimico a los rodamientos.	Rodamietos con 6 G para cambio
			1.17	Falta de lubricante en los rodamientos.		

<sup>94</sup> Creada por el autor

CENTRIFUGA TX 310	Concentrar alm de 5 a 9 Beº.	2	La centrifuga no concentra	2.1	Vibracion por alto baume en el almidon	Eq fuera de linea por exceder 1.5 plg/seg
				2.2	Boquillas tapadas con sedimentos	
				2.3	Obstruccion entre platos internos	
				2.4	Alimentacion del slurry insuficiente	Mala calidad del producto final
				2.5	Perdida de velocidad en el bolw por zapatas desgastad	
				2.6	Contaminacion del carter de rodamientos	Deterioro acelerado de elementos de la trans
				2.7	Falta de lubricante en el carter de rodamientos	
				2.8	Sobrepresion en la alimentacion del agua	
				2.9	Temperatura excesiva en el carter de rodamientos.	
				2.10	Presencia de corrosion en la estructura de la maquina	Compromiso de la integridad estructural

CENTRIFUGA TX 310	Concentrar alm de 5 a 9 Beº.	2	La centrifuga no concentra	2.1	Vibracion por alto baume en el almidon	Eq fuera de linea por exceder 1.5 plg/seg
				2.2	Boquillas tapadas con sedimentos	
				2.3	Obstruccion entre platos internos	
				2.4	Alimentacion del slurry insuficiente	Mala calidad del producto final
				2.5	Perdida de velocidad en el bolw por zapatas desgastad	
				2.6	Contaminacion del carter de rodamientos	Deterioro acelerado de elementos de la trans
				2.7	Falta de lubricante en el carter de rodamientos	
				2.8	Sobrepresion en la alimentacion del agua	
				2.9	Temperatura excesiva en el carter de rodamientos.	
				2.10	Presencia de corrosion en la estructura de la maquina	Compromiso de la integridad estructural

CENTRIFUGA REINEVELD	Deshidratar 4000 kg/h de almidon con humead 24%.	4	La maquina no deshidrata	4.1	Alta vibraion por daño en medio filtrante	Paro de la maquina afectando la productividad de la fabrica.
				4.2	Alta vibracion por exceso o ausencia de producto	
				4.3	Vibracion elevada por cuchillas desgastadas	
				4.4	Vibracion por falla en los rodamientos.	
				4.5	Aumento de corriente por freno activado	
				4.6	Vertmento de aceite por fuga de aceite	
				4.7	Microfisuras en la canasta	Posible riego de lesion a un

### 5.1.3 Valoración del riesgo

En el capítulo 2.2.6 Valoración del riesgo se mostro cual era la metodología adoptada por la compañía para la valoración del riesgo de sus activos a continuación se muestra la aplicación llevada a la práctica:

Tabla 15. Valoración del riesgo parra equipos críticos.<sup>95</sup>

Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos	FALLA OCULT	S	O	D	MATRIX DE	TIPO DE DECISIÓN
1.1	El equipo expulza una cuchilla en funcionamiento	Posible riesgo de lesion a un colaborador	NO	4	0,5	3	6	TBM
1.2	Microfisuras en el rotor		SI	4	0,75	5	15	CBM
1.3	Cuchillas desgastadas por cumplimiento ciclo w	Paro 20' debido a equipo en stand-by y mayor costo por \$ 980.000	NO	2	1	1	2	FM
1.4	Deterioro de las cuchillas por objetos extraños		NO	3	0,5	3	4,5	TBM
1.8	Transmision presenta desalineación		SI	3	1	5	15	CBM
1.9	Desajuste entre ejes y poleas		SI	4	0,5	3	6	TBM
1.12	Malla con un porcentaje de apertura menor		NO	3	0,75	3	6,75	TBM
1.13	Ausencia de agua en el equipo	Aumento del amperaje y posible disparo	NO	3	0,75	3	6,75	TBM
1.14	Barredores no evacuan producto		NO	2	0,25	2	1	FM
1.15	Superficie del bloque de raspado no uniforme		NO	2	0,25	2	1	FM
1.16	Pase de producto o quimico a los rodamientos.	Rodamietos con 6 G para cambio	SI	3	0,75	5	11,25	CBM
1.17	Falta de lubricante en los rodamientos.		SI	3	0,75	5	11,25	CBM

<sup>95</sup>. Valoración del riesgo parra equipos críticos Industrias Del Maíz

2.1	Vibracion por alto baume en el almidon	Eq fuera de linea por exceder 1.5 plg/seg	NO	2	0,75	3	4,5	TBM
2.2	Boquillas tapadas con sedimentos		SI	2	0,5	3	3	FM
2.3	Obstruccion entre platos internos		NO	3	0,75	3	6,75	TBM
2.4	Alimentacion del slurry insuficiente	Mala calidad del producto final	NO	3	0,75	3	6,75	TBM
2.5	Perdida de velocidad en el bolw por zapatas desgastad		SI	2	0,75	3	4,5	TBM
2.6	Contaminacion del carter de rodamientos	Deterioro acelerado de elementos de la trans	SI	4	0,75	4	12	CBM
2.7	Falta de lubricante en el carter de rodamientos		NO	3	0,75	3	6,75	TBM
2.8	Sobrepresion en la alimentacion del agua		SI	4	0,75	2	6	TBM
2.9	Temperatura excesiva en el carter de rodamientos.		SI	3	0,75	3	6,75	TBM
2.10	Presencia de corrosion en la estructura de la maquina	Compromiso de la integridad estructural	NO	3	1	2	6	TBM

3.1	Giros del sinfiin o la criba invertidos	Descarga de fibra por los filtrados del equip	NO	2	0,25	2	1	FM
3.2	Falta de ajuste entre sinfín y criba	Humedad del prod fuera especificacion	NO	3	0,25	2	1,5	FM
3.3	Resonancia entre la criba y el sinfín	Ruido excesivo en planta y alrrededores	NO	3	0,75	3	6,75	TBM
3.4	Reprocesos con fibra muy seca	Disparo del equipo por atascamiento	NO	3	0,75	3	6,75	TBM
3.5	Ruido anormal por daño rodamientos internos	Compromiso de la integridad estructural	SI	4	0,75	4	12	CBM

4.1	Alta vibraion por daño en medio filtrante	Paro de la maquina afectando la productividad de la fabrica.	SI	3	0,75	2	4,5	TBM
4.2	Alta vibracion por exceso o ausencia de producto		SI	2	0,75	3	4,5	TBM
4.3	Vibracion elevada por cuchillas desgastadas		SI	3	0,5	3	4,5	TBM
4.4	Vibracion por falla en los rodamientos.		SI	4	1	3	12	CBM
4.5	Aumento de corriente por freno activado		SI	3	0,5	3	4,5	TBM
4.6	Vertmento de aceite por fuga de aceite		SI	3	0,5	2	3	TBM
4.7	Microfisuras en la canasta	Posible riesgo de lesion a un	NO	4	0,75		0	CBM

### 5.1.4 Tareas y frecuencia

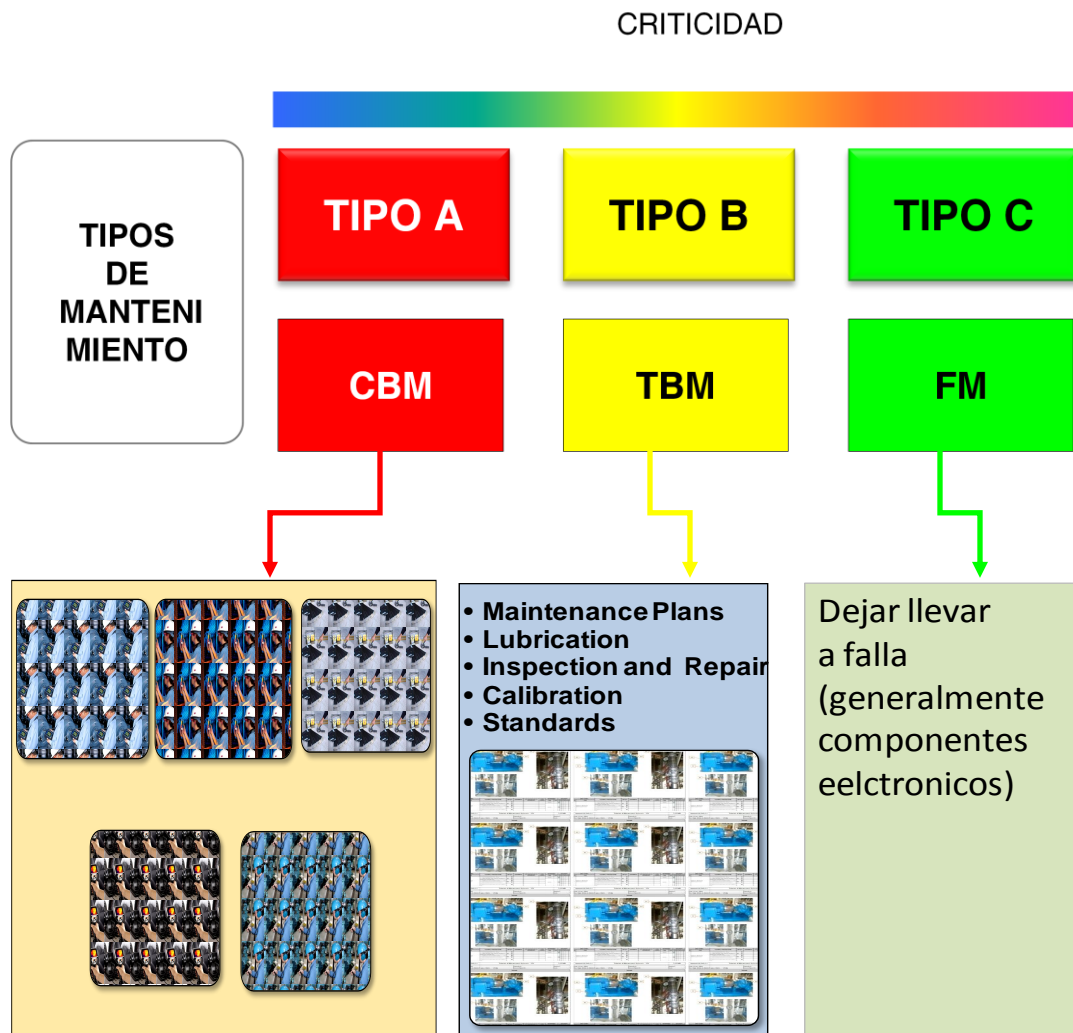
Dependiendo del tipo de tarea se tienen tres categorías

CBM: Consiste en realizar el monitoreo de los equipos con técnicas predictivas

TBM: Inspecciones basadas en tiempo.

FM: Dejar llegar a la falla.

Figura 45. Técnicas de mantenimiento según categoría.<sup>96</sup>



<sup>96</sup> Técnicas de mantenimiento según CBM y TBM.

Tabla 17. Tareas asignadas según tipo de mantenimiento.<sup>97</sup>

TBM	Verificar instalacion cuchillas	30	Personal entrenado
CBM	Particulas magneticas	360	Personal especializad
FM	Cambio de cuchillas	N.A	Juego de cuchillas
TBM	Refuerzo operario banda inspección	15	Operario adicional
CBM	Alinear con laser	180	Alineador laser
TBM	Verificacion de ajustes	180	Calibrador
TBM	Instalar mallas estandarizadas	1	Mallas es stock
TBM	Verificacion entrada de agua dede el panel	1	Controles operando
FM	Cambio de barredores (el desgaste depende del produc)	N.A	Barredores en stock
FM	Cambio posicion bloque (el desgaste depende del produc)	N.A	Control caras trabajadas
CBM	Analisis de vibraciones	10	Especialistas en vibracion
CBM	Progama de Lubricación Efectiva (PLE).	10	Especialistas en lubricación

<sup>97</sup>. Valoración del riesgo parra equipos críticos Industrias Del Maíz

TBM	Verificacion hora a hora de baume en planta	1	Tecnico campo 1
FM	Control de todo el proceso	N.A	Tecnico campo 1
TBM	Programacion periodica de limpieza interna	10	Desarme con htas propias
TBM	Verificacion instrumentacion de campo	90	Instrumentista y cal proces
TBM	Verificacion periodica cambio desgaste de zapatas	90	Zapatas en stock
CBM	Analisis de vibraciones	10	Especialistas en vibracion
TBM	Progama de Lubricaciòn Efectiva (PLE).	10	Especialistas en lubricaciòn
TBM	Gestion visual manometro en linea de alimentacion de agua	1	Tecnicos y operarios
TBM	Verificacion diaria de temperatura carter rodos	1	Sensor infrarojo
TBM	Programa contro corrosion	365	Partida presupuestal

FM	Divulgar a todo el personal si se va realizar un cambio en eq	N.A	Cheques Campo 1
FM	Recubrimiento carburo de tugstena dependiendo desgas	N.A	Proveeror especializado
TBM	Limpieza interna programada y verf: repificacion canda	90	Tecnicos y operarios
TBM	No generar reproceso	1	Balance de proceso
CBM	Analisis de vibraciones	10	Especialistas en vibracion

TBM	Cambio periodico de lona	30	Tecnico campo 1
TBM	Verificacion e instrumentacion en campo	1	Tecnico campo 2
TBM	Rutina de cambio de cuchilla	10	Tecnico de mtto
CBM	Analisis de vibraciones y PLE	10	A Montpaya
TBM	Mtto general sist. Hidraulico	365	Personal tecnico
TBM			Personal tecnico
CBM	Equipo roterremos,5	360	mantetimiento

## **6. VERIFICACION**

### **6.1 MODELO DINAMICO**

Toda esta información esta información constituye una herramienta valiosa para el desarrollo del departamento pero como la mayoría de las cosas en la vida requiera mantenimiento, seguimiento y actualizaciones.

Deben existir mecanismos que garanticen la constante actualización de la información para que la herramienta siga siendo igual de valiosa, efectiva y se mantenga vigente.

Para esto se propone tener un plan de reentrenamiento con el personal conforma el área de mantenimiento, ya que se piensa que es suficiente el dictar cierto tipo de capacitaciones técnicas, pero la propuesta abarca reentrenar en los conceptos básicos de área ya que muchas veces los cambios realizados se quedan en la cabeza de ciertos lideres y en algunos casos a los colaboradores más cercanos. La propuesta es que el reentrenamiento abarque todos los temas concernientes al área pero con una profundidad de un metro.

El almacén de repuestos es un aliado clave en todo este proseo este deberá tener un plan de verificación semestral en donde se evalué la rotación de ciertos elementos y su necesidad en la compañía. Esta área debe ser un activo participante en la reuniones de divulgaciones proyectos y permit nuevos ya que si bien el departamento de mantenimiento es quien solicita los suministros siempre es bienvenido una ayuda mas.

Debe existir entre el departamento de ingeniería y mantenimiento una comunicación constante y en doble vía en donde a través de la gestión temprana quede registro de información que requiere ser creada y actualizada.

## 7. CONCLUSIONES

- Se crea un modelo de gestión a la luz de la información actualizada con la que se cuenta en la compañía, en donde se muestran con datos y hechos las oportunidades de mejora que apuntan directamente al aumento confiabilidad y por ende al aumento de la eficiencia operacional.
- Se realiza en conjunto con el departamento de producción la identificación de las funciones esperadas y requeridas de los equipos críticos de la compañía, se aclaran las expectativas en cuanto a las funciones requeridas y esperadas y cuál es la capacidad con la que cuenta el departamento para mantener el estándar de estas funciones, se deja registro escrito y se realiza divulgación al resto de las aéreas involucradas.
- Producto de esto proceso se logran identificar claramente los modos y efectos de falla que afectan la función principal del equipo, realizando un análisis de la manera en la que fallan los equipos y la consecuencia que generan estas fallas.
- Creación de una propuesta clara la en donde las acciones propuestas apuntan directamente a la mitigación y/o eliminación de las consecuencias y las causas que generan las fallas.
- Establecimiento de relaciones gana – gana con el departamento de producción al estar involucradas de manera equitativa y participativa en las reuniones realizadas para generar la propuesta de la metodología de gestión basada en RCM.
- Pensamiento estratégico centrado en los resultados de negocio planteamiento de un foco claro que apunte en ultimas a mejorar la competitividad y rentabilidad del negocio.

## BIBLIOGRAFIA

MOUBRAY, John. Reliability Centered Maintenance. Inglaterra 2008 pg 51-60.

DUFFUA, Salih O. RAOFUD A. DIXON Campbel Jhon. Sistema de mantenimiento planeación y control, México Limusa Wiley 2006. 419p.

SAE JA1012, Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Society of Automotive Engineers, 1999 30p.

XII Congreso Internacional de Mantenimiento. Proyectos y operaciones socios claves en la gestión de mantenimiento. Martínez Pablo. Marzo 2010.

ORTIZ PLATA, Jaime. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM. (CD\_ROM). Barranquilla, 2012 Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

COVEY, Sthepen R. *Los 7 hábitos de la gente altamente efectiva*. Paidós Plural.

TAMAYO, Carlos. Gerencia de Mantenimiento RCM. (CD\_ROM). Barranquilla, 2012 Posgrado Gerencia de Mantenimiento. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

HERANDEZ, Carlos. Modelo de mantenimiento para la U-2950 de la refinería de Barrancabermeja, utilizado metodología RCM. Trabajo de grado Especialista en Gerencia de Mantenimiento. Bucaramanga. Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica.

## **CIBERGRAFIA**

[www.industriasdelmaiz.com/historia.html](http://www.industriasdelmaiz.com/historia.html)

[www.energiaempresarial.com.co](http://www.energiaempresarial.com.co)

[www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1567263](http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1567263)