

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
(RCM) PARA UNA LÍNEA DE ENVASADO DE HIPOCLORITO DE SODIO**

**JUAN CARLOS NOGUERA GALEANO**

**JOHN SEBASTIAN GARZON QUIMBAY**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESPECIALIZACION GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2017**

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
(RCM) PARA UNA LÍNEA DE ENVASADO DE HIPOCLORITO DE SODIO**

**JUAN CARLOS NOGUERA GALEANO  
JOHN SEBASTIAN GARZON QUIMBAY**

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

**Director. Jhon Hearvy Gonzales  
Titulo. Especialista en Gerencia de Proyectos**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAICAS  
ESPECIALIZACION GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2017**

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	13
1. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO .....	14
2. OBJETIVOS .....	15
2.1 Objetivos generales.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3. MARCO TEORICO (ESTADO DEL ARTE).....	16
4. CARACTERISTICAS, CONDICIONES Y SELECCIÓN DE FRONTERAS.....	20
5. JERARQUÍA EQUIPOS BAJO NORMA 14224 .....	21
6. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS.....	22
7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EQUIPOS .....	24
7.1 Matriz De Criticidad Prioridad de riesgo cualitativa .....	25
7.2 Envasadora Rotativa BX500ml.....	29
7.3 Silo Botellas .....	29
7.4 Tanque Almacenamiento 1 .....	29
7.5 Tanque Almacenamiento 2 .....	30
7.6 Bomba centrífuga 1 .....	30
7.7 Bomba centrífuga 2 .....	30
7.8 Banda transportadora .....	31
7.9 Posimat.....	31
8. DETERMINACIÓN DE CONTEXTO Y ESTANDARES DE OPERACIÓN.....	33
9. ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA.....	34
10. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE RIESGO.....	43
10.1 Riesgo Seguridad personal.....	43
10.2 Consecuencias Ambientales.....	43
10.3 Consecuencias Económicas para la compañía.....	44
10.4 Consecuencias en la Imagen corporativa.....	44
11. MODELO DIAGRAMA DE DECISIONES RCM.....	45
12. TAREAS DE MANTENIMIENTO.....	54

12.1 Inspecciones Línea de envasado Hipoclorito de sodio BX500ml .....	54
12.2 Inspecciones equipo Posimat .....	55
12.3 Inspección equipos de bombeo.....	56
12.4 Inspecciones tanques Almacenamiento .....	57
12.5 Inspecciones Banda Transportadora.....	58
12.6 Predictivo equipos Bombeo .....	59
13. INDICADORES DE MANTENIMIENTO .....	60
13.1 Costos de Mantenimiento.....	61
13.2 Porcentaje de ejecución mantenimientos preventivos.....	62
13.3 Tiempo medio entre fallas .....	63
13.4 Tiempo medio de reparación .....	64
13.5 Número de Averías .....	65
14. CONCLUSIONES.....	66
BIBLIOGRAFIA .....	67

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propuesta codificación equipos .....	23
Tabla 2. Codificación equipos línea producción hipoclorito .....	23
Tabla 3. Matriz de criticidad Prioridad de riesgo.....	25
Tabla 4. Envasadora Rotativa .....	29
Tabla 5. Silo de botellas .....	29
Tabla 6. Tanque de almacenamiento 1 .....	29
Tabla 7. Tanque de almacenamiento 2.....	30
Tabla 8. Bomba centrífuga 1 .....	30
Tabla 9. Bomba centrífuga 2 .....	30
Tabla 10. Banda transportadora.....	31
Tabla 11. Posimat .....	31
Tabla 12. Criticidad equipos línea de producción hipoclorito .....	32
Tabla 13. Formato AMEF .....	34
Tabla 14. AMEF envasadora rotativa .....	35
Tabla 15. AMEF Posimat .....	36
Tabla 16. AMEF bomba centrífuga Bomba R30-P01 .....	37
Tabla 17. AMEF bomba centrífuga R30-P02.....	38
Tabla 18. AMEF Tanque almacenamiento R30-TK1 .....	39
Tabla 19. AMEF tanque de almacenamiento R30-TK02 .....	40
Tabla 20. AMEF banda transportara R30-P01 .....	41
Tabla 21. Hoja análisis de efectos y criticidad.....	42
Tabla 22. Análisis de efectos y criticidad envasadora rotativa .....	46
Tabla 23. Análisis de efectos y criticidad Posimat.....	47

Tabla 24. Análisis de efectos y criticidad bomba centrífuga R30-PO1 – R30-PO2	48
Tabla 25. Análisis de efectos y criticidad bomba centrífuga R30-PO2 .....	49
Tabla 26. Análisis de efectos y criticidad tanque almacenamiento R30-PO1.....	50
Tabla 27. Análisis de efectos y criticidad tanque almacenamiento R30-PO2.....	51
Tabla 28. Análisis de efectos y criticidad bomba transportadora R30-BD01 .....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plano funcional línea de envasado .....	20
Figura 2. Estructura Jerárquica ISO 14224 .....	21
Figura 3. Estructura Jerárquica línea de envasado hipoclorito.....	22
Figura 4. Diagrama de decisiones RCM.....	45

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD (RCM) PARA UNA LÍNEA DE ENVASADO DE HIPOCLORITO DE SODIO.

**AUTORES:** JOHN SEBASTIAN GARZON, JUAN CARLOS NOGUERA<sup>1</sup>

**PALABRAS CLAVE:** Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), envasado Hipoclorito de Sodio, análisis de criticidad, indicadores de mantenimiento.

### DESCRIPCCION:

En la actualidad el mantenimiento tiene un gran impacto sobre los objetivos globales de las empresas, a su vez es necesario que este genere valor con el fin de asegurar la competitividad de la industria en el mercado, esto a través de la optimización de recursos, esfuerzos, acciones y decisiones que permita tener productos más competitivos y que a su vez satisfagan las necesidades de los clientes.

A lo largo de la historia el mantenimiento ha venido evolucionando de una forma dinámica en cuanto a metodologías, tecnologías e impacto en las organizaciones. Actualmente existen un gran número de metodologías, conceptos y técnicas de mantenimiento que se han vuelto casi que necesarias y obligatorias para que las empresas logren optimizar de manera adecuada y estructurada los recursos asociados al mantenimiento y gestión de los activos y que a su vez les permita mantenerse en el mercado y ser cada vez más competitivas.

Sin embargo, para que la implementación de las metodologías de mantenimiento como TPM, RCM, PMO, etc., es necesario estructurar un programa que sea aprobado y apoyado por la alta gerencia con la cual se determinen los objetivos, tiempos y recursos asociados a la implementación. Además de esto la inclusión y participación de todos los niveles jerárquicos de compañía relacionados con la gestión del mantenimiento y de los activos cumple un papel de gran importancia para el éxito del mismo.

La implementación de la metodología RCM en la línea de envasado de hipoclorito de sodio se da como la mejor opción para lograr los objetivos corporativos de maximizar la confiabilidad, optimizar los planes de mantenimiento y recursos asociados a la gestión y operación del proceso.

---

<sup>1</sup> Trabajo de grado. Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director Jhon Hearvy Gonzales, Especialista en Gerencia de Proyectos

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF A RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE PLAN (RCM) FOR A PACKAGING LINE OF SODIUM HYPOCHLORITE.

**AUTHORS:** JOHN SEBASTIAN GARZON, JUAN CARLOS NOGUERA<sup>2</sup>

**KEYWORDS:** RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM), SODIUM HYPOCHLORITE PACKAGING, CRITICALITY ANALYSIS, MAINTENANCE INDICATORS

### DESCRIPTION:

At present the maintenance has a great impact on the global objectives on the companies, in turn it is necessary that this generate value in order to ensure the competitive on the industry and in the market, it is through the resources optimization, efforts, actions and decisions allow to have more competitive products and in turn satisfy the client's need.

Throughout history maintenance has been evolving in a dynamic way in terms of methodologies, technologies and organizations impact. At present there are a large number of methodologies, concepts and maintenance techniques that they have become almost necessary and required for companies to optimize adequately and structured the resources associated with the maintenance and management of assets and which in turn allows them stay in the market and be more and more competitive.

However, for the implementation of maintenance methodologies such as TPM, RCM, PMO, etc., it is necessary to structure a program that is approved and supported by senior management with the objectives, times and resources associated with the implementation are determined. In addition to this, the inclusion and participation of all hierarchical levels of company related to maintenance management and assets plays a role of great importance for the success of the same.

The implementation of the RCM methodology in the sodium hypochlorite packaging line is the best option to achieve the corporate goals of maximizing reliability, optimizing maintenance plans and resources associated with the management and operation of the process.

---

<sup>2</sup> Bachelor Thesis. Physical-Mechanical Engineering Faculty. Maintenance Management Specialization.  
Director Jhon Heavry Gonzales, Project Management Specialist

## INTRODUCCIÓN

La aceleración en tecnologías y la globalización mundial ha hecho que las empresas poco a poco tengan que realizar cambios y reestructuraciones en sus procesos internos, que permitan minimizar el impacto de las variaciones del mercado a través de la optimización de recursos, esfuerzos, acciones y decisiones sin afectar la calidad de los productos, la rentabilidad, y la imagen corporativa.

De esta manera las empresas cada vez dedican más esfuerzos y recursos en maximizar la confiabilidad operacional de sus activos, a través de estrategias que permitan tener cada vez más procesos confiables, personal confiable y equipos de alta confiabilidad.

Por esta razón áreas como mantenimiento han tenido que iniciar con el diseño y estructuración de estrategias que apalanquen los objetivos organizacionales, satisfagan las nuevas exigencias de los mercados y a su vez cumplan con las normatividades asociadas a la gestión y uso de activos.

La implementación de un plan de Mantenimiento basado en confiabilidad (RCM) se da como la mejor alternativa para mejorar la gestión que se le viene dando al mantenimiento, esto debido a la necesidad de comprender mejor el funcionamiento de los equipos, sistemas y subsistemas que conforman el proceso, definir cuales equipos son críticos en el proceso y cuáles no, lograr analizar los modos y fallos funcionales y minimizarlos a través de mecanismos y estrategias establecidos, optimizar costos de mantenimiento, establecer y analizar indicadores de gestión y de resultados, y finalmente estandarizar técnicas de mantenimiento requeridas para cada equipo.

## 1. JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO

Actualmente el área de Mantenimiento de la Planta cuidado del hogar es la encargada de mantener la función de los equipos, enfocados en el objetivo corporativo de maximizar la disponibilidad y el desempeño de los activos a un costo óptimo. Sin embargo, no se cuenta con un programa de mantenimiento estructurado y definido que soporte la operación y proporcione las herramientas necesarias para apalancar el crecimiento de la compañía.

Producto de esto, los indicadores asociados al área no presentan ningún tipo de mejoras y en ocasiones se tiene tendencias desfavorables; caso puntual los costos de mantenimiento (servicios + repuestos) año tras años tienen un crecimiento de hasta un 19% llegando a un valor aproximado de los \$450.000.000 para la línea de envasado de hipoclorito de sodio; además de esto la disponibilidad de la línea está por debajo del 70% producto de un número importante de paradas no programadas e intervenciones innecesarias que se vienen presentando en el proceso.

Por esta razón es necesario diseñar una estrategia estructurada bajo la metodología RCM que permita mejorar la confiabilidad operacional del proceso bajo las condiciones de trabajo definidas, además lograr gestionar las actividades de mantenimiento necesarias para cada equipo de acuerdo a su criticidad en el proceso.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivos generales**

Diseñar un modelo de plan de mantenimiento para una línea de envasado de hipoclorito de

Sodio, basado en la filosofía RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad).

### **2.2 Objetivos específicos**

- Adaptar e implementar las técnicas aplicables en la norma ISO 14224 para la recolección y análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento de los equipos.
- Identificar y evaluar los modos de falla y las causas asociadas al diseño, operación y mantenimiento de los equipos, a partir de la técnica FMEA.
- Establecer las actividades de mantenimiento y las frecuencias requeridas para cada equipo de acuerdo a los análisis realizados

### **3. MARCO TEORICO (ESTADO DEL ARTE)**

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability Centred Maintenance (RCM) permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. Se llama Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúen consiguiendo su capacidad incorporada o confiabilidad inherente. Un plan de mantenimiento definido por RCM es una herramienta importante para lograr el objetivo de muchas empresas, que quieren una apropiada disponibilidad y un adecuado gasto, que garantice el nivel apropiado de mantenimiento programado, el uso racional de materiales consumibles y el mínimo empleo de materiales nocivos.

Las 7 preguntas básicas del RCM son<sup>3</sup>:

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

#### **Fases del RCM**

##### **1. Preparación del estudio**

Se deben definir y aclarar objetivos y requerimientos del sistema, políticos de la empresa y medio ambientales, así como conocer las condiciones del entorno. Se deben conocer los datos estadísticos sobre disponibilidad y confiabilidad y los planes actuales de mantenimiento.

##### **2. Recolección y análisis de datos**

Tener disponible la información de los planes de mantenimiento y de operación del sistema a estudiar, esto comprende manuales técnicos suministrados por el fabricante.

---

<sup>3</sup> MOUBRAY, John Miltchell, Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM II), p.7.

Se debe tener en disponibilidad al personal de mantenimiento y operativo que conozcan la operación del equipo o sistema a estudiar.

Tener disponibilidad de los históricos de fallas, hojas de vida de equipos y fallas funcionales presentadas.

### **3. Taxonomía de la planta, selección de objetos de estudio**

Identificar con precisión los elementos de análisis dando una clasificación escalonada de los equipos que generan algún tipo de función principal en el sistema y que la ausencia de ellos ocasione paros de producción. Para este tipo de jerarquización se debe conocer cual el sistema, cuales son los equipos y cuales los elementos de estudio.

### **4. Definición de fronteras e interfaces**

Se deben conocer con exactitud los límites del estudio, (que se incluye y que no), para así no traspasar a sistemas siguientes y poder definir las entradas y las salidas haciendo énfasis en que los componentes que queden fuera de la frontera no serán analizados. Se debe identificar:

- Equipos con datos técnicos (condiciones operativas).
- Condiciones ambientales que afecten al equipo y a las cuales el equipo afecte.
- Flujos, señales, y conexiones del sistema.

### **5. Definición de funciones**

Definir funciones de cada activo en su contexto operacional, lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer como lo son:

- Funciones primarias (razón de ser del equipo) y secundarias (su falta puede generar consecuencias graves).
- Funciones de protección del equipo (desconexión en caso de falla, asumir control de una falla ocurrida, prevenir situaciones peligrosas).

### **6. Análisis de fallas funcionales**

Estados de fallas del porqué el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento (SAE JA1011), y se presenta como la inhabilidad de un activo para cumplir un estándar operación o funcionamiento erróneo.

- Circunstancias que lo llevaron a falla.
- Que eventos pueden causar que el activo falle.
- Es el no cumplimiento total o parcial de una función.

- Pueden ser permanentes, intermitentes, catastróficas, totales, parciales entre otros.

## **7. Análisis de modos de falla**

Identificar los hechos que pudieron haber causado cada estado de falla. Es una investigación del origen de las fallas. Y se tiene en cuenta algunos de los siguientes puntos:

- Ha ocurrido en equipos iguales.
- Fallas que están siendo prevenidas.
- Fallas que aún no han ocurrido pero que son posibles.
- Errores humanos (personal mantenimiento – operarios).
- Errores de diseño.

## **8. Análisis de efectos**

Este paso describe lo que pasa cuando ocurre una falla funcional, y permite analizar la importancia de las fallas, los modos de las fallas, ayuda a encontrar modos críticos de fallo y evalúa las consecuencias generadas.

- Que evidencia existe si la hay.
- De qué modo representa amenaza para el medio ambiente.
- De qué manera afecta la producción.
- Daños físicos (si los hay), fallas ocultas y múltiples.
- Que debe hacerse para reparar una falla.

## **9. Análisis de criticidad (riesgo)**

Es un modelo de valoración de riesgos que se representa por medio de una matriz sencilla; en esta se plasma la probabilidad de una ocurrencia de un evento por la severidad (consecuencias) del mismo. Se les da una valoración más alta a los impactos de mayor valor generada por criterios de valoración de riesgo.

## **10. Selección de tareas de mantenimiento**

Tareas proactivas (preventivas):

Tareas de reacondicionamiento cíclicas (re-fabricar un componente, reparar un conjunto antes que falle), tareas de sustitución cíclica (sustituir un componente antes de un límite de edad específico) y tareas de condición (detectar fallas potenciales, mantenimiento a condición).

Acciones a falta de:

Bloqueada de fallas (revisar periódicamente fallas ocultas), rediseño (modificaciones equipos / cambiar procedimientos), ningún mantenimiento programado (mantenimiento a rotura).

Tareas proactivas (predictivas):

Detección de fallas potenciales donde se indica que una falla funcional está a punto de ocurrir en el sistema. Esto se hace por medio de tareas de condición tales como:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento basado en condición.
- Monitoreo de condición.

### **11. Determinación de la frecuencia**

Se genera para las actividades de monitoreo, reacondicionamiento, cambio o búsqueda de fallas y se definen los periodos en los cuales se generarán las actividades relacionadas.

Para monitoreo se establece por medio de la curva P-F con la cual se establecen los periodos, para preventivos a partir de la experiencia que se tenga de los equipos, definición de los fabricantes, pruebas de campo entre otras, y para búsqueda de fallas deberá basarse en la observación continua, registros de fallas, investigación con entidades especializadas etc.

### **12. Definir plan preliminar**

Cantidad determinada de tareas rutinarias que deben realizarse en intervalos regulares; esto junto a las acciones "a falta de". Las tareas generadas deben ser auditadas para validar que se realicen de forma correcta y estar plasmadas en planes de mantenimiento donde se indique el intervalo y la persona que lo realizara.

### **13. MCC arranque en vivo de los resultados (CMMS)**

Dado que la actualización del plan de mantenimiento es un proceso continuo en el RCM se debe llevar un registro de los talleres y una adecuada gestión. Se debe definir un grupo multidisciplinario quienes analizaran y realizan seguimiento a los ejercicios generados por el personal involucrado en el RCM.

### **Beneficios del RCM**

- Mayor disponibilidad y confiabilidad en los sistemas intervenidos.
- Extender el ciclo de vida de los equipos.

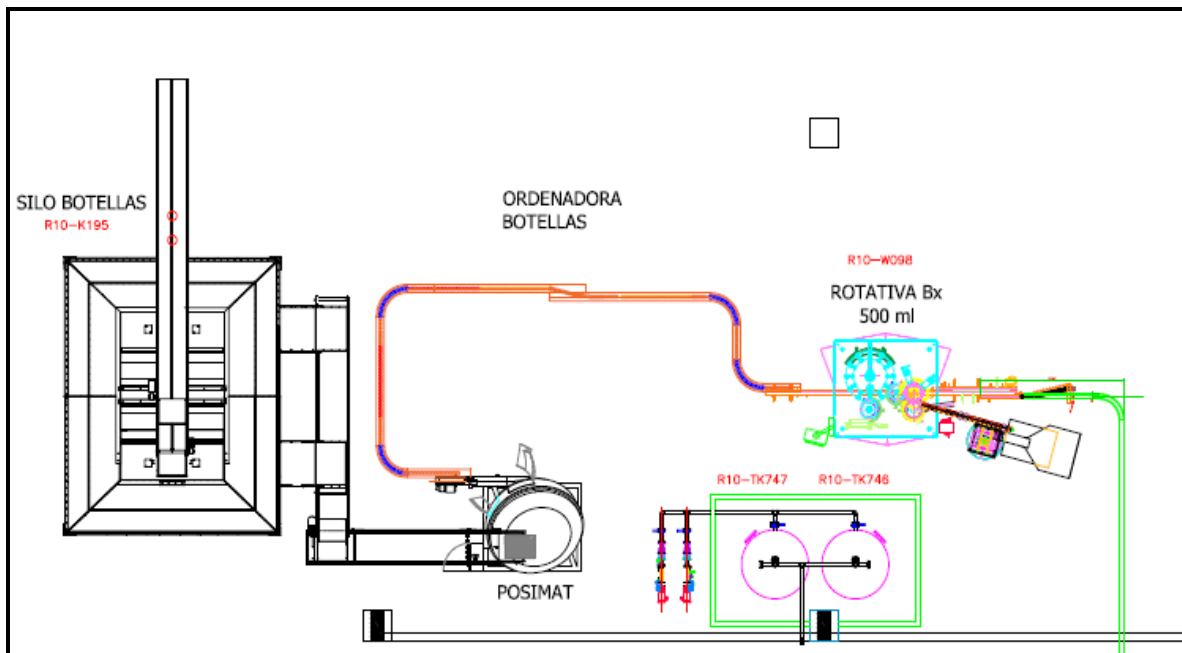
- Evitar reducir o eliminar las consecuencias de falla en los equipos.
- Desarrolla planes de mantenimiento según condiciones operativas, ambientales y de mantenibilidad.
- Generar planes de mantenimiento conservando un costo moderado.

#### 4. CARACTERÍSTICAS, CONDICIONES Y SELECCIÓN DE FRONTERAS

La línea de envasado de hipoclorito de sodio está compuesta principalmente por: 1 silo para botellas, 1 equipo posimat, 1 ordenador de botellas, 1 máquina rotativa Bx 500ml, 2 tanques de almacenamiento de producto, 1 banda transportadora y 2 bombas centrífugas de envío de producto a máquina rotativa.

##### Plano funcional línea de envasado

Figura 1. Plano funcional línea de envasado



En la figura 1 se muestra el proceso productivo y los equipos principales que lo componen. El proceso inicia con el bombeo del hipoclorito de sodio desde una planta alterna (químicos) hacia los 2 tanques de almacenamiento de producto, estos tanques vienen con una configuración de sensores de alta los cuales activan unas electroválvulas para que las bombas centrífugas inicien el bombeo del producto hacia la envasadora rotativa.

De manera paralela se tiene un silo de almacenamiento de botellas el cual es alimentado por una planta alterna de inyección y soplado, este tiene una configuración de velocidad de entrega de botellas de acuerdo a la velocidad de la máquina rotativa y los requerimientos de producción. Posteriormente las botellas son llevadas través de una banda transportadora a un Posimat cuya función es organizar las botellas para que puedan ser enviadas a la máquina llenadora.

Después de que las botellas están organizadas a través de bandas transportadoras son enviadas a la máquina llenadora rotativa la cual previamente es configurada para realizar los ciclos y las referencias requeridas por producción. Finalmente, y luego de ser llenadas con el producto final (hipoclorito de sodio) las botellas son enviadas a un sistema de encajado y almacenamiento de producto final.

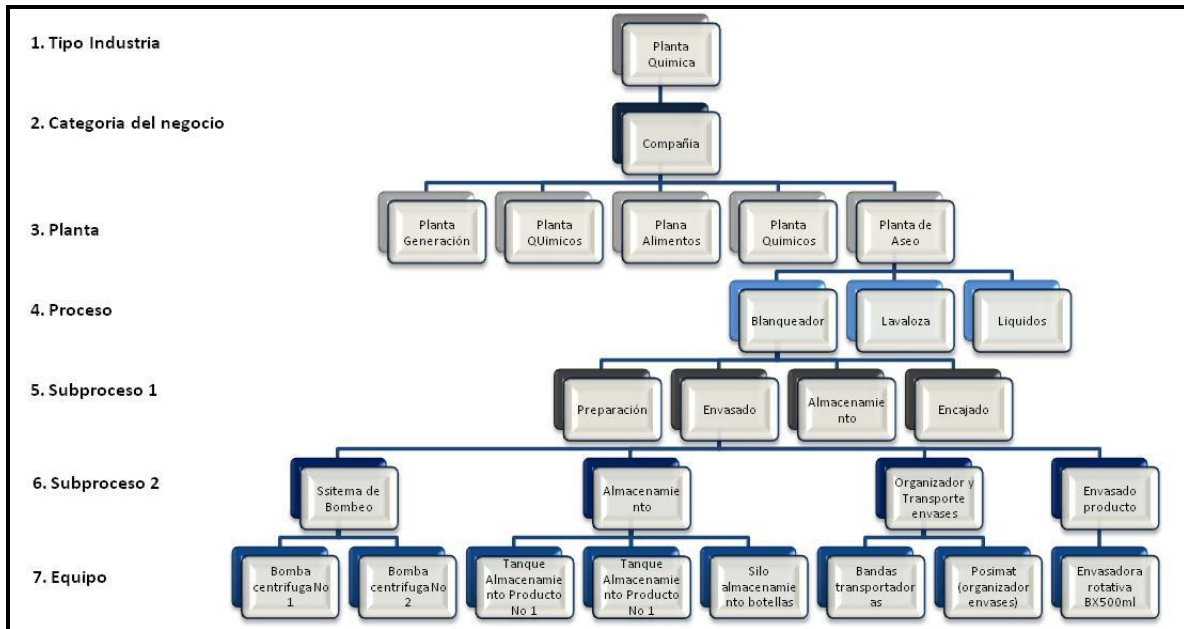
## 5. JERARQUÍA EQUIPOS BAJO NORMA 14224

En base a la norma ISO14224 se determina la jerarquía de equipos para el proceso de envasado de hipoclorito de sodio, en el cual el nivel más alto corresponde al tipo de industria y a partir de esta vamos organizándolo por planta, proceso, etc. hasta llegar a los equipos que componen la línea.

Figura 2. Estructura Jerárquica ISO 14224

Categoría	Taxonomía Nivel	Taxonomía Jerarquía	Definición	Ejemplos
Uso /ubicación datos	1	Industria	Tipo de industria principal.	Petróleo, gas natural, petroquímicas.
	2	Categoría del Negocio	El tipo de Negocio o Corriente del Procesamiento.	Corriente arriba (E y P), centro de la corriente, corriente abajo (refinación), petroquímica.
	3	Categoría de instalación	El tipo de instalaciones.	Producción de gas, transporte, perforación, LNG, refinería, petroquímica.
	4	Categoría planta / unidad	Tipo de planta / unidad.	Plataforma semi sumergible, hidropack, cracker de etileno, de polietileno, planta de ácido acético, planta de metanol.
	5	Sección / Sistema	Sección principal / sistema de la planta.	Compresión, gas natural, licuefacción, vacío de gas natural, metanol, Sistema de reacción, sección de destilación, sistema.
Equipo subdivisión	6	Equipo (clase / unidad)	Clase de unidades de equipos similares. Cada categoría de equipo contiene las unidades de igualdad de equipamiento (por ejemplo, compresores).	Intercambiador de calor, compresores, tuberías, bombas, caldera, extrusor de turbina a gas, agitador, horno.
	7	Subequipo	Un sistema necesario para el funcionamiento del equipamiento de la unidad del equipo.	La subunidad de lubricación, la subunidad de refrigeración, control y vigilancia, etc.
	8	Componente / Ítem Mantenible	El grupo de las partes del equipo unidad que se suelen mantener (reparación / restauración) en su conjunto.	Cooler, acoplamiento, cajas de transmisión, bomba de aceite, bucle de instrumentos, motores, válvulas, sensor de presión, etc.
	9	Pieza o parte	Una sola pieza de equipo	Asiento, tubo, carcasa, impulsor, etc.

**Figura 3. Estructura Jerárquica línea de envasado hipoclorito**

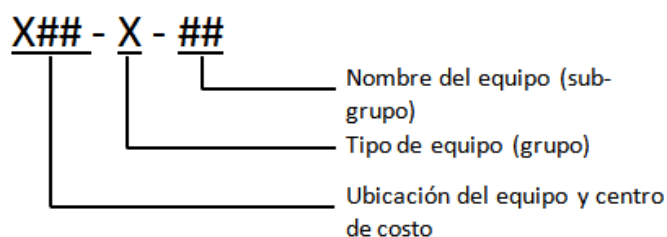


En la figura No 3 se evidencia la estructura jerárquica correspondiente a la línea de envasado de hipoclorito, en la cual se observa el inicio con el tipo de industria al que corresponde la empresa (Química), posteriormente sigue la compañía que es caso de estudio, seguimos con las plantas (generación, alimentos, químicos, productos aseo) que conforman dicha compañía, a continuación se hace referencia a los procesos y subprocesos en los cuales se enmarca el proceso, y, finalmente llegamos a los equipos que conforman la línea de envasado y los cuales van a ser objeto de estudio en este trabajo.

## 6. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

El primer paso para la elaboración de un análisis de criticidad de equipos es elaborar una lista ordenada de los equipos que componen el sistema de producción de hipoclorito de sodio. La codificación se realiza para todos los equipos que componen la línea de envasado de Hipoclorito de Sodio; esto con el objetivo de recolectar la información técnica de cada equipo para posteriormente gestionar y manejar esta información de una forma más fácil, rápida y eficaz al llevarla a una base de datos.

La codificación se determina de acuerdo a los siguientes parámetros.



### 6.1. Justificación de codificación de equipos

Inicialmente se clasifica de acuerdo a la ubicación espacial (Tabla no 1) dentro de la Planta la cual va enlazada al Centro de Costo correspondiente al equipo; de esta forma se representa con una letra R correspondiente a “Planta” y posteriormente una combinación de dos dígitos “30” correspondientes al Centro de envasado hipoclorito de sodio.

Tabla 1. Propuesta codificación equipos

CÓDIGO	NOMBRE PLANTA
R30	Planta Productos de Aseo
R10	Planta 2
R20	Planta 3

Posteriormente se realizó una clasificación de acuerdo al tipo de equipo como se observa en la Tabla no 2; los cuales se identifican mediante una o dos letras que permite diferenciar de manera fácil y rápida el tipo de equipo del que se está hablando. De esta forma se establece la siguiente distinción.

Tabla 2. Codificación equipos línea producción hipoclorito

CÓDIGO	EQUIPO
R30-W01	Envasadora rotativa BX500ml
R30-S01	Silo Botellas
R30-TK01	Tanque almacenamiento 1
R30-TK02	Tanque almacenamiento 2
R30-P01	Bomba centrifuga 1
R30-P02	Bomba centrifuga 2
R30-BD01	Bandas transportadoras
R30-O01	Posimat

Finalmente se asigna un número consecutivo a cada equipo que permite identificar con un código propio a cada equipo y no se genere confusión en la información; este número se conforma de dos o tres dígitos de acuerdo al tipo.

## **7. ANÁLISIS DE CRITICIDAD EQUIPOS**

Se propone la siguiente metodología para el análisis de criticidad de los equipos, la cual nos permite jerarquizar los equipos en función de su impacto en el proceso, para posteriormente facilitarnos la toma de decisiones respecto a la asignación de esfuerzos, recursos y presupuestos de mantenimiento para cada uno de los equipos.

La estrategia a utilizar es la determinación del número de prioridad de riesgo de manera cualitativa; se debe calificar los equipos según los criterios de seguridad y ambiental, producción, mantenimiento, calidad y habilidad. Para tener un criterio acertado se tiene en cuenta la participación de un delegado para cada uno de los criterios, para así poder determinar un valor real de calificación a cada uno.

Se asigna un valor según la frecuencia, importancia y efecto que tiene o puede generar una falla o avería según el criterio. Para calcular la criticidad del criterio evaluado se multiplican los valores asignados.

$$**C = F * I * E**$$

Donde

C = Criticidad del equipo en el proceso

F = Frecuencia que se genera un evento

I = Importancia que pueda tener el evento

E = Efecto que tenga en el proceso el evento

Para determinar el número de prioridad de riesgo (NPR) se deben sumar los valores de criticidad para cada criterio evaluado.

$$**NPR = SUM (Cs + Ca + Cp + Cm + Cc + Ch)**$$

Donde,

Cs = Criticidad por seguridad

Ca = Criticidad por ambiental

Cp = Criticidad por producción

Cm = Criticidad por mantenimiento

Ch = Criticidad por habilidad requerida

Para clasificar los equipos se listan de mayor a menor según el NPR

TIPO A: Críticos (30% de los equipos de mayor puntaje NPR)

TIPO B: Importantes (40% de los equipos siguientes en puntaje NPR)

TIPO C: Normales (los siguientes equipos en la lista)

### 7.1 Matriz De Criticidad Prioridad de riesgo cualitativa

Tabla 3. Matriz de criticidad Prioridad de riesgo

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFEECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo	Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine un accidente	Daño ocasionado	$C=F \cdot I \cdot T$	$NPR = \sum CS + CA + CP + CM + CC + CH$ <p>           TIPOA 30%            TIPOB 40%            TIPOC 30%         </p>
AMBIENTAL (CA)	Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo	Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine un daño ambiental	Daño ocasionado	$C=F \cdot I \cdot T$	
PRODUCCIÓN (CP)	Promedio de paros no programados por proceso u operativos	Tiempo promedio del paro por proceso u operativo	El equipo afecta la entrega de producto <u>¿es cuello de botella?</u>	$C=F \cdot I \cdot T$	
MANTENIMIENTO (CM)	Promedio de paros por avería del equipo	Tiempo promedio de paro por avería	El equipo afecta la entrega de producto <u>¿es cuello de botella?</u>	$C=F \cdot I \cdot T$	
CALIDAD (CC)	Porcentaje de producto defectuoso generado	Regulación y calibración requeridas	Probabilidad de detectar el defecto	$C=F \cdot I \cdot T$	
HABILIDAD (CH)	Se requiere para la operación y/o mantenimiento del equipo personal con habilidad y experiencia			$C=\sum?$	

## Valores según criterio

### 1. Seguridad:

Frecuencia: Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo

5. La situación ocurre muchas veces al día
4. Frecuentemente o una vez al día
2. Ocasionalmente o una vez por semana
1. Remotamente posible o una vez al mes

Importancia: Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine un accidente.

5. Es el resultado más probable si la situación tiene lugar
4. Es completamente posible nada extraño
2. Sería una coincidencia rara
1. Nunca ha sucedido, pero es concebible

Efecto: Daño ocasionado

5. Muerte, lesiones con incapacidad permanente
4. Lesiones con incapacidad mayor a 5 días
2. Lesiones con incapacidad menor o igual a 5 días
1. Heridas leves o contusiones

### 2. Ambiental

Frecuencia: Frecuencia con la que se presenta la exposición al riesgo

5. La situación ocurre muchas veces al día
4. Frecuentemente o una vez al día
2. Ocasionalmente o una vez por semana
1. Remotamente posible o una vez al mes

Importancia: Posibilidad de que una vez presentada la situación de riesgo se origine un daño ambiental.

5. Es el resultado más probable si la situación tiene lugar
4. Es completamente posible nada extraño
2. Sería una coincidencia rara
1. Nunca ha sucedido pero es concebible

Efecto: Daño ocasionado

5. Contaminación ambiental irreversible o con más de un año para recuperar el daño ambiental.

4. Daños ambientales con más de 3 meses para recuperación.
2. Daños ambientales con menos o iguales a 3 meses para recuperación.
1. Derrames, emisiones y fugas pequeñas.

### **3. Producción**

Frecuencia: Promedio de paros no programados por proceso u operativo

5. Diario
4. Semanal
3. Quincenal
2. Mensual
1. Anual

Importancia: Tiempo promedio del paro por proceso u operativo

5. Mayor a 30 minutos
3. Entre 15 a 30 minutos
1. Menor a 15 minutos

Efecto: ¿Es un equipo cuello de botella?

5. Entrega productos de planta
3. Entrega productos en línea
1. Entrega productos del equipo

### **4. Mantenimiento**

Frecuencia: Promedio de paros del equipo por avería

5. Diario
4. Semanal
3. Quincenal
2. Mensual
1. Anual

Importancia: Tiempo promedio del paro por averías

5. Mayor a 30 minutos
3. Entre 15 a 30 minutos
1. Menor a 15 minutos

Efecto: ¿Es un equipo cuello de botella?

5. Entrega productos de planta

3. Entrega productos en línea
1. Entrega productos del equipo

## **5. Calidad**

Frecuencia: Porcentaje de producto defectuoso generado

5. Mayor al 4%
4. Entre el 2 y 4%
3. Entre el 1 y 2%
2. Entre el 0.5 y 1%
1. Menor al 0.5%

Importancia: Regulación y calibración requeridas

5. Asistencia técnica
3. Asistencia del jefe
1. Asistencia autónoma

Efecto: Es la probabilidad de detectar el defecto

5. Baja
3. Media
1. Baja

## **6. Habilidad**

Se requiere para la operación y/o mantenimiento del equipo personal con habilidad y experiencia.

5. Baja
3. Media
1. Baja

De esta forma se realiza el análisis de criticidad para los 8 equipos que conforman la línea de producción de envasado de hipoclorito de sodio obteniendo los siguientes resultados.

## 7.2 Envasadora Rotativa BX500ml

Tabla 4. Envasadora Rotativa

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	4	4	2	32	321
AMBIENTAL (CA)	2	2	1	4	
PRODUCCIÓN (CP)	5	5	5	125	
MANTENIMIENTO (CM)	5	5	5	125	
CALIDAD (CC)	2	3	5	30	
HABILIDAD (CH)	5			5	

## 7.3 Silo Botellas

Tabla 5. Silo de botellas

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	4	4	2	32	238
AMBIENTAL (CA)	1	1	1	1	
PRODUCCIÓN (CP)	5	5	3	75	
MANTENIMIENTO (CM)	5	5	3	75	
CALIDAD (CC)	2	5	5	50	
HABILIDAD (CH)	5			5	

## 7.4 Tanque Almacenamiento 1

Tabla 6. Tanque de almacenamiento 1

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	2	2	1	4	103
AMBIENTAL (CA)	2	2	1	4	
PRODUCCIÓN (CP)	3	5	3	45	
MANTENIMIENTO (CM)	3	5	3	45	
CALIDAD (CC)	2	1	1	2	
HABILIDAD (CH)	3			3	

## 7.5 Tanque Almacenamiento 2

Tabla 7. Tanque de almacenamiento 2

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	2	2	1	4	103
AMBIENTAL (CA)	2	2	1	4	
PRODUCCIÓN (CP)	3	5	3	45	
MANTENIMIENTO (CM)	3	5	3	45	
CALIDAD (CC)	2	1	1	2	
HABILIDAD (CH)	3			3	

## 7.6 Bomba centrífuga 1

Tabla 8. Bomba centrífuga 1

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	4	4	2	32	162
AMBIENTAL (CA)	2	2	1	4	
PRODUCCIÓN (CP)	4	5	3	60	
MANTENIMIENTO (CM)	3	5	3	45	
CALIDAD (CC)	2	3	3	18	
HABILIDAD (CH)	3			3	

## 7.7 Bomba centrífuga 2

Tabla 9. Bomba centrífuga 2

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	4	4	2	32	162
AMBIENTAL (CA)	2	2	1	4	
PRODUCCIÓN (CP)	4	5	3	60	
MANTENIMIENTO (CM)	3	5	3	45	
CALIDAD (CC)	2	3	3	18	
HABILIDAD (CH)	3			3	

## 7.8 Banda transportadora

Tabla 10. Banda transportadora

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	2	2	1	4	160
AMBIENTAL (CA)	1	1	1	1	
PRODUCCIÓN (CP)	5	5	3	75	
MANTENIMIENTO (CM)	5	5	3	75	
CALIDAD (CC)	2	1	1	2	
HABILIDAD (CH)	3			3	

## 7.9 Posimat

Tabla 11. Posimat

CRITERIOS	FRECUENCIA (F)	IMPORTANCIA (I)	EFECTO (E)	CRITICIDAD (C)	NPR CLASE
SEGURIDAD (CS)	4	4	2	32	238
AMBIENTAL (CA)	1	1	1	1	
PRODUCCIÓN (CP)	5	5	3	75	
MANTENIMIENTO (CM)	5	5	3	75	
CALIDAD (CC)	2	5	5	50	
HABILIDAD (CH)	5			5	


De los resultados anteriores podemos determinar que para la línea de envasado de hipoclorito de sodio se tienen unos equipos que son críticos para el proceso y que tienen mayor impacto en los criterios evaluados (seguridad, ambiental, producción, mantenimiento, calidad y habilidad), esto nos permite enfocar los esfuerzos, presupuestos y recursos en los activos críticos del proceso.

**Tabla 12. Criticidad equipos línea de producción hipoclorito**

<b>CÓDIGO</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>NPR</b>	<b>Criticidad</b>
R30-W01	Envasadora rotativa BX500ml	321	Critico
R30-S01	Silo Botellas	238	Critico
R30-O01	Posimat	238	Critico
R30-P01	Bomba centrífuga 1	162	Importante
R30-P02	Bomba centrífuga 2	162	Importante
R30-BD01	Bandas transportadoras	160	Importante
R30-TK01	Tanque almacenamiento 1	103	Importante
R30-TK02	Tanque almacenamiento 2	103	Importante

De la tabla anterior se puede concluir que el equipo más crítico en el proceso productivo de la línea de producción de hipoclorito de sodio es la Envasadora rotativa BX500ml cuyo valor NPR es de 321 asociado al impacto que esta tiene en temas de seguridad, ambiental, producción, calidad y habilidad para el proceso. Por otro lado, los equipos de menor criticidad son las bombas y tanques de almacenamiento debido a que en ambos casos se tienen equipos back-up que respaldan el proceso en caso de presentarse una avería o falla funcional.

## 8. DETERMINACIÓN DE CONTEXTO Y ESTANDARES DE OPERACIÓN

ELEMENTO DE ESTUDIO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ELEMENTO	CONDICIONES OPERACIONALES	CONDICIONES AMBIENTALES	FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)	INTERFASES (Entradas/Salidas)
Envasadora rotativa BX500ml	Modelo: VX META 30/10	Producto: Envasado botellas plastivas ref BX500ml	Humedad relativa 41%		Entrada: Aire comprimido, aire estéril, agua, electricidad, hipoclorito de sodio  Salida: señales digitales de operación (presion, temperatra, humedad medidor de flujo, corriente y tension).
	Potencia: 11 KW	Peso producto: 30g	Ambiente salino		
	Corriente nominal: 24,3 A	Diametro producto: 2.5 "			
	Tension: 440V	Frecuecina: 60Hz			
Banda Tansportadora	Dimensiones: 900mm x 114,3mm	Capacidad produccion: 220 unid/min	Humedad relativa 41%		Entrada: corriente electrica, envases bx500ml, señales analogas  Salidas: Transmisión de moviimiento, señales análogas
	Reductor: Sew SA47	Capacidad de acumulacion: 250 und	Ambiente salino		
	Potencia motoreductor: 0,55 Hp	Tipod e transferencia lateral			
	Chumacera brida 2H Diam 1" inox CCSA	Velocidad del motor: 1690 rpm			
Posicionadora botellas POSIMAT	Referencia: AZM-170	Velocidad: 13200 bph	Humedad relativa 41%		Entrada: aire comprimido, electricidad  Salida: señales digitales de operación (presion, temperatra, humedad medidor de flujo, corriente y tension)
	Corriente: 380 + N, 50 Hz	Frecuencia: 60Hz	Ambiente salino		
	FMAx: 1000N				
	24VACDC				
Bomba centrifuga INNOMAC	Potencia: 5HP	53 GPM	Humedad relativa 41%		Entradas: electricidad, señales digitales  Salidas: Presión y caudal de salida
	Amps: 6.60		Ambiente salino		
	RPM: 1750				
	460V	Max Head:60 Ft			
Tanques de Almacenamiento Hipoclorito de Sodio	Capacidad 2500L	Almacenamiento de hipoclorido de sodio	Humedad relativa 41%		Entradas: Hipoclorito de sodio  Salidas: Acoples bridados para tuberia polietileno, señal de nivel analoga.
	Fibra de vidrio				
	Bridas 2 " Polietileno	Altura: 1.6 m	Ambiente salino		

## 9. ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA

Para el diseño y análisis de confiabilidad usamos la herramienta AMEF la cual se aplica para los 8 equipos que componen la línea de envasado de hipoclorito de sodio, y con la cual se proponen los planes de mantenimiento y se da solución a las siguientes premisas.

1. ¿Cuáles son las funciones y estándares de ejecución asociados con el activo?
2. ¿En qué forma falla el equipo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
3. ¿Que causa la falla funcional?
4. ¿Qué efectos se presentan cuando falla?
5. ¿Qué ocurre si falla?
6. ¿Qué estrategias se pueden generar para evitar la falla
7. ¿Qué puede hacerse si no se conoce una tarea para evitar la falla?

De esta forma se maneja el siguiente formato para levantamiento y análisis de información de la herramienta AMEF.

Tabla 13. Formato AMEF

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO		AMEF Número		7	
EQUIPO		Versión AMEF		1	
FUNCIÓN	Cod. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?

A continuación, se realiza el AMEF, determinando función principal por equipo, fallas funcionales, modos de falla asociados, efectos de falla y determinando y la falla es o no es oculta, esto se realiza para cada equipo que conforma la línea de producción de hipoclorito de sodio obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 14. AMEF envasadora rotativa

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
<b>PROCESO</b>	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		<b>AMEF Número</b>	<b>1</b>	
<b>EQUIPO</b>	Envasadora rotativa BX500ml		<b>Versión AMEF</b>	<b>1</b>	
<b>FUNCIÓN</b>	<b>Cod. FF</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>	<b>FALLA OCULTA?</b>
Envasar 120 botellas de Blanqueador referencia BX500ml con las especificaciones requeridas	1.1	No envasa el número de botellas de BX500ml requeridos	PLC sin comunicación por falla en salidas o entradas	Parada total de la línea de producción por un tiempo de 2 horas mientras se realiza la revisión y corrección correspondiente.	SI
	1.2		Bloqueo general por obstrucción en envases	Parada total de la línea de producción por un tiempo de 1.5 horas mientras se realiza la revisión y corrección correspondiente.	NO
	1.3		Perdida de sincronización de estrellas de arrastre	Parada total de la línea de producción por un tiempo de 5 horas mientras se realiza la revisión y corrección correspondiente.	NO
	1.4		Motor parado por disparo de protección térmica por sobrecarga	Parada de línea total de aproximadamente 3 horas para revisión y corrección falla	NO
	1.5		Rodamientos agarrotados por falta de lubricación	Parada de línea total de aproximadamente 1 hora para realizar rutina de lubricación y cambio de piezas afectadas	NO
	1.6		Eje de salida del reductor principal no gira por desgaste interno	Parada de línea total para realizar cambio de reductor, parada de aproximadamente 2 horas.	NO
	1.7	Envasa menos de ____ por minuto	Boquillas obstruidas por presencia de partículas	Perdida de eficiencia del equipo, se requiere detener el equipo por 1 hora para realizar limpieza general de boquillas	NO
	1.8		Valvulas de regulación de caudal mal configuradas	Perdida de eficiencia del equipo, se requiere detener el equipo por 1 hora para realizar limpieza general de boquillas	NO
	1.9		Tubo de respiro mal ajustado internamente	Perdida de eficiencia del equipo, se requiere detener el equipo por 1 hora para realizar limpieza general de boquillas	NO
	1.10	Enviá mas de 500ml de hipoclorito de sodio a los envases	Oring´s de boquilla desgastados por uso normal	Fugas de producto que pueden afectar la seguridad del operario por salpicadura o vapores de hipoclorito de sodio. Perdida de producción de aproximadamente 1.5 horas para intervención y cambio de oring´s de boquillas	NO
	1.11		Tiempo de llenado mal configurado en PLC	Fugas de producto que pueden afectar la seguridad del operario por salpicadura o vapores de hipoclorito de sodio. Realizar configuración de variables de acuerdo al producto y referencia.	NO

Tabla 15. AMEF Posimat

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
<b>PROCESO</b>	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		<b>AMEF Número</b>	<b>3</b>	
<b>EQUIPO</b>	Posimat		<b>Versión AMEF</b>	<b>1</b>	
<b>FUNCIÓN</b>	<b>Cod. FF</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>	<b>FALLA OCULTA?</b>
Posicionar 120 envases de Blanqueador BX 500ml por minuto	3.1	El sistema no posiciona los envases de manera correcta	Presión del sistema por debajo de 6 Bar	Parada total de línea por aproximadamente 0.5 horas mientras se recupera presión requerida por el sistema	NO
	3.2		Sensores de salida no detectan posición del envase	Parada total de la línea por aproximadamente 1 hora mientras se realiza ajuste, limpieza y/o cambio de sensores.	NO
	3.3		Bloqueo activado por puertas abiertas o desajustadas	Parada menor de línea mientras se realiza cierre total de puertas de emergencia	NO
	3.4		Configuración errónea de tiempos de parada del equipo	Parada menor de línea mientras se configuran parámetros de operación de acuerdo a estándar	NO
	3.5		Motor parado por disparo de protección térmica por sobrecarga	Parada de línea total de aproximadamente 3 horas para revisión y corrección falla	NO
	3.6		Rodamientos agarrotados por falta de lubricación	Parada de línea total de aproximadamente 1 hora para realizar rutina de lubricación y cambio de piezas afectadas	NO
	3.7		Sobrecarga en el sistema por acumulación de envases	Parada menor de línea mientras se desacumula carga del equipo	NO

Tabla 16. AMEF bomba centrífuga Bomba R30-P01

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
<b>PROCESO</b>	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		<b>AMEF Número</b>	<b>4</b>	
<b>EQUIPO</b>	BOMBAS R30-P01		<b>Versión AMEF</b>	<b>1</b>	
<b>FUNCIÓN</b>	<b>Cod. FF</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>	<b>FALLA OCULTA?</b>
Bombear 53Gpm de Hipoclorito de Sodio	4.1	No bombea producto	Motor parado por disparo de protección térmica por sobrecarga	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar con la operación de la línea.	NO
	4.2		Rodamientos agarrotados por falta de lubricación	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar con la operación de la línea. Realizar cambio de rodamiento y generar estandar de lubricación.	NO
	4.3		Impulsor fracturado por cavitación y/o presencia de partículas	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y mcabio de impulsor averiado.	SI
	4.4		Manzana acople fracturada por dilataciones internas debido a temperaturas elevadas	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y cambio de manzada acople.	SI
	4.5		Eje fracturado por sobrecargas de flexión o torsión	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y cambio de seje.	SI
	4.6	Bombee menos de ____ litros/minuto	Eje principal deformado por desalineación del conjunto bomba-motor	Perdida de capacidad productiva de la línea. Parada menor en proceso, realizar intervención y cambio de eje.	NO
	4.7		Impulsor fisurado por presencia de partículas extrañas en el fluido	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba. Parada menor en proceso, realizar cambio de impulsor.	NO
	4.80		Impulsor desgastado por incompatibilidad química con el fluido	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio de bomba y realizar cambio de material de impulsor	NO
	4.9		Sello mecánico con fuga por desgaste en empaquetadura	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio por bomba back-up, y proceder con cambio de sello	NO
	4.10		Carcasa de bomba fracturada por corrosión	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio por bomba back-up, y proceder con cambio de carcasa.	NO

Tabla 17. AMEF bomba centrífuga R30-P02

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO	AMEF Número	4		
EQUIPO	BOMBAS R30-P02	Versión AMEF	1		
FUNCIÓN	Cod. FF	FALLA FUNCIONAL	MODOS DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Bombear 53 Gpm de Hipoclorito de Sodio por minuto	4.1	No bombea producto	Motor parado por disparo de protección térmica por sobrecarga	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar con la operación de la línea.	NO
	4.2		Rodamientos agarrotados por falta de lubricación	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar con la operación de la línea. Realizar cambio de rodamiento y generar estándar de lubricación.	NO
	4.3		Impulsor fracturado por cavitación y/o presencia de partículas	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y cambio de impulsor averiado.	SI
	4.4		Manzana acople fracturada por dilataciones internas debido a temperaturas elevadas	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y cambio de manzana acople.	SI
	4.5		Eje fracturado por sobrecargas de flexión o torsión	Parada menor en proceso, se debe ingresar a servicio bomba de respaldo para continuar operación en línea. Realizar intervención y cambio de seje.	SI
	4.6	Bomba menos de ___ litros/minuto	Eje principal deformado por desalineación del conjunto bomba-motor	Perdida de capacidad productiva de la línea. Parada menor en proceso, realizar intervención y cambio de eje.	NO
	4.7		Impulsor fisurado por presencia de partículas extrañas en el fluido	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba. Parada menor en proceso, realizar cambio de impulsor.	NO
	4.80		Impulsor desgastado por incompatibilidad química con el fluido	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio de bomba y realizar cambio de material de impulsor	NO
	4.9		Sello mecánico con fuga por desgaste en empaquetadura	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio por bomba back-up, y proceder con cambio de sello	NO
	4.10		Carcasa de bomba fracturada por corrosión	Disminución de caudal y presión en la descarga de la bomba, realizar cambio por bomba back-up, y proceder con cambio de carcasa.	NO

Tabla 18. AMEF Tanque almacenamiento R30-TK1

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
<b>PROCESO</b>	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		<b>AMEF Número</b>	7	
<b>EQUIPO</b>	R30-TK01		<b>Versión AMEF</b>	1	
<b>FUNCIÓN</b>	<b>Cod. FF</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>	<b>FALLA OCULTA?</b>
Contener 2500L de hipoclorito de Sodio por hora	7.1	No contiene 2500 L de hipoclorito de sodio	Tanque fisurado por golpes superficiales	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.2		Tanque fisurado por fatiga termica del materia.	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.3		Tanque desgastado por corrosión en la superficie	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.4		Control de nivel mal calibrado	Rebose de producto por parte superior del tanque que puede afectar al personal sercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	SI
Permitir succionar 53Gpm de hipoclorito de sodio	7.5	No permite succionar producto para envió a envasadora	Brida dedescargue obstruida por presencia de material extraño	Pérdida de capacidad de producción de la línea mientras se corrige la anomalia o mientras se realiza el cambio de tanque (back-up)	NO
	7.6		Brida de descargue obstruida por corrosión interna	Pérdida de capacidad de producción de la línea mientras se corrige la anomalia o mientras se realiza el cambio de tanque (back-up)	NO

Tabla 19. AMEF tanque de almacenamiento R30-TK02


HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
<b>PROCESO</b>	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		<b>AMEF Número</b>	7	
<b>EQUIPO</b>	R30-TK02		<b>Versión AMEF</b>	1	
<b>FUNCIÓN</b>	<b>Cod. FF</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>MODO DE FALLA</b>	<b>EFECTOS DE FALLA</b>	<b>FALLA OCULTA?</b>
Contener 2500L de hipoclorito de Sodio por hora	7.1	No contiene 2500 L de hipoclorito de sodio	Tanque fisurado por golpes superficiales	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.2		Tanque fisurado por fatiga termica del materia.	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.3		Tanque desgastado por corrosión en la superficie	Fuga de producto que puede afectar a personal cercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	NO
	7.4		Control de nivel mal calibrado	Rebose de producto por parte superior del tanque que puede afectar al personal sercano al tanque. Pérdida de producción mientras se corrige la novedad. Se debe ingresar tanque back-up.	SI
Permitir succionar 53Gpm de hipoclorito de sodio	7.5	No permite succionar producto para envió a envasadora	Brida dedescargue obstruida por presencia de material extraño	Pérdida de capacidad de producción de la línea mientras se corrige la anomalia o mientras se realiza el cambio de tanque (back-up)	NO
	7.6		Brida de descargue obstruida por corrosión interna	Pérdida de capacidad de producción de la línea mientras se corrige la anomalia o mientras se realiza el cambio de tanque (back-up)	NO

Tabla 20. AMEF banda transportara R30-P01

HOJA ANÁLISIS MODOS Y EFECTOS DE FALLA (AMEF)					
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	6	
EQUIPO	Bandas Transportadoras - R30-BD01		Versión AMEF	1	
FUNCIÓN	Cod. FF	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTOS DE FALLA	FALLA OCULTA?
Transportar 120 botellas Bref BX500ml en un minuto	6.1	Parada total de la banda	Motor parado por disparo de protección térmica por sobrecarga	El tiempo necesario para detectar la falla es de 2 horas. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción de la referencia BX500ml	NO
	6.2		Motor parado por rotura de ventilador de refrigeración	El tiempo aproximado realizar el cambio del ventilador es de 1.5 horas. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción de la referencia BX500ml	NO
	6.3		Rodillo motriz no gira por agarrotamiento de chumaceras	El tiempo aproximado de cambio de chumaceras es de 4 horas incluyendo el tiempo de alistamiento de repuestos requeridos. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción.	NO
	6.4		Rodillo motriz no gira por ruptura de cadena de transmisión	El tiempo aproximado de cambio de cadena es de 2 horas incluyendo el tiempo de alistamiento de repuestos requeridos. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción.	NO
	6.5		Guaya de seguridad enviando señales erróneas por mala conexión	La parada del motor la evidencia el operador al sonar una alarma previamente configurada. El tiempo aproximado de cambio de verificación de conexión y señales de la guaya es de 1 hora. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción.	NO
	6.6		Piñon motriz fracturado por fatiga	La parada del motor la evidencia el operador al sonar una alarma previamente configurada. El tiempo aproximado de cambio de piñon es de 2 horas incluyendo el tiempo de alistamiento de repuestos requeridos. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción.	NO
	6.7		Piñon motriz fracturado por sobrecarga	El tiempo aproximado de cambio de piñon es de 2 horas incluyendo el tiempo de alistamiento de repuestos requeridos. La producción total de la línea se ve afectada en este periodo de tiempo afectando las metas de producción.	NO
	6.8	Transporta menos de 220 botellas/min	Banda caucho desalineada por desgaste y/o desajuste	A medida que la banda va operando se va generando desalineación debido a desajustes normales del sistema que generan pérdida en la capacidad del sistema afectando un % de la producción requerida.	NO
	6.9		Reductor de velocidad con pérdida de eficiencia por desgaste interno	A medida que el conjunto motor reductor operan, se pierde con el tiempo eficiencia asociada al desgaste interno que afecta un 3% la producción requerida	NO
	6.10		Sistema de transmisión desgastado por falta de lubricación	A medida que el sistema de transmisión trabaja sin lubricante se genera temperatura y desgaste entre piezas afectando en un 2% la producción requerida	NO

Posteriormente se plantea un formato de análisis de efectos de las fallas con el fin de poder analizar la importancia de cada una de las fallas, determinar modos de falla críticos en el proceso, evaluar las consecuencias y su impacto si se llegaran a generar, y, analizar qué pasaría si se nos presentan los modos de falla mencionados. Para ello se maneja el formato adjunto a continuación.

**Tabla 21. Hoja análisis de efectos y criticidad**

HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO				AMEF Número				
EQUIPO				Versión AMEF				
Cod. FF	FALLA OCULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea

Para realizar en análisis de riesgo se plante una matriz cuantitativa en la cual se evalúa la frecuencia, y consecuencia con el fin de obtener un valor de aceptabilidad con la que posteriormente se calcula un número de prioridad de riesgo asociado a cada modo de falla en cada uno de los equipos. A continuación, se observa la matriz y los criterios utilizados para realizar en análisis de riesgo para cada modo de falla.

## 10. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE RIESGO

### 10.1 Riesgo Seguridad personal

MATRIZ DE FRECUENCIA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Mas de 10 casos al año

CONSECUENCIA EN SEGURIDAD		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Insignificante	Sin lesiones
2	Marginal	Lesion leve sin incapa
5	Grave	Leves incapacitantes
10	Critico	Incapacidad - Hospitalizacion
20	Desastroso	Varios grave, 1 muerte
50	Catastrofico	Varias muertes

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CIRTERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	Del 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD						
FRECUENCIA	%					
Constante	2	4	10	20	40	100
Frecuente	2	3.3	8.3	17	33	83
Moderado	1	2.6	6.6	13	26	66
Ocasional	1	2	5	10	20	50
Remoto	1	1.3	3.3	6.6	13	33
Improbable	0	0.6	1.6	3.3	6.6	16.5
	Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
	CONSECUENCIA					

### 10.2 Consecuencias Ambientales

MATRIZ DE FRECUENCIA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Mas de 10 casos al año

CONSECUENCIAS AMBIENTALES		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Insignificante	sin daño ambiental
2	Marginal	Leve recuperable
5	Grave	Leve no recuperable
10	Critico	Grave recuperable MP
20	Desastroso	Grave reguperable LP
50	Catastrofico	Grave no recuperable

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CIRTERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	Del 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD						
FRECUENCIA	%					
Constante	2	4	10	20	40	100
Frecuente	2	3.3	8.3	17	33	83
Moderado	1	2.6	6.6	13	26	66
Ocasional	1	2	5	10	20	50
Remoto	1	1.3	3.3	6.6	13	33
Improbable	0	0.6	1.6	3.3	6.6	16.5
	Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
	CONSECUENCIA					

### 10.3 Consecuencias Económicas para la compañía

MATRIZ DE FRECUENCIA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Mas de 10 casos al año

CONSECUENCIAS ECONOMICAS		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Insignificante	Menos de \$100.000
2	Marginal	Entre \$100.000 y \$1.000.000
5	Grave	Entre \$10.000.000 y \$100.000.000
10	Critico	Entre \$100.000.000 y \$200.000.000
20	Desastroso	Entre \$200.000.000 y \$500.000.000
50	Catastrofico	Mayor a \$500.000.000

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CIRTERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	Del 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD						
FRECUENCIA	%					
Constante	2	4	10	20	40	100
Frecuente	2	3.3	8.3	17	33	83
Moderado	1	2.6	6.6	13	26	66
Ocasional	1	2	5	10	20	50
Remoto	1	1.3	3.3	6.6	13	33
Improbable	0	0.6	1.6	3.3	6.6	16.5
	Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
	CONSECUENCIA					

### 10.4 Consecuencias en la Imagen corporativa

MATRIZ DE FRECUENCIA		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Improbable	Menos de 1 caso cada 50 años
2	Remoto	1 caso entre 20 y 50 años
3	Ocasional	1 caso entre 5 y 20 años
4	Moderado	1 caso entre 1 y 5 años
5	Frecuente	Entre 1 y 10 casos al año
6	Constante	Mas de 10 casos al año

CONSECUENCIAS ECONOMICAS		
VALOR	NIVEL	CASOS POR AÑO
1	Insignificante	Solo en la instalacion
2	Marginal	Solo en la Empresa
5	Grave	Externa a nivel Local
10	Critico	Externa a nivel Regional
20	Desastroso	Externa a nivel Nacional
50	Catastrofico	Externa a Nivel Internacional

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD	
CIRTERIO	ACEPTABILIDAD
Aceptable	Hasta 3%
Tolerable	Del 3,1% al 5%
Inaceptable	Del 5,1% al 30%
Inadmisible	Mas del 30%

MATRIZ DE ACEPTABILIDAD						
FRECUENCIA	%					
Constante	2	4	10	20	40	100
Frecuente	2	3.3	8.3	17	33	83
Moderado	1	2.6	6.6	13	26	66
Ocasional	1	2	5	10	20	50
Remoto	1	1.3	3.3	6.6	13	33
Improbable	0	0.6	1.6	3.3	6.6	16.5
	Insignificante	Marginal	Grave	Critico	Desastroso	Catastrofico
	CONSECUENCIA					

## 11. MODELO DIAGRAMA DE DECISIONES RCM

Para determinar las tareas, frecuencias y responsables, se adapta el diagrama de decisiones SAE, JA 1012,2002 con el cual se genera un proceso ordenado y lógico para analizar cada uno de los modos de falla para cada equipo, y de esta forma determinar el tipo de tarea o mantenimiento que requiere, la frecuencia con la cual se debe realizar cada tarea o tipo de mantenimiento y finalmente el responsable que va a tener cada una.

De esta forma en análisis de criterios de consecuencias y la aplicación del modelo de diagrama de decisiones SAE, JA1012, 2002 queda evidenciado en las siguientes tablas, donde se muestra en análisis por equipo y por modo de falla.

Figura 4. Diagrama de decisiones RCM

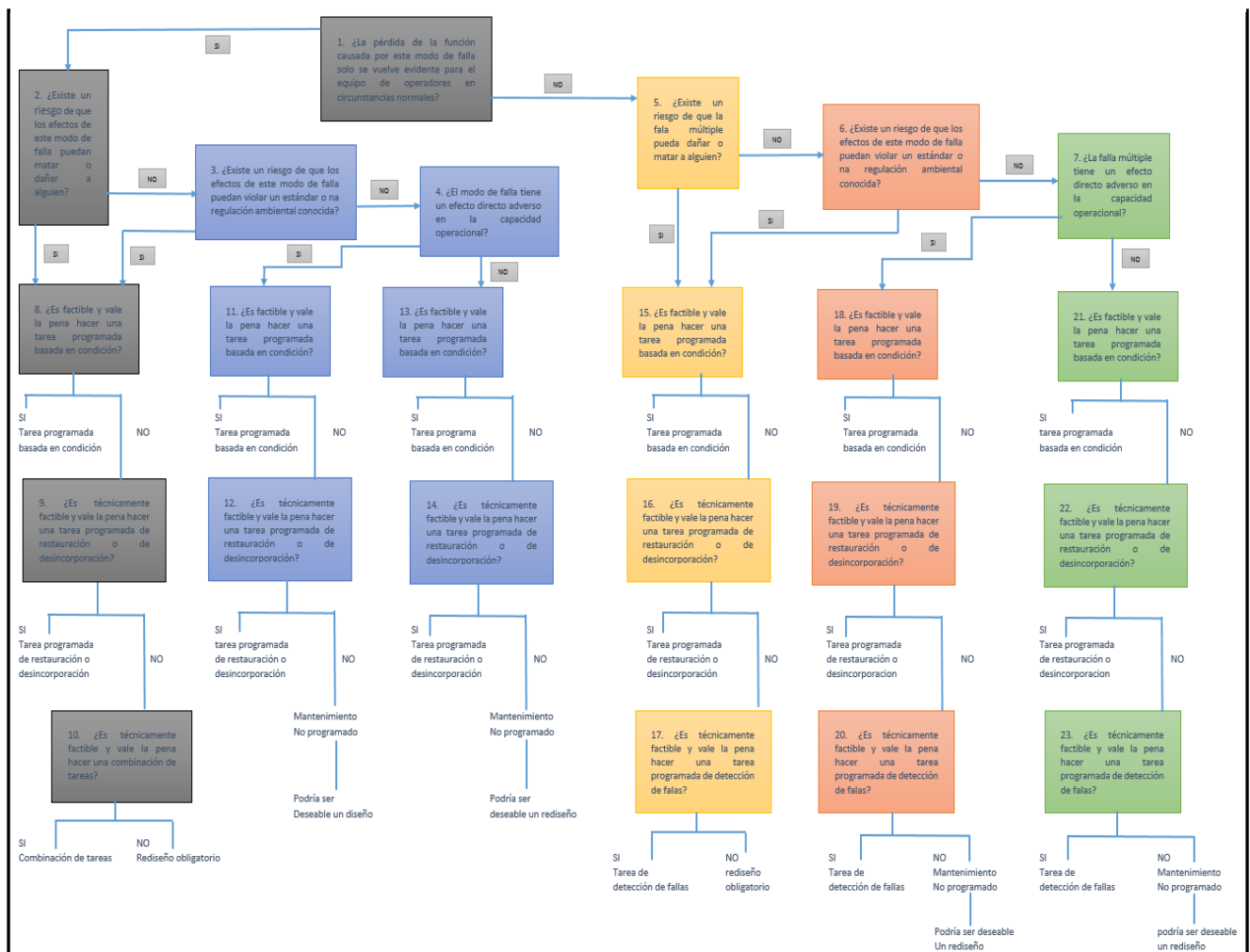


Tabla 22. Análisis de efectos y criticidad envasadora rotativa


HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS									Universidad Industrial de Santander
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO			AMEF Número	1				
EQUIPO	Envasadora rotativa BX500ml			Versión AMEF	1				
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea	
1.1	SI	2	2	8.3	2	14.3	Inspección	T1	
1.2	NO	2	3.3	8.3	2	15.6	Inspección	T1	
1.3	NO	2	2	17	2	23	Inspección	T1	
1.4	NO	2	2	8.3	2	14.3	Inspección	T1	
1.5	NO	2	3.3	8.3	1	14.6	Rutina de Lubricación	T1.2	
1.6	NO	1	3.3	8.3	1	13.6	Inspección	T1	
1.7	NO	2	8.3	6.6	2	18.9	Preventivo	T1.3	
1.8	NO	2	6.6	2	1	11.6	Inspección	T1	
1.9	NO	1	6.6	2	1	10.6	Inspección	T1	
1.10	NO	2	18	6.6	1	27.6	Preventivo	T1.3	
1.11	NO	1	18	5	2	26	Inspección	T1	

Tabla 23. Análisis de efectos y criticidad Posimat


HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO			AMEF Número	3			
EQUIPO	POSIMAT			Versión AMEF	1			
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea
3.1	NO	1	2	3.3	1	7.3	Inspección	T3
3.2	NO	2	1	6.6	1	10.6	Inspección	T3
3.3	NO	1	2	2.6	2	7.6	Inspección	T3
3.4	NO	1	2	2.6	1	6.6	Inspección	T3
3.5	NO	2	2	8.3	1	13.3	Inspección	T3
3.6	NO	2	1	6.6	2	11.6	Rutina de Lubricación	T3.1
3.7	NO	2	2	2.6	2	8.6	Inspección	T3

Tabla 24. Análisis de efectos y criticidad bomba centrífuga R30-PO1 – R30-PO2


HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS									Universidad Industrial de Santander
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número		4				
EQUIPO	BOMBAS R30-P01 - R30-P02		Versión AMEF		1				
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea	
4.1	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4	
4.1.2	SI	1	1	1	1	4	Rutina de Lubricación	T4.1	
4.3	SI	1	1	1	1	4	Preventivo	T4.2	
4.4	SI	1	1	1	1	4	Inspección por condición	T4	
4.5	SI	1	1	1	1	4	Correctivo		
4.6	NO	1	1	1	1	4	Predictivo	T4.3	
4.7	NO	1	1	1	1	4	Rediseño	T4.4	
4.8	NO	1	1	1	1	4	Rediseño	T4.4	
4.9	NO	1	1	1	1	4	Preventivo	T4.2	
4.10	NO	1	2.6	1	1	5.6	Inspección	T4	

Tabla 25. Análisis de efectos y criticidad bomba centrífuga R30-PO2

HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO		LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número		4		
EQUIPO		BOMBAS R30-P01 - R30-P02		Versión AMEF		1		
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea
4.1	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4
4.1.2	SI	1	1	1	1	4	Rutina de Lubricación	T4.1
4.3	SI	1	1	1	1	4	Preventivo	T4.2
4.4	SI	1	1	1	1	4	Inspección por condición	T4
4.5	SI	1	1	1	1	4	Correctivo	
4.6	NO	1	1	1	1	4	Predictivo	T4.3
4.7	NO	1	1	1	1	4	Rediseño	T4.4
4.8	NO	1	1	1	1	4	Rediseño	T4.4
4.9	NO	1	1	1	1	4	Preventivo	T4.2
4.10	NO	1	2.6	1	1	5.6	Inspección	T4

Tabla 26. Análisis de efectos y criticidad tanque almacenamiento R30-PO1


HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número		4			
EQUIPO	BOMBAS R30-P01 - R30-P02		Versión AMEF		1			
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea
7.1	NO	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.2	NO	2	5	1	1	9	Preventivo	T4.1
7.3	NO	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.4	SI	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.5	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4
7.6	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4

Tabla 27. Análisis de efectos y criticidad tanque almacenamiento R30-PO2



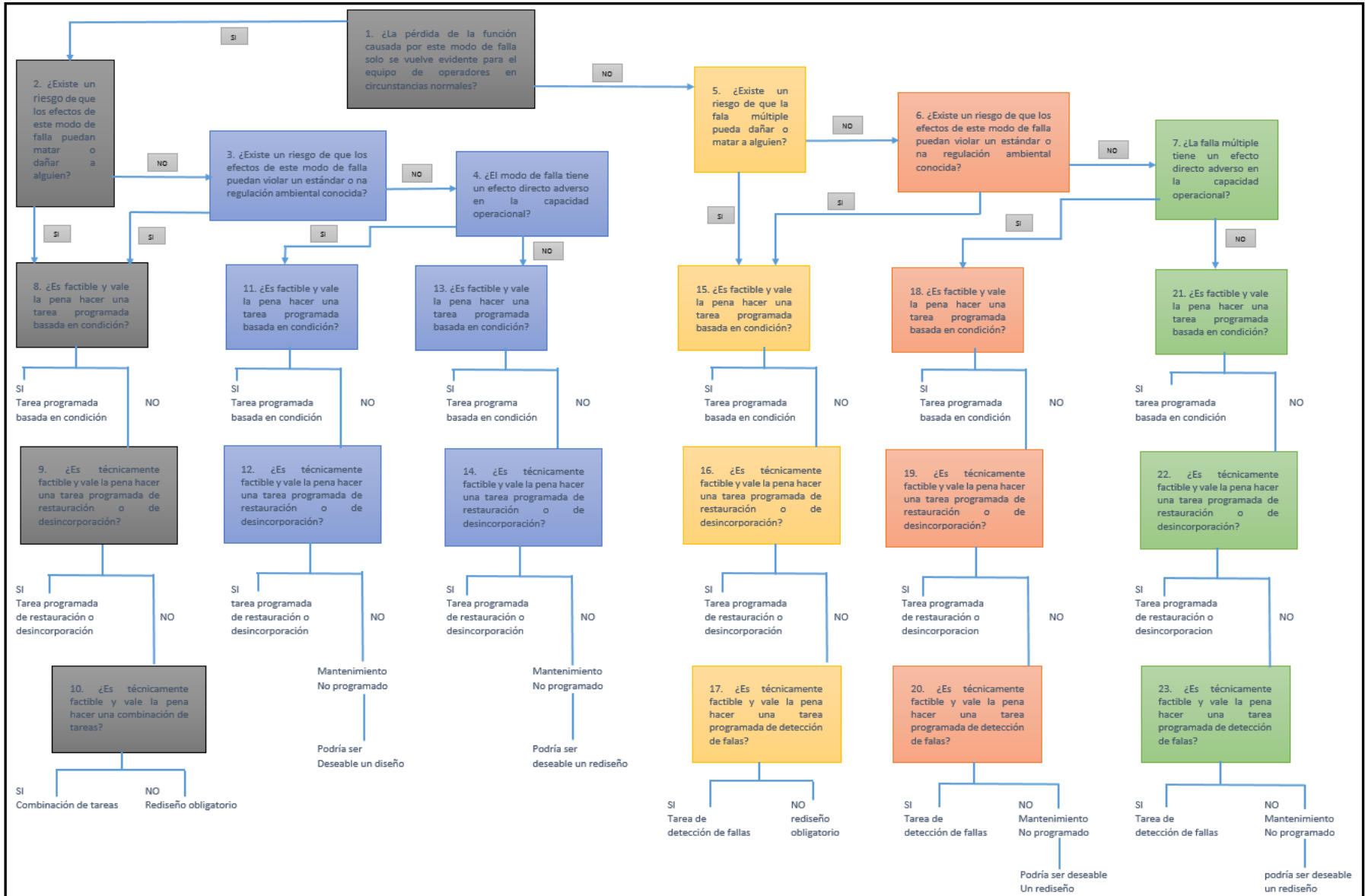
HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS								
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número		4			
EQUIPO	BOMBAS R30-P01 - R30-P02		Versión AMEF		1			
Cod. FF	FALLA O CULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea
7.1	NO	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.2	NO	2	5	1	1	9	Preventivo	T4.1
7.3	NO	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.4	SI	2	5	1	1	9	Inspección	T4
7.5	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4
7.6	NO	1	1	1	1	4	Inspección	T4

Tabla 28. Análisis de efectos y criticidad bomba transportadora R30-BD01

HOJA ANÁLISIS DE EFECTOS Y CRITICIDAD Y SELECCIÓN DE TAREAS									Universidad Industrial de Santander
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número		6				
EQUIPO	Bandas Transportadoras - R30-BD01		Versión AMEF		1				
Cod. FF	FALLA OCULTA?	Riesgo Impacto Ambiental	Riesgo Impacto Seguridad	Riesgo que Impacta la Economía de la empresa	Riesgo Impacta Imagen corporativa	NPR	TIPO DE DECISIÓN	Código de Tarea	
6.1	NO	0	0	6.6	0	6.6	Inspección	T6	
6.2	NO	0	1	6.6	0	7.6	Inspección	T6	
6.3	NO	0	2.6	6.6	0	9.2	Preventivo	T6.1	
6.4	NO	0	2.6	6.6	0	9.2	Inspección	T6	
6.5	NO	0	1	6.6	0	7.6	Inspección	T6	
6.6	NO	0	2.6	6.6	0	9.2	Preventivo	T6.1	
6.7	NO	0	2.6	6.6	0	9.2	Inspección	T6	
6.8	NO	0	3.3	6.6	0	9.9	Inspección	T6	
6.9	NO	0	1	6.6	0	7.6	Preventivo	T6.1	
6.10	NO	0	0	6.6	0	6.6	Rutina lubricación	T6.2	









# Diagrama de decisiones SAW, JA1012 2002




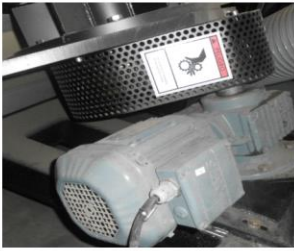
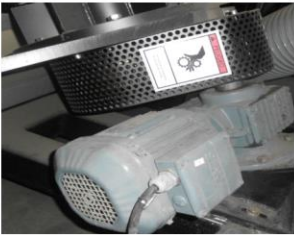




## 12. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Como resultado de los análisis realizados previamente se propone la programación y ejecución de las tareas especificadas a continuación para cada equipo que compone la línea de producción de hipoclorito de sodio.



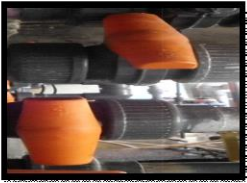


### 12.1 Inspecciones Línea de envasado Hipoclorito de sodio BX500ml

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	1
EQUIPO	Envasadora rotativa BX500ml		Número de Tarea	T1
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	Responsable
<b>Motor eléctrico</b>	Semanal		Verificar ajuste de la tapa de la bodega, ajuste de la tomillería de anclaje del motor a la base metálica, estado de la tapa del ventilador, estado de la base metálica del motor. Con el equipo en servicio, verificar que no presente ruidos extraños. Realizar toma de temperatura en caja de rodamientos y estator del motor, si supera más de 70°C informar de inmediato. Con la mano, verificar si el motor presenta demasiada vibración.	Técnico Mantenimiento Liena
<b>Boquillas</b>	Diario		Verificar el estado de las boquillas que no se encuentren, con fisuras, fracturas, que produzcan fugas, ajustando el sistema, Limpiar y verificar el estado de las bases de la boquilla.	Operado línea
<b>Acoples</b>	Diario		Verificar que no haya materiales extraños en la guía e Inspeccionar estado y desgaste de los dientes de los acoples.	Operado línea
<b>Piñones</b>	Semanal		Verificar que no suelten limadura de metal, sobre las guardas, informar de manera que se realice una inspección y cambio de la pieza.	Operado línea
<b>Estrellas</b>	Semanal		Verificar que no tenga Fisuras, que no se encuentren sueltas, este alineado el sistema en el momento que recibe y entrega el envase, verificar el estado de los pomos.	Operado línea
<b>SISTEMA CONTROL</b>	Diario		Verificar estado de la pantalla (vidrio roto, indicador pegado o no da indicación), Verificar estado de pulsadores y selectores. Verificar estandar de parametros establecidos por referencia.	Operado línea
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>	Semanal		Verificar ajuste de la tomillería de acople al motor, Inspeccionar que el reductor no presente fugas de lubricante, fisuras o fracturas. Inspeccionar estado de empaquetaduras. Inspeccionar el ajuste de la tomillería a la base del moto reductor, Inspeccionar estado de la base del moto reductor.	Técnico Mantenimiento Liena

## 12.2 Inspecciones equipo Posimat

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	1
EQUIPO	Posimat		Número de Tarea	T3
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	Responsable
<b>Motor eléctrico</b>	Semanal		Verificar ajuste de la tapa de la bodega, ajuste de la tomillería de anclaje del motor a la base metálica, estado de la tapa del ventilador, estado de la base metálica del motor. Con el equipo en servicio, verificar que no presente ruidos extraños. Realizar toma de temperatura en caja de rodamientos y estator del motor, si supera mas de 70°C informar de inmediato. Con la mano, verificar si el motor presenta demasiada vibración	Técnico Mantenimiento Línea
<b>Reductor de velocidad</b>	Semanal		Verificar ajuste de la tomillería de acople al motor, Inspeccionar que el reductor no presente fugas de lubricante, fisuras o fracturas. Inspeccionar estado de empaquetaduras. Inspeccionar el ajuste de la tomillería a la base del moto reductor, Inspeccionar estado de la base del moto reductor.	Técnico Mantenimiento Línea
<b>Sistema de Control</b>	Semanal		Verificar el estado de la limpieza del sensor, no se encuentre con fracturas o fisuras, causando una mala lectura, al momento de contar o detectar.	Técnico Mantenimiento Línea
<b>Alveolo y Embudó</b>	Semanal		Verificar que no tenga Fisuras, que no se encuentren sueltas, este alineado el sistema en el momento que recibe y entrega el envase. Revisar el ajuste de pivote, fleje y placa base.	Técnico Mantenimiento Línea
<b>Electroválvulas</b>	Semanal		Verificar que no presenten fugas de aire, exceso de lubricación, las bobinas estén aseguradas y ancladas.	Técnico Mantenimiento Línea
<b>Estructura - chasis</b>	Semanal		Verificar estado de vigas, ángulos y perfiles ( corrosión, fisuras, fracturas, estado de pintura). Inspeccionar estado de soldaduras en diferentes puntos de la estructura.	Técnico Mantenimiento Línea







## 12.3 Inspección equipos de bombeo

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	<b>1</b>
EQUIPO	Bombas centrifugas		Número de Tarea	<b>T3</b>
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	Responsable
<b>Motor Eléctrico</b>			Verificar el ajuste de la tapa de la bornera, ajustar tornillería de anclaje del motor a la carcasa y base metálica, verificar estado de la tapa del ventilador. Con el equipo en servicio Verificar que no presente ruidos extraños (anormales). Con la mano (UTILIZAR GUANTE VAQUETA) verificar si el motor presenta demasiada vibración. Con el equipo trabajando tomar temperatura en el estator.	
<b>Válvulas</b>			Verificar el estado funcional de la válvula (Accionamiento, apertura y cierre). Verificar que no presente fugas o fisuras; reajustar tornillería de la válvula y de conexión a tubería. Verificar estado de empaquetaduras.	
<b>Tubería succión y descarga</b>			Verificar estado del aislamiento en las tuberías de succión y descarga. Verificar que no se presenten fugas en tubería y accesorios. Reapretar tornillería en conexiones de la línea.	
<b>Rodamientos</b>			Verificar estado funcional de los rodamientos, realizar toma de temperaturas de caja de rodamientos en ambos lados (lado libre y lado acople), si la temperatura esta superior a 70° Celsius reportar novedad. Con la mano verificar vibraciones excesivas, verificar que no presente ruidos extraños; e inspeccionar estado de sellos de caja de la caja de rodamientos.	



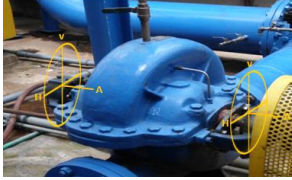
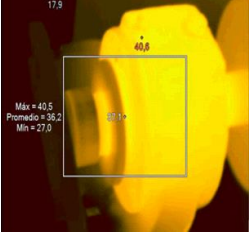

## 12.4 Inspección tanques Almacenamiento

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	4
EQUIPO	Tanques Almacenamiento		Número de Tarea	T4
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	Responsable
Tanque y Bridas	Semanal		Verificar estado del tanque y bridas (Corrosión, golpes, fisuras, fracturas). Verificar que no se presenten fugas de producto.	Operador Línea
Nivel	Semanal		Verificar estado del nivel (Fisuras, fracturas). Verificar que no se presenten fugas de producto. Verificar estado de la regleta y estado de la mirilla.	Operador Línea

## 12.5 Inspecciones Banda Transportadora

RUTINA DE INSPECCIÓN OPERATIVA Y MANTENIMIENTO				
				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO	AMEF Número	6	
EQUIPO	Banda Transportadora		Número de Tarea	
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	
			Responsable	
<b>Motor</b>	Semanal		Inspeccionar ajuste de la tapa de la bodega, ajuste de la tornillería de anclaje del motor a la base metálica, estado de la tapa del ventilador, estado de la base metálica del motor. Con el equipo en servicio, verificar que no presente ruidos extraños. Realizar toma de temperatura en caja de rodamientos y estator del motor, si supera mas de 70°C informar de inmediato. Con la mano, verificar si el motor presenta demasiada vibración.	Técnico mecánico
<b>Reductor</b>	Semanal		Verificar ajuste de la tornillería de acople al motor, Inspeccionar que el reductor no presente fugas de lubricante, fisuras o fracturas. Inspeccionar estado de empaquetaduras. Inspeccionar el ajuste de la tornillería a la base del moto reductor, Inspeccionar estado de la base del moto reductor.	Técnico mecánico
<b>Chumacera</b>	Semanal		Inspeccionar estado del soporte chumacera ( corrosión, fisuras, fracturas). Verificar ajuste de la tornillería del soporte, del soporte al pedestal y del pedestal a la platina de nivelación. Inspeccionar estado de rodamientos (presencia de partículas, lubricación, fisuras, fracturas). Verificar que la chumacera cuente con la grasera.	Técnico mecánico
<b>Control</b>	Semanal		Verifique el funcionamiento del equipo obturando el pulsador de encendido y parada, verificar configuración de parametros estándar para referencia BX500m1	Técnico mecánico
<b>Banda Plastica</b>	Semanal		Verificar estado y funcionamiento de la banda. (fracturas, fisuras, desprendimiento). Inspeccionar visualmente alineación y tensión de la banda.	Técnico mecánico

## 12.6 Predictivo equipos Bombeo

MATO PREDICTIVO "ANÁLISIS DE VIBRACIONES"				
				
PROCESO	LINEA PRODUCCIÓN HIPOCLORITO DE SODIO		AMEF Número	1
EQUIPO	Bombas centrífugas		Número de Tarea	T3
Conjunto	Frecuencia	Imag.	Descripción Inspección	Responsable
Motor Eléctrico	Trimestral		Realizar Análisis de vibraciones con equipo. Tomar lecturas en 2 puntos, lado libre y lado acople como se muestra en la imagen. Se debe tomar en motor en posición vertical, horizontal y axial, este corresponde al punto 1 y 2.	Analizador vibraciones
Bomba	Trimestral		Realizar Análisis de vibraciones con equipo. Tomar lecturas en 2 puntos, lado libre y lado acople como se muestra en la imagen. Se debe tomar en bomba en posición vertical, horizontal y axial, este corresponde al punto 1 y 2.	Analizador vibraciones
Motor Eléctrico	Trimestral		Realizar Termografías con CAMARA TERMOGRAFICA. Tomar termografía lado acople motor y lado libre, enfocando de la mejor manera posible la ubicación del rodamiento.	Analizador vibraciones
Bomba	Trimestral		Realizar Termografías con CAMARA TERMOGRAFICA. Tomar termografía del soporte lado acople y lado libre de la bomba	Analizador vibraciones

### **13.INDICADORES DE MANTENIMIENTO**

Los indicadores de mantenimiento son parámetros numéricos que al ser analizados ofrecen oportunidades de mejora continua en el desarrollo, aplicación de nuestros métodos y técnicas específicas de mantenimiento. La magnitud de los indicadores sirve para comparar con un valor o nivel de referencia con el fin de adoptar acciones correctivas, re diseños de procesos, predictivas entre otras.

La confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad son los indicadores bandera y fundamentales para el mantenimiento. Todas las actividades pueden medirse, de esta forma se puede asegurar que estas vayan en el sentido correcto y permitan evaluar los resultados de una gestión frente a sus objetivos, metas y responsabilidades. El principal beneficio derivado de los indicadores de mantenimiento es el mejoramiento continuo que se hace posible si se realiza un seguimiento exhaustivo a cada línea que conforma el proceso.

Las mediciones son las herramientas básicas no solo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones correctivas o preventivas según sea el caso. Para la línea de producción de detergente liquido se plantean los siguientes indicadores: tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, numero de averías, costos de mantenimiento y ejecución de Mantenimientos preventivos.

Se proponen los siguientes indicadores de gestión para la medición de la eficiencia y efectividad del plan de mantenimiento. A continuación, se hace una breve explicación del indicador, formula, meta, etc. Para la línea de producción de hipoclorito de sodio.

### 13.1 Costos de Mantenimiento

<b>INDICADORES MANTENIMIENTO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE INDICADOR COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>	
<b>Indicador:</b>	<b>Costos de mantenimiento</b>
<b>Descripción</b>	Mide el costo de mantenimiento mecánico por repuestos y servicios sobre unidad de producción
<b>Fórmula:</b>	(A / B), donde: A = El costo por repuestos y servicios de mantenimiento mecánico B = Toneladas producidas en óptimas condiciones de calidad.
<b>Unidad de medida:</b>	\$/T = Pesos/Toneladas
<b>Criterio de evaluación</b>	Ultimo valor obtenido comparado con la meta para ese periodo
<b>Meta:</b>	Por definir
<b>Segmentación:</b>	Por equipos y procesos
<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fuente de datos</b>	Software Mantenimiento
<b>Más alto es mejor:</b>	No
<b>Perspectiva</b>	Procesos
<b>Fecha de inicio del indicador</b>	Octubre 2017
<b>Fórmula de cálculo del indicador:</b>	$((\sum(\text{Costos de mantenimiento mecánico por repuestos y servicios realizados}))/\text{Total de unidades producidas en óptimas condiciones de calidad})$
<b>Observaciones:</b>	

### 13.2 Porcentaje de ejecución mantenimientos preventivos

<b>INDICADORES MANTENIMIENTO</b>	
<b>DESCRIPCION DE INDICADORES MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS</b>	
<b>Indicador:</b>	<b>Mantenimientos Preventivos</b>
<b>Descripción</b>	Mide el porcentaje de actividades de mantenimiento periódico ejecutadas sobre el total programadas
<b>Fórmula:</b>	(A / B) *100, donde: A = N° de actividades realizadas B = N° de actividades programadas
<b>Unidad de medida:</b>	Porcentaje
<b>Criterio de evaluación</b>	Ultimo valor obtenido comparado con la meta para ese periodo
<b>Meta 2018:</b>	
<b>Segmentación:</b>	Por equipos y procesos
<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fuente de datos</b>	Software Mantenimiento
<b>Más alto es mejor:</b>	Si
<b>Perspectiva</b>	Procesos
<b>Fecha de inicio del indicador</b>	Octubre 2017
<b>Fórmula de cálculo del indicador:</b>	$\left( \frac{\sum(\text{Actividades de mantenimiento mecánico y E\&I periódico realizadas})}{\text{total actividades de mantenimiento periódico programadas}} \right) * 100$
<b>Observaciones:</b>	

### 13.3 Tiempo medio entre fallas

INDICADORES MANTENIMIENTO	
DESCRIPCIÓN DE INDICADORES TMF	
<b>Indicador:</b>	<b>Tiempo medio entre fallas</b>
<b>Descripción</b>	Mide el promedio de tiempo que existe entre una falla y otra, (Eficacia)
<b>Fórmula:</b>	(A / B), donde: A = N° de horas programadas para producción B = N° de fallas mecánicas.
<b>Unidad de medida:</b>	Horas
<b>Criterio de evaluación</b>	Ultimo valor obtenido comparado con la meta para ese periodo
<b>Meta 2018:</b>	
<b>Segmentación:</b>	Por equipos y procesos
<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fuente de datos</b>	Software Mantenimiento
<b>Más alto es mejor:</b>	Si
<b>Perspectiva</b>	Procesos
<b>Fecha de inicio del indicador</b>	Octubre 2017
<b>Fórmula de cálculo del indicador:</b>	((Tiempo total programado para producción) / Numero de fallas mecánicas)
<b>Observaciones:</b>	

### 13.4 Tiempo medio de reparación

INDICADORES MANTENIMIENTO	
DESCRIPCION DE INDICADORES TMR	
<b>Indicador:</b>	<b>Tiempo medio de reparación</b>
<b>Descripción</b>	Mide el tiempo promedio que dura una reparación (Eficiencia)
<b>Fórmula:</b>	(A / B), donde: A = N° de horas perdidas por interrupciones mecánicas por mantenimiento correctivo B = N° de fallas mecánicas
<b>Unidad de medida:</b>	Horas
<b>Criterio de evaluación</b>	Ultimo valor obtenido comparado con la meta para ese periodo
<b>Meta 2018:</b>	
<b>Segmentación:</b>	Por equipos y procesos
<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fuente de datos</b>	Software Mantenimiento
<b>Más alto es mejor:</b>	No
<b>Perspectiva</b>	Procesos
<b>Fecha de inicio del indicador</b>	Octubre 2017
<b>Fórmula de cálculo del indicador:</b>	$((\sum(\text{Tiempo de paradas por mantenimiento mecánico} + \text{E\&I correctivo}))/\text{Numero de fallas mecánicas y E\&I})$
<b>Observaciones:</b>	

### 13.5 Número de Averías

<b>INDICADORES MANTENIMIENTO</b>	
<b>DESCRIPCION DE INDICADORES NÚMERO DE AVERIAS</b>	
<b>Indicador:</b>	<b>Número de averías (mecánicas)</b>
<b>Descripción</b>	Mide el número de averías del proceso en un tiempo determinado
<b>Fórmula:</b>	No hay
<b>Unidad de medida:</b>	Cantidad (Número)
<b>Criterio de evaluación</b>	Ultimo valor obtenido comparado con la meta para ese periodo
<b>Meta 2013:</b>	
<b>Segmentación:</b>	Por equipos y procesos
<b>Frecuencia</b>	Mensual
<b>Fuente de datos</b>	Software Mantenimiento
<b>Más alto es mejor:</b>	No
<b>Perspectiva</b>	Procesos
<b>Fecha de inicio del indicador</b>	Octubre 2017
<b>Fórmula de cálculo del indicador:</b>	Cantidad de Averías en un tiempo determinado
<b>Observaciones:</b>	

## 14. CONCLUSIONES

- El diseño de una metodología de Mantenimiento Basado en Confiabilidad RCM se da como una de las mejores alternativas actuales para gestionar los activos de la compañía, en función de la optimización de recursos, presupuestos, tiempos, etc. Asociados a la operación de la Industria.
- La herramienta Análisis de modos y efectos de falla AMEF permite identificar, conocer y priorizar el funcionamiento, fallos funcionales y modos de falla, de la línea de envasado de hipoclorito de sodio, para posteriormente plantear una serie de actividades optimizadas en pro de la reducción y/o eliminación de pérdidas asociadas al proceso.
- La participación y apoyo gerencial para la óptima implementación de un Mantenimiento basado en la Confiabilidad RCM es la base para que un proyecto de esta magnitud logre cumplir con los objetivos y metas propuestas por el área de mantenimiento y los objetivos organizacionales.
- La medición, seguimiento, control y gestión de indicadores de mantenimiento KPI's es una herramienta vital que permite identificar malos actores en los procesos, pérdidas asociadas, desviaciones, etc. Por lo cual para tener una mejora continua en los procesos es indispensable establecer indicadores medibles con metas y objetivos alcanzables y retadores.
- La participación de todos los niveles jerárquicos de la compañía es indispensable para el diseño e implementación de que cualquier estrategia de mantenimiento, el conocimiento, experiencia y aprendizaje de todos los grupos de interés es indispensable para robustecer el resultado final de la metodología.
- El uso adecuado de las herramientas y la metodología RCM permite establecer una gestión de los activos de manera organizada, global y definida; con el fin de optimizar de manera adecuada los recursos asociados al mantenimiento dando valor a la compañía y permitiéndole ser más competitiva en el mercado.
- Para el proceso productivo de hipoclorito de sodio se tienen 3 quipos de alta criticidad, mientras que el restante son equipos de gran importancia pero que tienen menor impacto en criterios ambientales, seguridad, calidad, mantenimiento y operación para el proceso.

## BIBLIOGRAFIA

ISO 14224, Petroleum and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment, International Organization for Standardization, 2004.

MOUBRAY John. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Aladon Ltd, 2004

NOWLAN Stanley and HOWARD Heap. Reliability-centered Maintenance. Department of Defense, Washington, D.C, 1978, Report Number AD-A066579, Unclassified.

SAE JA1011, Evaluation Criteria for Reliability-centered Maintenance (RCM) Processes, Society of Automotive Engineering, 1999.