

**DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CENTRADA EN  
CONFIABILIDAD AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN DE  
AMONIACO DE AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**CAMILO ALEJANDRO MORA BARBOSA  
CESAR LEONARDO CASTILLO VARGAS**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DISEÑO DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO CENTRADA EN  
CONFIABILIDAD AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN DE  
AMONACO DE AVIDESA MAC POLLO S.A.**

**CAMILO ALEJANDRO MORA BARBOSA  
CESAR LEONARDO CASTILLO VARGAS**

**Trabaja de Grado como Requisito para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Director**

**JUAN MANUEL ARGUELLO ESPINOSA  
Docente Facultad de Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2015**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, Febrero de 2015

## DEDICATORIA

A mi papá **ORLANDO MORA ARDILA** por brindarme su apoyo incondicional durante toda la carrera, por confiar en mí y ser un ejemplo a seguir de una persona exitosa, honesta y entregada a su trabajo, por comprenderme y guiarme siempre por el camino correcto.

A mi mamá **LEONOR BARBOSA ROJAS** por ser un pilar fundamental en mi vida brindarme su amor, por ser siempre una excelente mamá a pesar de todas las adversidades y conservarse siempre con sus hijos.

A mi hermana **GINNIE ANDREA MORA BARBOSA** por ser una gran amiga y apoyarme en mis decisiones y comprenderme en mis problemas.

A mi novia **PAOLA CARVAJAL QUINTERO** por convertirse en una persona especial en mi vida, ser un gran apoyo en los momentos que más lo necesito y por brindarme su amor incondicional.

A mi amigo **CESAR LEONARDO CASTILLO VARGAS** por ser una persona incondicional, y luchar junto a mí en nuestro sueño de ser ingenieros mecánicos y por brindarme su amistad.

**CAMILO ALEJANDRO MORA BARBOSA.**

## **DEDICATORIA**

A mis padres **Gil CASTILLO MARTINEZ** y **ESPERANZA VARGAS RODRIGUEZ** y a toda mi familia, por todo el esfuerzo, toda la dedicación, por todo el apoyo moral y económico, indispensables para lograr esta meta.

A mi novia **JULIETH TATIANA COLMENARES JAIMES** por su motivación, su comprensión, su paciencia y sobre todo por su compañía y amor incondicional.

A mis maestros por ilustrarme con sus enseñanzas y preparación, no solo con conocimientos, si no infundiendo valores.

A todos mis compañeros que estuvieron presentes a lo largo de mi carrera y en especial a **CAMILO ALEJANDRO MORA BARBOSA** por su gran ayuda y colaboración en la realización de este proyecto.

**CESAR LEONARDO CASTILLO VARGAS**

## AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Al cuerpo de docentes **INGENIERIA MECANICA** de la **UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA** por su ilustración y en especial al **ING. ROSSVAN PLATA VILLAMIZAR** y al **Diseñador Industrial, JUAN MANUEL ARGUIELLO ESPINOSA** por su asesoría y ser un pilar fundamental para la realización de este proyecto.

**ING. DAVID FUENTES**, por ser nuestro guía durante todo el proyecto, y darnos las recomendaciones necesarias para que este proyecto pudiese realizarse correctamente.

A la empresa **AVIDESA MAC POLLO S.A.**, por la confianza depositada en nosotros para la realización de su programa de mantenimiento.

## TABLA DE CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION	15
1. OBJETIVOS	16
1.1 OBJETIVO GENERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
2. MARCO TEORICO	18
2.1 RAZON DE SER	18
2.1.1 Actividad Económica	18
2.1.2 Misión	18
2.1.3 Visión	18
2.1.4 Historia	18
2.2 LOCALIZACION	19
2.3 PRESERVACION DE LOS PRODUCTOS	21
2.3.1 Individual Quick Freezing (IQF) Congelación rápida individual	21
2.3.2 Principales equipos que conforman el sistema de refrigeración	22
2.4 MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM–MSG3)	25
2.4.1 Enfoque RCM	25
2.4.2 Descripción de los pasos para el proceso completo del RCM	28
2.4.3 Definicion de RCM-MSG3	30
2.4.4 Diferencias entre MSG-3 Y RCM	30
2.4.5 Explicación del proceso RCM-MSG3	31
2.5 MODULO DE PROGRAMACION PM-SAP	50
2.5.1 Módulos integrados de SAP	51
3. SELECCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO	55
3.1 PLANTILLA DIVISIÓN FUNCIONAL (DIAGRAMA DE BLOQUE FUNCIONAL)	58

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN Y USO DE LAS PLANTILLAS BAJO LA LÓGICA RCM – MSG 3	62
3.2.1 Plantilla de División Funcional	62
3.2.1 Plantilla Causa-Efecto	65
3.2.2 Plantilla Lista de tareas	75
3.2.3 Arbol logico de decisiones	77
3.2.4 Plantilla Lista de Tareas MSG-3	78
4. CREACION Y PROGRAMACION DE HOJAS DE RUTA EN HERRAMIENTA PM-SAP	89
5. CONCLUSIONES	113
BIBLIOGRAFIA	114

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Puntos de venta AVIDESA MAC POLLO S.A. En Colombia	20
Figura 2. Cuartos fríos, Planta Frigo Andes	21
Figura 3. Sistema de congelación IQF Planta frigo andes	22
Figura 4. Compresores Etapa De Baja – Zona de maquinas Planta Frigo andes	23
Figura 5. Compreso Etapa Alta – Zona de maquinas Planta Frigo andes	24
Figura 6. Compresor y Cuarto Frio – Zona de maquinas Planta Frigo andes	25
Figura 7. Pasos para la realización de un RCM	29
Figura 8. Orden Estructural Para El Listado de Equipos	32
Figura 9. División Funcional Para los componentes del sistema	33
Figura 10. Árbol de decisión MSG3	38
Figura 11. Árbol de decisión MSG3 extracto	39
Figura 12. Logo SAP	50
Figura 13. Módulos SAP	51
Figura 14. Logo Correspondiente A La Empresa	58
Figura 15. Simbolo Correspondiente Institucion de Pasantes	59
Figura 16. Logo Correspondiente software PM-SAP	59
Figura 17. Árbol lógico de decisiones	77

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Division Funcional, plantilla Excel	33
Tabla 2. Matriz Probabilidad Concecuencia – Plantilla Excel	35
Tabla 3. Prioridad de los modos de fallo	36
Tabla 4. Fallas Evidentes – Efectos de Producción – Nivel 2	40
Tabla 5. Fallas Evidentes – Efectos De No Produccion – Nivel 2	41
Tabla 6. Fallas Evidentes – Efectos de Seguridad – Nivel 2	42
Tabla 7. Fallas Ocultas – Efectos De Seguridad – Nivel 2	44
Tabla 8. Fallas ocultas – Efectos No Seguridad – Nivel 2	45
Tabla 9. Diseño Plantilla – División Funcional – Excel	57
Tabla 10. Ítem y niveles de partición	60
Tabla 11. Listado de componentes	61
Tabla 12. Código SAP	61
Tabla 13. Plantilla División Funcional y Partes que lo Conforman	62
Tabla 14. Nivel 1 plantilla division funcional	63
Tabla 15. Nivel 2 plantilla división funcional	63
Tabla 16. Nivel 3 plantilla división funcional	64
Tabla 17. Nivel 4 plantilla división funcional	64
Tabla 18. Nivel 5 plantilla división funcional	65
Tabla 19. Diseño plantilla causa efecto	66
Tabla 20. Contenido Plantilla causa efecto	67
Tabla 21. consecuencia por fallo	68
Tabla 22. Datos incluidos en ítem y nombre de partición	69
Tabla 23. Inclusion de modos de fallos en la plantilla	70
Tabla 24. Inclusion descpcion del modo de falla	70
Tabla 25. Evaluación del modo de falla (efecto o causa)	72
Tabla 26. Modos de falla (causa o efecto)	72
Tabla 27. Matriz probabilidad consecuencia	73

Tabla 28. Evaluación de los modos según su probabilidad	74
Tabla 29. Ejemplo de elemento critico	75
Tabla 30. Plantilla de tareas	76
Tabla 31. Plantilla tareas – Códigos y numeración	78
Tabla 32. Modo de falla – plantilla de tareas	79
Tabla 33. Clasificación de las secciones en la plantilla de tareas	83
Tabla 34. Clasificacion de las secciones en la plantilla de tareas	84
Tabla 35. Clasificacion de las secciones en la plantilla de tareas	85
Tabla 36. Hoja de ruta – Porgramación	88
Tabla 37. Interfaz PM-SAP	89
Tabla 38. Creación de accesos	90
Tabla 39. Creacion Instrucción - Cabecera vista general	92
Tabla 40. Resumen Operaciones	93
Tabla 41. Resumen Operaciones – Descripcion de parametros	93
Tabla 42. Tareas mantenimiento – apiladas a una inspección	94
Tabla 43. Especificación materiales necesarios para inspección	95
Tabla 44. Tareas de mantenimiento – inspección	95
Tabla 45. Selección de materiales y componentes	96
Tabla 46. Creacion Plan Mantenimiento	97
Tabla 47. Crear plan mantenimiento preventivo - estrategia	98
Tabla 48. Datos de planificación	99
Tabla 49. Datos Planificación	100
Tabla 50. Datos Planificacion – Actividad PM	100
Tabla 51. Datos hoja de ruta	101
Tabla 52. Visualización hojas de ruta	102
Tabla 53. Ubicación tecnica hoja de ruta	102
Tabla 54. Visualización al archivar la programación	103
Tabla 55. Acceso rápido – Transacciones	103
Tabla 56. Opción Transacción	104
Tabla 57. Agregar información plan preventivo	105

Tabla 58. Modificación plan preventivo	106
Tabla 59. Tiempos estimados	107
Tabla 60. Números de orden y tipo de estrategia	107
Tabla 61. Hoja de ruta Generada y terminada	109

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** Diseño de la estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad al sistema de refrigeración por absorción de amoníaco de Avides Mac Pollo S.A.

**AUTOR(ES):** Cesar Leonardo Castillo Vargas  
Camilo Alejandro Mora Barbosa

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR(A):** Juan Manuel Arguello Espinoza

### RESUMEN

Desarrollo de una estrategia de mantenimiento para el sistema de refrigeración por absorción de amoníaco, basada en la metodología RCM-MSG3, analizando en su totalidad el sistema de refrigeración perteneciente a la planta Frigo Andes de Avides Mac pollo. El desarrollo de esta estrategia se hace con el fin de minimizar las fallas emergentes y optimizar el mantenimiento de esta planta. Para crea una serie de platillas las cuales contienen información necesaria, como los modos de falla de cada uno de los elementos del sistema, componentes, código SAP entre otros. Por medio del software SAP se recopila la información de todo el sistema para así poder clasificar cada una de las tareas por factor tiempo, para crear y programar hojas de ruta planificadas para el año 2015.

**PALABRAS  
CLAVES:**

RCM, SAP, Confiabilidad, Mantenimiento preventivo

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE**

**TITLE:** DESIGN STRATEGY RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE SYSTEM OF AMMONIA ABSORPTION COOLING OF AVIDESA MAC POLLO S.A.

**AUTHOR(S):** Cesar Leonardo Castillo Vargas  
Camilo Alejandro Mora Barbosa

**FACULTY:** Facultad de Ingeniería Mecánica

**DIRECTOR:** Juan Manuel Arguello Espinoza

### **ABSTRACT**

Developing a maintenance strategy for absorption refrigeration system ammonia-based MSG3 RCM methodology, analyzing fully the cooling system belonging to the Andes of Avidesa Mac Mac Pollo plant. The development of this strategy is to minimize emerging faults and optimize the maintenance of the plant. To create a series of templates which contain necessary information such as the failure modes of each of the system elements, components, SAP code among others. Through the SAP software information collected throughout the system in order to classify each of the tasks by time factor, to create and schedule roadmaps planned for 2015.

### **KEYWORDS:**

RCM, SAP, Reliability, Preventive Maintenance

**V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK**

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo tiene como objetivo el diseño de una estrategia de mantenimiento basada en confiabilidad (RCM-MSG3), al sistema de refrigeración por absorción de amoníaco perteneciente a la planta FRIGOANDES DE AVIDESA MAC POLLO S.A. La aplicación y realización de esta estrategia nace de la necesidad de mejorar la mantenibilidad de la producción en la planta, además de eso se busca la reducción de costos en el mantenimiento del sistema.

Esta estrategia facilitará las tareas de mantenimiento del sistema, ya que se tendrá el listado de piezas que componen cada una de las máquinas correspondientes al sistema de refrigeración, por medio de la herramienta de Excel se crearán una serie de plantillas, con el fin de tener toda la información clara y ordenada, con sus respectivos modos de fallo, su grado de criticidad y las tareas que se deben realizar para contrarrestar o evitar la aparición de fallos.

Para la ejecución de las tareas se hará uso de la herramienta PM-SAP donde se consignarán todos los datos que se han recopilado (listado de modos de fallo, tareas detalladas, procedimientos, frecuencia de ejecución, personal) durante todo el proceso de realización o implementación de esta estrategia y posterior a esto se consolidan las hojas de ruta, las cuales contendrán todos los datos mencionados anteriormente para finalmente dar la orden de ejecución al personal que está capacitado para realizar la tarea de mantenimiento que corresponda.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar la estrategia de mantenimiento centrada en confiabilidad (RCM) Reliability Centered Maintenance, utilizando la metodología RCM-MSG3 para el sistema de refrigeración por absorción perteneciente a la planta FRIGOANDES DE AVIDESA MACPOLLO S.A ubicada en Floridablanca, Santander.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la caracterización para los equipos del sistema de refrigeración por absorción en la empresa Avidesa Mac Pollo S.A por medio de catálogos de partes de los equipos y los manuales de operación. Resultado: partes de los equipos con sus códigos identificados en catálogos o manuales de operación. Indicador: fijar parámetros para abordar los componentes de los equipos y realizar el estudio RCM-MSG3.
- Determinar la totalidad de las fallas funcionales de los componentes del sistema de refrigeración por absorción mediante un AMEF (Análisis de modo y efecto de falla) a través de visitas a campo, históricos de mantenimiento y la experiencia del equipo de ejecución de mantenimiento. Resultado: listado de las fallas que afectan la operación normal de los componentes del sistema. Indicador: clasificación de las fallas más relevantes que van a ser estudiadas mediante la lógica MSG3 (solo modos de falla que sean **causa**) o modos de falla que sean efectos y tengan que validarse con la matriz probabilidad consecuencia.

- Determinar las consecuencias de cada modo de falla mediante la matriz de decisión consecuencia de la metodología RCM-MSG3 del sistema de refrigeración por absorción. Resultado: clasificación de las fallas en (baja, media y alta) según el grado de consecuencia. Indicador: se analizarán las fallas que tengan un grado de consecuencia (medio y alto) según la matriz de probabilidad consecuencia.
- Establecer las tareas de mantenimiento para cada modo de falla clasificado a estudio mediante el cuadro lógico de tareas de la metodología RCM-MSG3 utilizado en la empresa Avidesa Mac Pollo. Resultado: tareas de mantenimiento a realizar. Indicador: predecir o prevenir los modos de falla identificados según el cuadro lógico de tareas MSG3.
- Integrar las tareas de mantenimiento y hojas de ruta producto del análisis efectuado en la metodología RCM-MSG3 a través de la herramienta software PM-SAP. Resultado: obtener las hojas de ruta con sus respectivas tareas para cada uno de los equipos. Indicador: entregar las órdenes de mantenimiento según los tiempos programados.  
Hojas de ruta: Es donde se establece una serie de pasos para lograr un objetivo, donde se especifican tiempos y recursos necesarios para llevarlo a cabo.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 RAZÓN DE SER

**2.1.1 Actividad Económica.** La empresa AVIDESA MAC POLLO S.A. tiene como actividad económica la explotación de la industria avícola, pecuaria y agrícola en todos sus aspectos, llegando hasta la comercialización de todos los productos que se originen de estas actividades.

**2.1.2 Misión.** “La organización AVIDESA MAC POLLO S.A. Tiene como misión producir y comercializar proteína cuyo origen es el pollo, en forma altamente eficiente y rentable, que satisfaga plenamente las necesidades de los consumidores, con las mejores alternativas, los más exigentes estándares de calidad, a los mejores precios, logrando que cada vez más personas accedan a una mejor nutrición, respetar el medio ambiente y generar el compromiso, crecimiento y bienestar del recurso humano.<sup>1</sup>

**2.1.3 Visión.** “La organización AVIDESA MAC POLLO S.A. Se convertirá en la mejor empresa de producción y comercialización de pollo siendo reconocidos por la bioseguridad y la alta calidad del recurso humano, encaminado totalmente hacia la satisfacción de las necesidades de sus clientes.<sup>2</sup>

**2.1.4 Historia.** En Marzo de 1.969 se constituye la sociedad comercial Avidesa Ltda., como distribuidora de alimentos concentrados para todo tipo de animales. Algunos años más tarde, Avidesa Ltda. Inicia una producción de pollo de engorde con un proceso artesanal que después se industrializa en una planta de proceso en el año de 1.979, esta planta era conocida como PROAVESAN.

---

<sup>1</sup> <http://www. www.macpollo.com/Quienessomos.htm>

<sup>2</sup> Ibid.

## 2.2 LOCALIZACIÓN

La empresa Avidesa Mac Pollo S.A se localiza en la ciudad de Bucaramanga, Santander. Sus oficinas administrativas se encuentran ubicadas en el anillo vial vía a girón, hacia la vereda Río frío.

En Floridablanca se encuentran las Plantas de Incubación, Planta de Beneficio, Planta Frigo-Andes, Planta de Procesos Especiales y las Oficinas de Granjas que administran 166 granjas, ubicadas en Girón, Ruitoque, Mesa de los Santos, Barranca, Zapatoca, Piedecuesta, Floridablanca, Lebrija y Rionegro.

La Planta de Alimentos y la Planta de Harinas, se encuentran en Girón (Chimita).

Sus Distribuidoras de producto, se encuentran en veinticuatro (24), ciudades del país, que reciben pollo desde las Plantas de Bucaramanga y Buga.

En cada ciudad se comercializa el canal de mayoreo por la Distribuidora y en los almacenes los clientes de mostrador.

En la actualidad tiene un total de 168 puntos de venta con un sistema en línea (POS), que se pueden observar en la siguiente figura.

POS: Sistema que permite consolidar en línea la información de múltiples establecimientos, es una herramienta ideal en la gestión integral de los puntos de ventas. Este software poli funcional facilita la manera de operar un negocio, ofrece confianza y seguridad acerca de lo que está ocurriendo en tiempo real al realizar una venta, además es un software inteligente que ayuda a la toma de decisiones, basándose en información real y actual de cualquier empresa.

**Figura 1. Puntos de venta AVIDESA MAC POLLO S.A. En Colombia**



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

Al finalizar todo el proceso por el que se sometió el producto, se dispone a venderse en todos los puntos indicados del país, con presentaciones en pre-enfriado a (-4°) y congelado a (-18°), se expone a la venta presas de pechuga, perniles, alas, pollo entero y menudencias.

Productos precocidos como las salchichas, chorizos, jamón, mortadela, rollos de pechuga, rollos de pasta y Molipollo. También se comercializan Carne y Grasa de Pollo de uso Industrial.

## 2.3 PRESERVACION DE LOS PRODUCTOS

Figura 2. Cuartos fríos, Planta Frigo Andes



Fuente: Autores del proyecto

En la planta Frigo Andes se cuenta con un sistema de refrigeración rápido en espiral (IQF) el cual garantiza que se conserve la textura y todos los nutrientes que ofrece el producto al ser descongelado, posterior a este proceso un porcentaje del producto se almacenará en cuartos fríos y otro porcentaje se irá directamente a los puntos de distribución.

**2.3.1 Individual Quick Freezing (IQF) Congelación rápida individual.** La congelación rápida individual, consiste en congelar un producto rápidamente, para lograr esto se necesita extraer todo el calor latente y sensible del producto por esto se lleva a bajas temperaturas. Hay diferentes tipos de congelación.

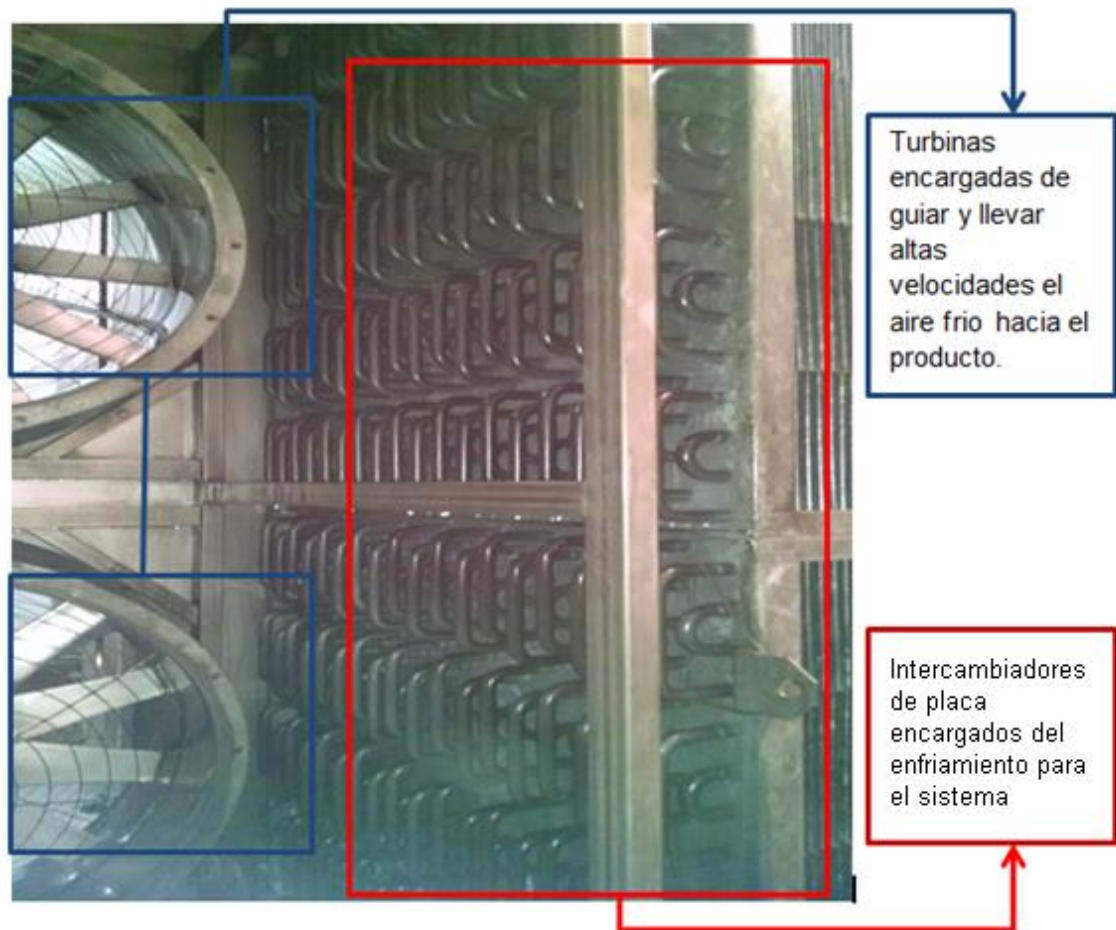
El sistema de refrigeración<sup>3</sup> (IQF) cuenta con diferentes maneras de congelación entre esas tenemos congelación por contacto directo, por inmersión, criogénica y congelación por aire forzado; para el caso de la planta Frigo Andes de Avides Mac Pollo se emplea congelación por aire forzado que se logra mediante flujos de

---

<sup>3</sup> HASEGAWA USA INC, INDUSTRIAL REFRIGERACION EQUIPMENT. Manual de equipo de refrigeración amoniaco.

aire a velocidades relativamente altas que circulan sobre el producto extrayendo el calor de éste, para luego volver a enfriarlo en un intercambiador de aire-refrigerante antes de ser recirculado, como se ve en la figura 3.

**Figura 3. Sistema de congelación IQF Planta frigo andes**



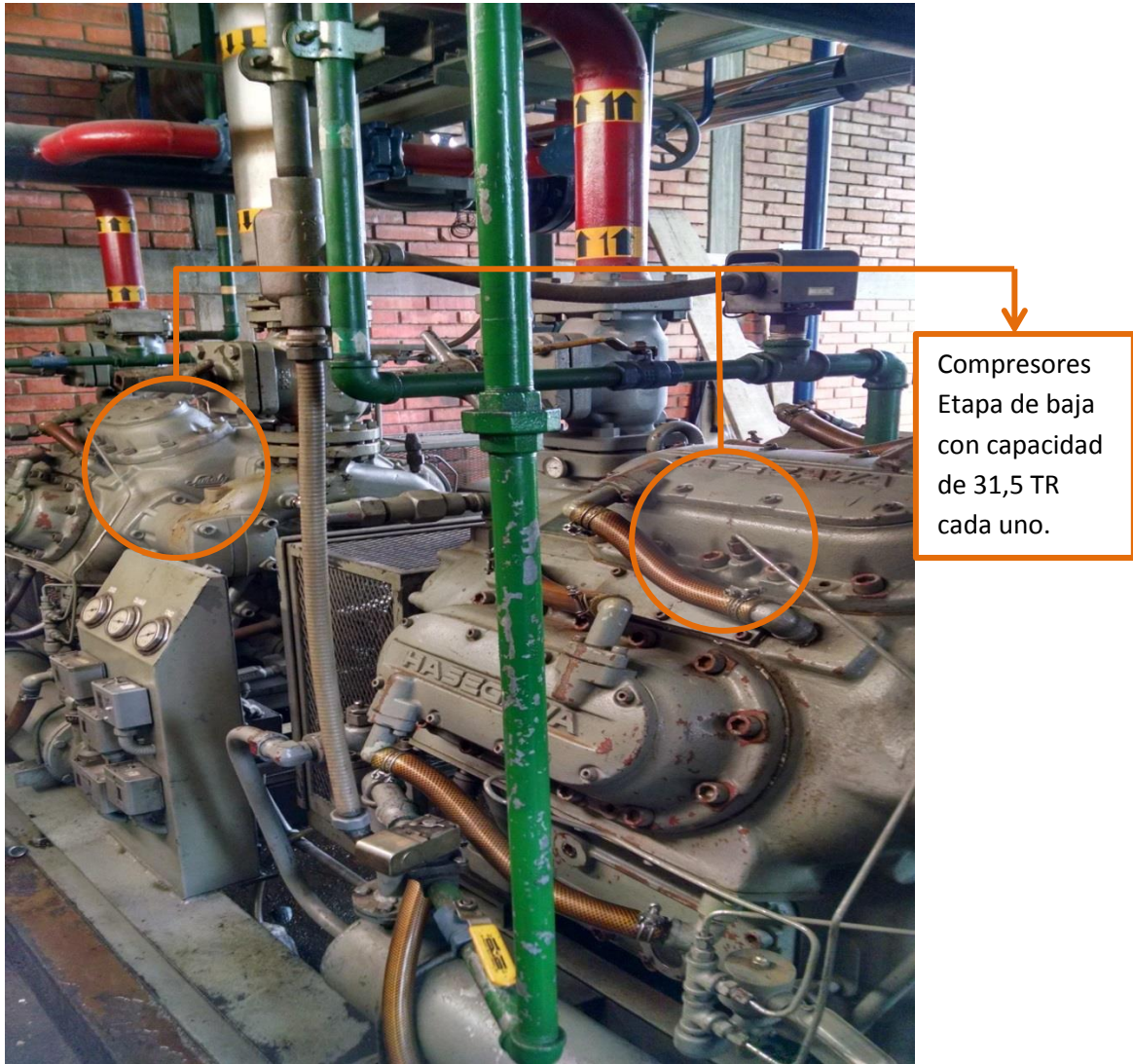
Fuente: Autores del proyecto

**2.3.2 Principales equipos que conforman el sistema de refrigeración<sup>4</sup>.** El sistema de refrigeración por absorción trabaja con amoníaco como refrigerante en dos etapas, en primera instancia evaporando a  $-40^{\circ}\text{C}$ . Como se puede apreciar en

<sup>4</sup> FRIGOSCANDIA EQUIPMENT, OWNERS MANUAL. GYROSTACK GS 16

la Figura 4, Con dos compresores en etapa de baja cada uno con una capacidad de 31.5 TR y un motor de 60 Hp.

Figura 4. Compresores Etapa De Baja – Zona de maquinas Planta Frigo andes

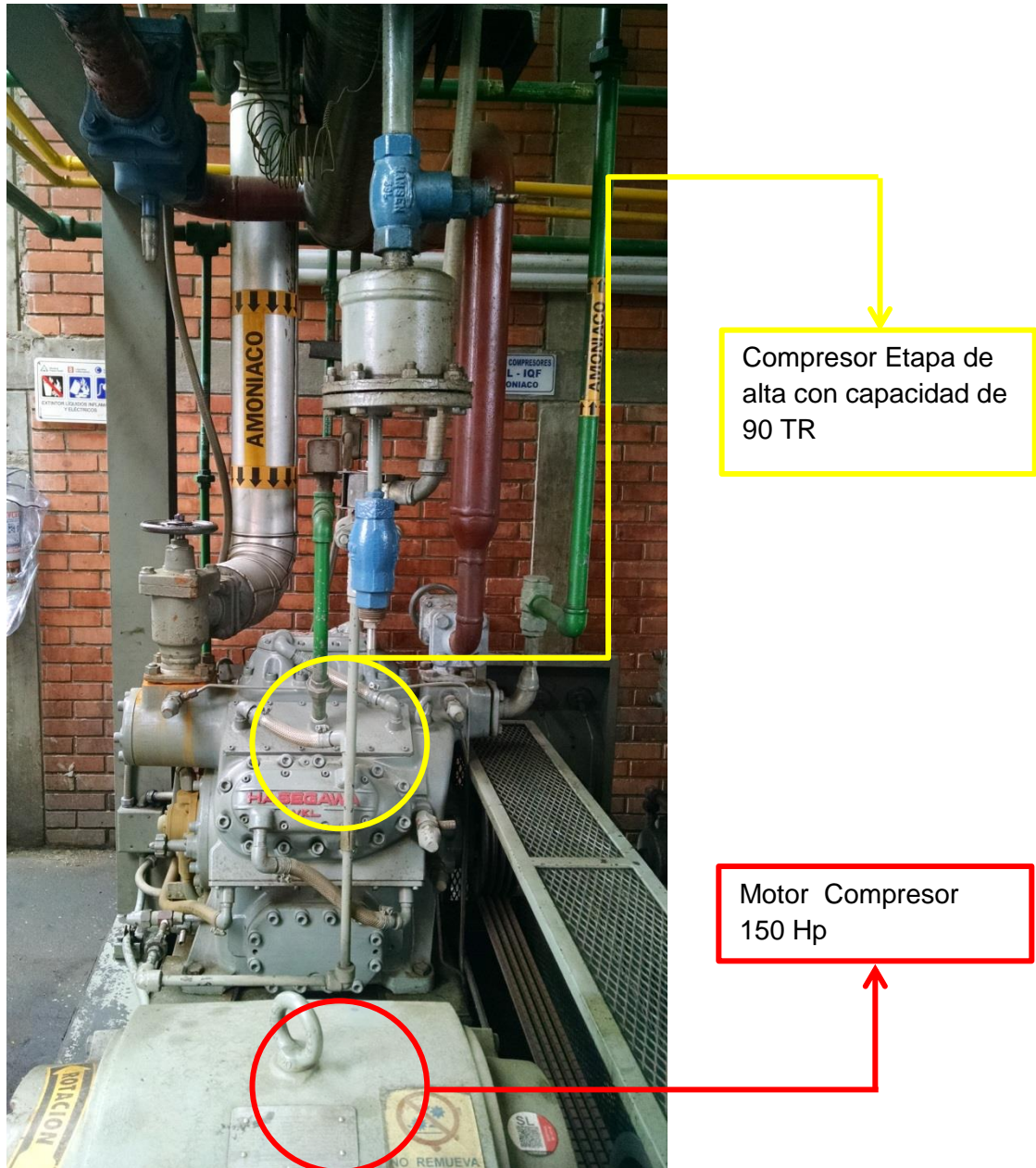


Fuente: Autores del proyecto

En la etapa de alta se dispone de un compresor con capacidad de 90 TR e intercooler y un motor de 150 Hp como se aprecia en la figura 5, para servir a un IQF que se usa para preenfriar pollo a 3200 kg/h o congelar a 1200 kg/h.

TR: Toneladas de Refrigeraciòn.

Figura 5. Compreso Etapa Alta – Zona de maquinas Planta Frigo andes

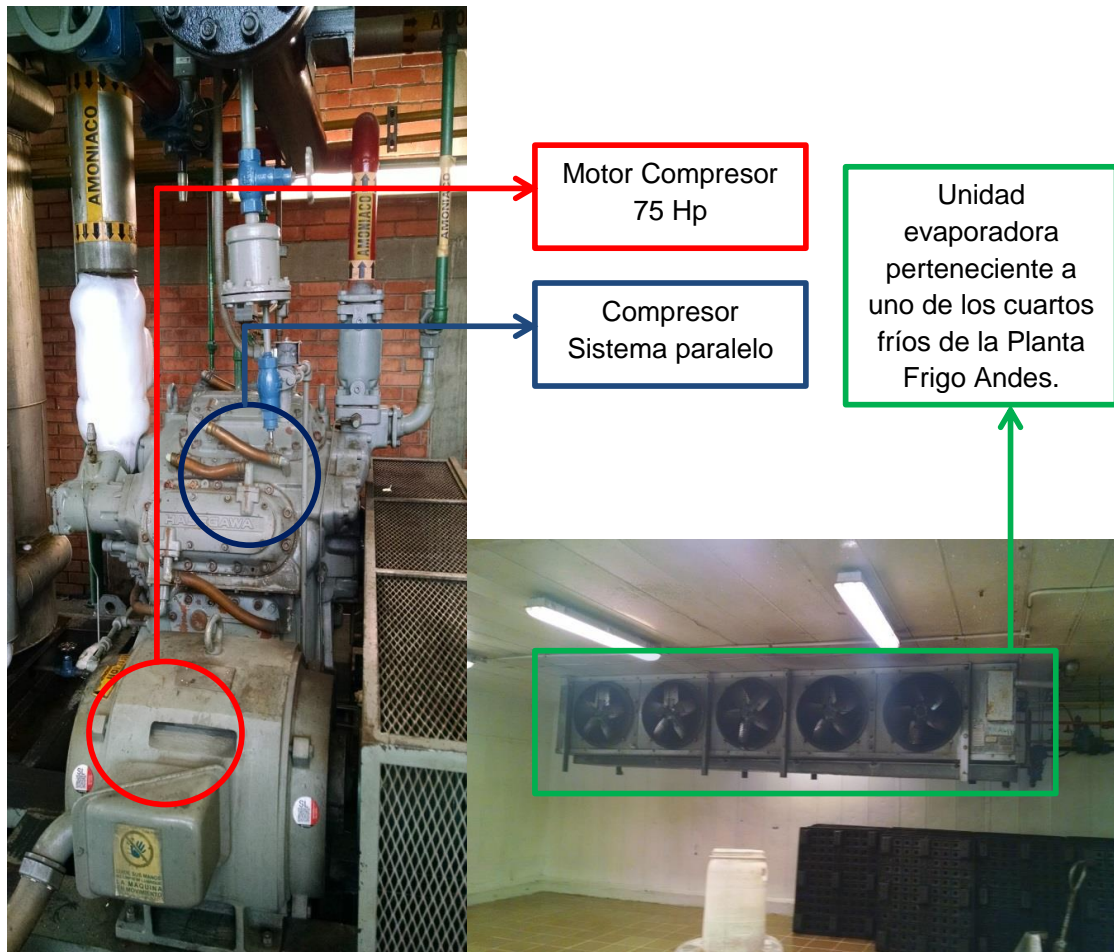


Fuente: Autores del proyecto

En un sistema paralelo de mediana temperatura como se puede observar en la Figura 6 sirve a un cuarto frio y a dos salones de proceso con una capacidad de

50 TR a  $-6.8^{\circ}\text{C}$  temperatura de evaporación, el motor de compresor de 75 Hp. El sistema opera con válvulas de expansión y 5 evaporadores.

**Figura 6. Compresor y Cuarto Frio – Zona de maquinas Planta Frigo andes**



Fuente: Autores del proyecto

## 2.4 MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM-MSG3)

**2.4.1 Enfoque RCM<sup>5</sup>.** Antes del desarrollo del enfoque RCM, se cree ampliamente que todo tenía un momento adecuado para algunos PM, por lo general la

<sup>5</sup> MOUBRAY Jhon. RCM II Mantenimiento centrado en Confiabilidad. Edición en Español. 2004 de Aladon. LLC. 2004. 433p ISBN 095539603-2-3.

sustitución o reacondicionamiento de partes. Muchos creían que el personal de mantenimiento mediante la sustitución de partes de un producto o la revisión del producto (o partes reparables de los mismos) durante la operación podría reducir la tasa de fallas. A pesar de esta opinión comúnmente aceptada, los resultados parecían contar una historia diferente. En demasiados casos, PM parecía no tener efectos beneficiosos. De hecho, en muchos casos, PM realidad empeoró las cosas al proporcionar más oportunidades para que las fallas tuviesen mantenimiento inducido. PM: Mantenimiento Preventivo

El enfoque RCM ofrece una forma lógica de la determinación de si PM tiene sentido para un determinado activo y en caso afirmativo, seleccionar el tipo apropiado de PM en base a lo siguiente: El objetivo del mantenimiento es preservar la función de los activos, RCM no solo procura el buen funcionamiento del equipo, si no también se encarga preservar la operabilidad segura “operability safe”. La redundancia mejora la fiabilidad funcional, pero aumenta el coste del ciclo de vida en términos de adquisición y ciclo de vida de costos. RCM se centra en el sistema final. RCM está más preocupado en mantener la función del sistema, que en mantener la función de los componentes individuales.

Las características de las fallas en cuestión deben ser entendidas para determinar la eficacia del mantenimiento preventivo. RCM no está demasiado preocupado con la tasa de fallos simples; se busca conocer la probabilidad condicional de falla a edades específicas (la probabilidad de que se produzcan fallos en cada grupo de edad de funcionamiento dado). RCM es impulsada primero por la seguridad y luego la economía. La seguridad siempre debe ser preservada. Cuando la seguridad no es un problema, el primer registro debe estar justificado por razones económicas.

El concepto de RCM ha cambiado por completo la forma en que PM es visto. Ahora es un hecho ampliamente aceptado que no todos los elementos se

benefician de PM, Por otra parte, incluso cuando PM sería eficaz, a menudo es menos costoso, pero en ocasiones es más económico dejar que ocurra la falla en lugar de hacer PM.

Aquí se resume los pasos en el proceso de la RCM. Idealmente, el análisis RCM se inicia en el diseño y desarrollo de un nuevo sistema. Sin embargo, también puede ser utilizado muy efectivamente para modificar y optimizar el programa de mantenimiento para un sistema existente. Si el sistema se está desarrollando o ha estado en el campo desde hace algún tiempo, los pasos básicos en el proceso de la CRM siguen siendo los mismos:

Fase 1. Obtener información de entrada necesaria

Fase 2. Lleve a cabo el análisis de RCM

Fase 3. Implementar árbol lógico

Fase 4. Determinar la eficacia

Fase 5. Determinar el impacto económico

Fase 6. Identificar PM tareas

Fase 7. Tareas del paquete

Fase 8. Supervisar el programa de mantenimiento

**2.4.2 Descripción de los pasos para el proceso completo del RCM.** La metodología del RCM completa tiene en cuenta la siguiente secuencia de fases para cada equipo:

**Fase 1:** Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos.

**Fase 2:** Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

**Fase 3:** Determinación y definición de los fallos funcionales y fallos técnicos.

**Fase 4:** Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

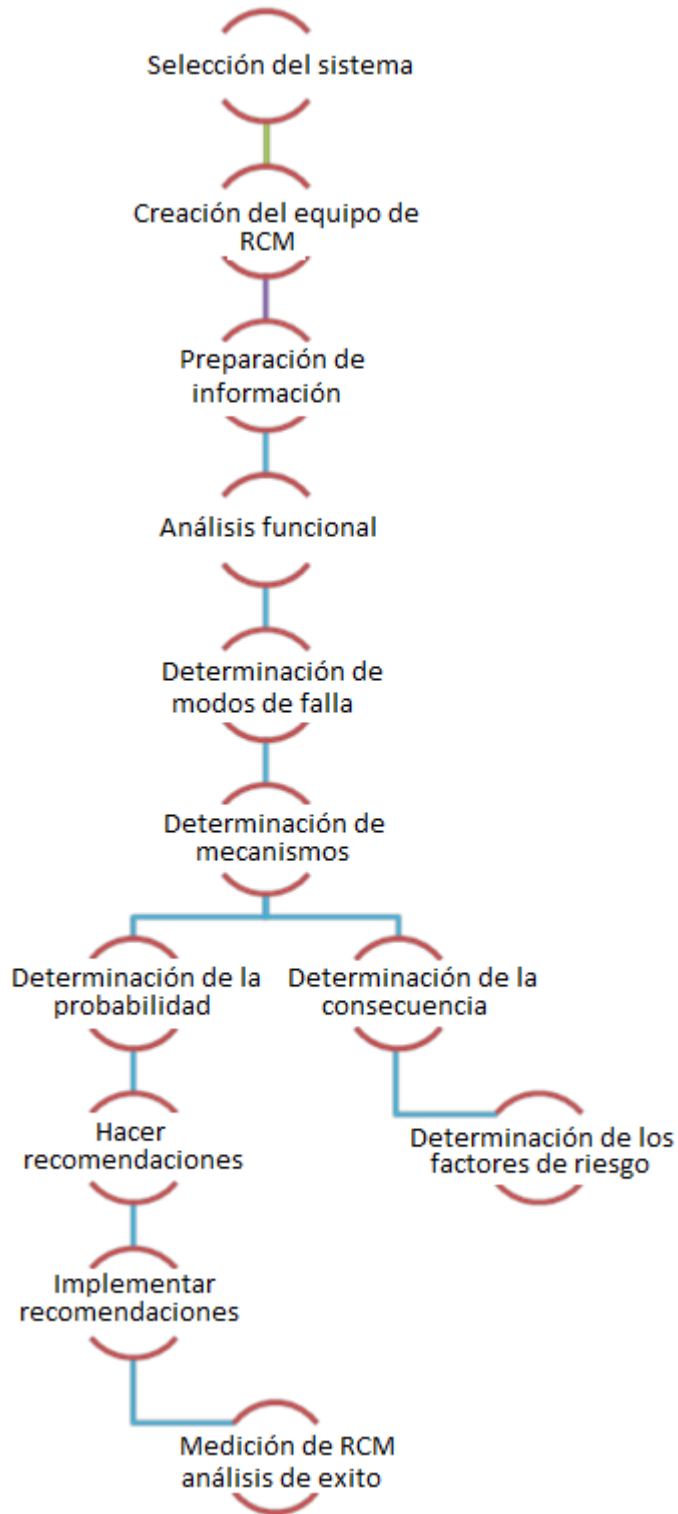
**Fase 5:** Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en bajos, medios y altos.

**Fase 6:** Determinación de medidas preventivas que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

**Fase 7:** Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento.

**Fase 8:** Puesta en marcha de las medidas preventivas basados en la Fase 7.

Figura 7. Pasos para la realización de un RCM



Fuente: Autores del Proyecto

**2.4.3 Definición de RCM-MSG3.** Con base en todo lo que aborda el proceso de RCM resulta ser mas detallado y costoso, por esto en el año 1980 tomando el proceso descrito por F.Staley Nowlan y Howard F<sup>6</sup>. se crea el documento MSG-3 que consiste en la planeación de programas de mantenimiento, basándose en un proceso específico replanteado para las necesidades específicas de cada una de las plantas o sistemas donde se desee adaptar.

Desde la creación de este proceso MSG-3 ha tenido revisión en los años 1988 y 1993, hasta el momento es una de las estrategias mas utilizadas en el desarrollo de programas para el mantenimiento en el sector de la aviación entre otros. Al utilizar esta estrategia debemos tener en cuenta las diferencias que tiene al proceso RCM ya que no se utilizaran todas las fases de operación establecidas, a continuación se presentan las fases que aborda la estrategia MSG-3.

**2.4.4 Diferencias entre MSG-3 Y RCM.** En el proceso de RCM completo se describen unas fases o pasos a seguir al momento de realizar un mantenimiento basado en confiabilidad, para la aplicación de la estrategia MSG-3 estas fases presentan algunos cambios.

**Fase 1:** Codificación y listado de todos los subsistemas, equipos y elementos que componen el sistema que se está estudiando. Recopilación de esquemas, diagramas funcionales, diagramas lógicos.

**Fase 2:** División en diagramas de bloque funcional.

**Fase 3:** Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

---

<sup>6</sup> Stanley Nowlan and Howard F, Mantenimiento centrado en confiabilidad, edición publicada en diciembre de 1978.

**Fase 4:** Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo. Clasificación de los fallos en bajos, medios y altos.

**Fase 5:** Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías. Elaboración del Plan de Mantenimiento, lista de mejoras, planes de formación y procedimientos de operación y de mantenimiento, basados en la aplicación de la **Lógica RCM-MSG3**.

**Fase 6:** Puesta en marcha de las medidas preventivas de la fase 5.

La explicación a esto es que el proceso de MSG-3 deja por fuera las siguientes fases:

**Fase 2:** Estudio detallado del funcionamiento del sistema. Listado de funciones del sistema en su conjunto. Listado de funciones de cada subsistema y de cada equipo significativo integrado en cada subsistema.

**Fase 3:** Determinación y definición de los fallos funcionales y fallos técnicos.

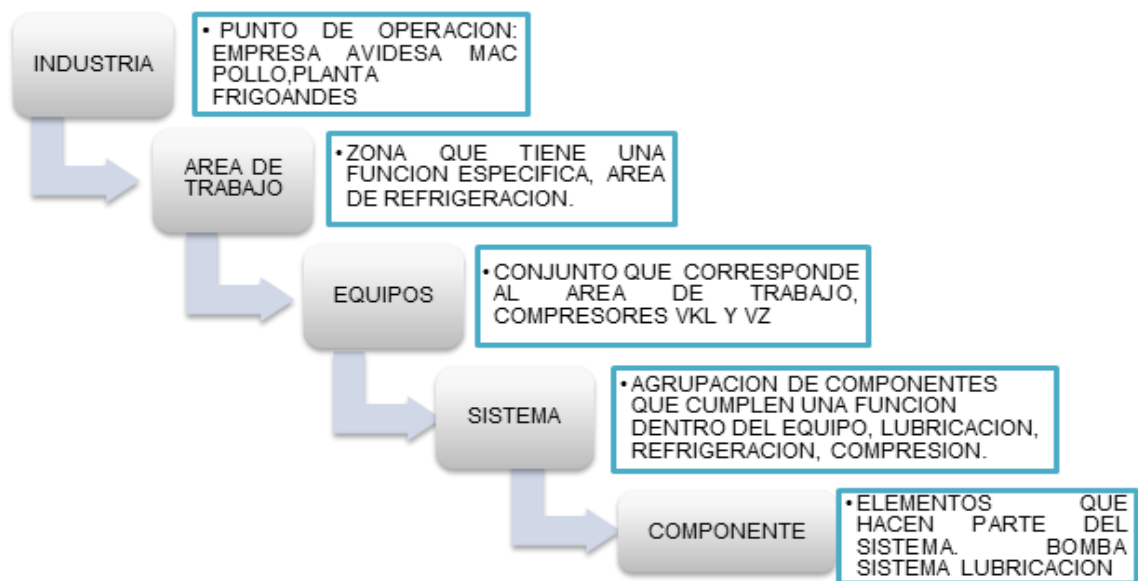
**Fases pertenecientes al proceso completo de RCM.** La lógica para esta simplificación es que el equipo sería capaz de identificar los modos de falla de forma “razonablemente probable” sin necesidad de conocer las funciones y los estándares de desempeño, llevando así a un ahorro de tiempo considerable.

#### **2.4.5 Explicación del proceso RCM-MSG3**

**Paso 1 Recopilación.** Recopilación de todos los equipos, subsistemas y elementos correspondientes al sistema que se está interviniendo, con ayuda de información proveniente de esquemas y diagramas funcionales.

Se tomará información de las estructuras de trabajo, con base a un modelo descriptivo donde se puede identificar detalladamente la clasificación que tendrá el análisis a desarrollar; Plantas; Departamentos de trabajo, Equipos, Elementos y componentes.

**Figura 8. Orden Estructural Para El Listado de Equipos**



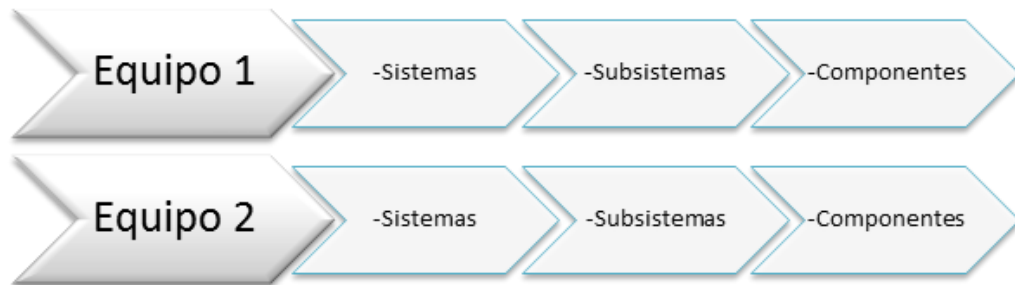
Fuente: Autores del Proyecto

Al momento de seleccionar e identificar los sistemas y componentes, hay que tener claro los conceptos ya que puede tender a confundirse; un sistema es el que presta un servicio ya sea en una sección del equipo y al mismo tiempo puede prestarlo en otra sección, por otro lado el componente solo puede pertenecer al sistema.

**Paso 2 Division funcional.** Realizar la división es clave para el buen desarrollo del proceso, pues se debe seleccionar la línea de trabajo crítica a la que se hará referencia, se debe tener en cuenta que el equipo debe hacer parte de una línea de proceso completa en la planta, además de eso hay que disponer de mucha

información acerca del equipo, con la participación de ingenieros, jefes de mantenimientos y personal experimentado en el mantenimiento del equipo seleccionado. Ya seleccionada la línea de proceso, la primera partición que se realiza será la de los equipos que la conforman, posteriormente los sistemas, subsistemas y finalmente una especificación detallada de los componentes.

**Figura 9. División Funcional Para los componentes del sistema**



Fuente: Autores del Proyecto

Al realizar la división funcional los datos se consignarán en el software, para éste proceso se los datos de cargaran en Microsoft Excel, ya que es la herramienta apropiada para control de estos datos, un ejemplo de cómo se verá la plantilla terminada en la siguiente tabla 1.

**Tabla 1. Division Funcional, plantilla Excel**

221	CMSAF2.3.1	SISTEMA MOTRIZ			
222			CMSAF2.3.1.1	VALVULA DE DESCARGA Y SUCCION	
223					CMSAF2.3.1.1.1
224					RESORTE VALVULA DE DESCARGA X24U (120636)
225					CMSAF2.3.1.1.2
226					TCRINILLO Y TUBERGA VALVULA DE DESCARGA X8U (120641)
227					CMSAF2.3.1.1.3
228					ARANDELAS CENTRAL VALVULA DE DESCARGA X8U (120642)
229					CMSAF2.3.1.1.4
230					GUIA VALVULA DE DESCARGA X8U (120637)
231					CMSAF2.3.1.1.5
232					RESORTE VALVULA DE DESCARGA X84U (120646)
233					CMSAF2.3.1.1.6
234					PLATO FLANCHE POSICIONAMIENTO VALVULA DE DESCARGA X8U (120843)
235					CMSAF2.3.1.1.7
236					ASIENTO INTERNO VALVULA DE DESCARGA X8 (120643)
237					CMSAF2.3.1.1.8
238					PERNO CENTRAL DE VALVULA DE DESCARGA (120640)
239					CMSAF2.3.1.1.9
240					PIN X8U X8U (120630)
241					CMSAF2.3.1.1.10
242					ASIENTO EXTERNO VALVULA DE DESCARGA X8U (120644)
243					CMSAF2.3.1.1.11
244					RESORTE VALVULA DE SUCCION X48U (120647)
245					CMSAF2.3.1.1.12
246					PLATO VALVULA DE SUCCION X8U (120645)
247			CMSAF2.3.1.2	SISTEMAS DE PISTONES	
248					CMSAF2.3.1.2.1
249					PRIMER ANILLO DE PISTON X8U (120656)
250					CMSAF2.3.1.2.2
251					SECUNDO ANILLO DE PISTON X8U (120657)
252					CMSAF2.3.1.2.3
253					ANILLO DE ACEITE X8U (120658)
254					CMSAF2.3.1.2.4
255					PIN DEL PISTON X8U (120666)
256					CMSAF2.3.1.2.5
257					CHAVETA DEL PISTON X16U (120670)
258					CMSAF2.3.1.2.6
259					PIN DEL PISTON X8U (120667)
260					CMSAF2.3.1.2.7
261					BIJUE DEL PISTON (120671)
262					CMSAF2.3.1.2.8
263					CHAVETA DE LOS ANILLOS (120672)
264					CMSAF2.3.1.2.9
265					PISTON X8U (120655)
266			CMSAF2.3.1.3	SISTEMA DE BIELAS	

Fuente: Autores del Proyecto

**Paso 3 Modos de fallo.** Después de hacer la clasificación del equipo, se tienen en cuenta todos los elementos, para posteriormente realizar la tarea de identificación de falla a cada componente que conforma el equipo. La idea de este paso es identificar la falla de cada componente de acuerdo a la función que cumple y el por qué se está produciendo la falla, de acuerdo a documentos citados en este documento que explican esta estrategia RCM-MSG3, se le denomina a esta fase como determinación de modo de fallo y se deben abordar todas los posibles modos de falla que se puedan presentar en el equipo que va a ser analizado. Para que este proceso de buenos resultados y pueda realizarse hay que abarcar todas las posibles modos de fallo ya que pueden producirse por diferentes factores, como los errores humanos, desgaste por operación normal, deterioro y en algunas ocasiones por factores de diseño.

Cuando se realiza la identificación de los modos de falla, es importante listarlos de acuerdo a su “causa raíz” es decir si se está realizando el análisis de modo de falla por ejemplo a los pistones de un compresor es incorrecto decir “falla de pistón”. Se debe dar una idea clara y que apunte a la razón de por qué ocurre la falla por ejemplo si es por falta de lubricación, desgaste por operación normal o mal montaje (Mantenedores), posterior a esto se realizaran las tareas de mantenimiento correspondientes a cada modo de falla encontrado.

**Paso 4 Evaluación de las consecuencias y clasificación de las fallas.** En este paso ya teniendo todos los posibles modos de falla que puedan presentarse, se debe hacer un seguimiento para a cada uno de estos y determinar qué modo de falla corresponde a una **CAUSA o EFECTO**.

Las causas son las afectan directamente la función del elemento y son producidas por la naturaleza de su función, por ejemplo cuando se presenta golpeteo en un elemento rodante, su modo de falla es por desgaste debido a que está en contacto

con otros componentes rodantes, se denomina que es una causa ya que es un efecto propio de su función natural.

Los efectos son los modos de falla que afectan la función, pero estos no son producidos por la naturaleza de su función, se producen por otros modos de fallas que pertenecen a factores externos, basándonos en el ejemplo anterior del elemento rodante, será un efecto producido ya sea por un defecto en el montaje o por los rodamientos.

Cuando se definen cuales modos de falla son causas o efectos, las causas se pasaran a una fase donde se establecerán las tareas de mantenimiento, por otro lado los modos de fallo que sean efecto se evaluarán de acuerdo a la matriz de probabilidad consecuencia elaborada según la planta o empresa. De acuerdo a la matriz de probabilidad consecuencia se evaluarán los efectos y se determinará cuales tienen un nivel de criticidad que los haga mantenibles o no, según la valoración.

**Tabla 2. Matriz Probabilidad Consecuencia – Plantilla Excel**

MATRIZ DE ANALISIS CAUSA Vs EFECTO RCM- MSG 3		CONSECUENCIA		
		>552000 >2 HORAS	138000 > X < 552000 > 30 MINUTOS	< 138000 < 30 MINUTOS
		X	3	2
PROBABILIDAD	> 1 AL MES	3 ALTA	6 ALTA	3 MEDIA
	> 1 EN 4 MESES	6 ALTA	4 MEDIA	2 BAJA
	< 1 AL AÑO	3 MEDIA	2 BAJA	1 BAJA

Fuente: Autores del Proyecto

Esta matriz de probabilidad consecuencia es elaborada bajo parámetros de producción, de acuerdo al valor que representa un minuto de parada de planta donde se establecen tiempos que pueden ir menores o mayores a 30 minutos hasta mayor a 2 horas y la cantidad de paradas que se presentan a través del tiempo menores a un año hasta mayor a una vez al mes.

De acuerdo al color que corresponda cada efecto en la matriz de probabilidad consecuencia, se llevará a estudio MSG3 según corresponda el color en la siguiente tabla de prioridad:

**Tabla 3. Prioridad de los modos de fallo**

<b>PRIORIDAD</b>	<b>ESTUDIO MSG3</b>
<b>ALTA</b>	Aplica estudio árbol de decisiones
<b>MEDIA</b>	Aplica estudio árbol de decisiones
<b>BAJA</b>	No aplica estudio árbol de decisiones (RUN TO FAIL)

Fuente: Autores del Proyecto

Según las prioridades expuestas, a los efectos que correspondan a prioridad baja no se les realizarán acciones de mantenimiento, ya que no representan gran importancia ni atenta directamente al buen funcionamiento del equipo, estos elementos se llevaran hasta la falla (RUN TO FAIL) en ese momento se efectuará una restauración o cambio del componente según corresponda. Estos efectos son denominados como ENP ya que no representan mayor importancia y no atentan a la seguridad ni a la producción.

Para los efectos que correspondan a prioridad media los cuales están comprometidos con la seguridad, el medio ambiente y la calidad denominados (EFE) Y (ENE) serán evaluados según el árbol de decisiones y de acuerdo a este se definirá cuáles serán las mejores tareas de mantenimiento.

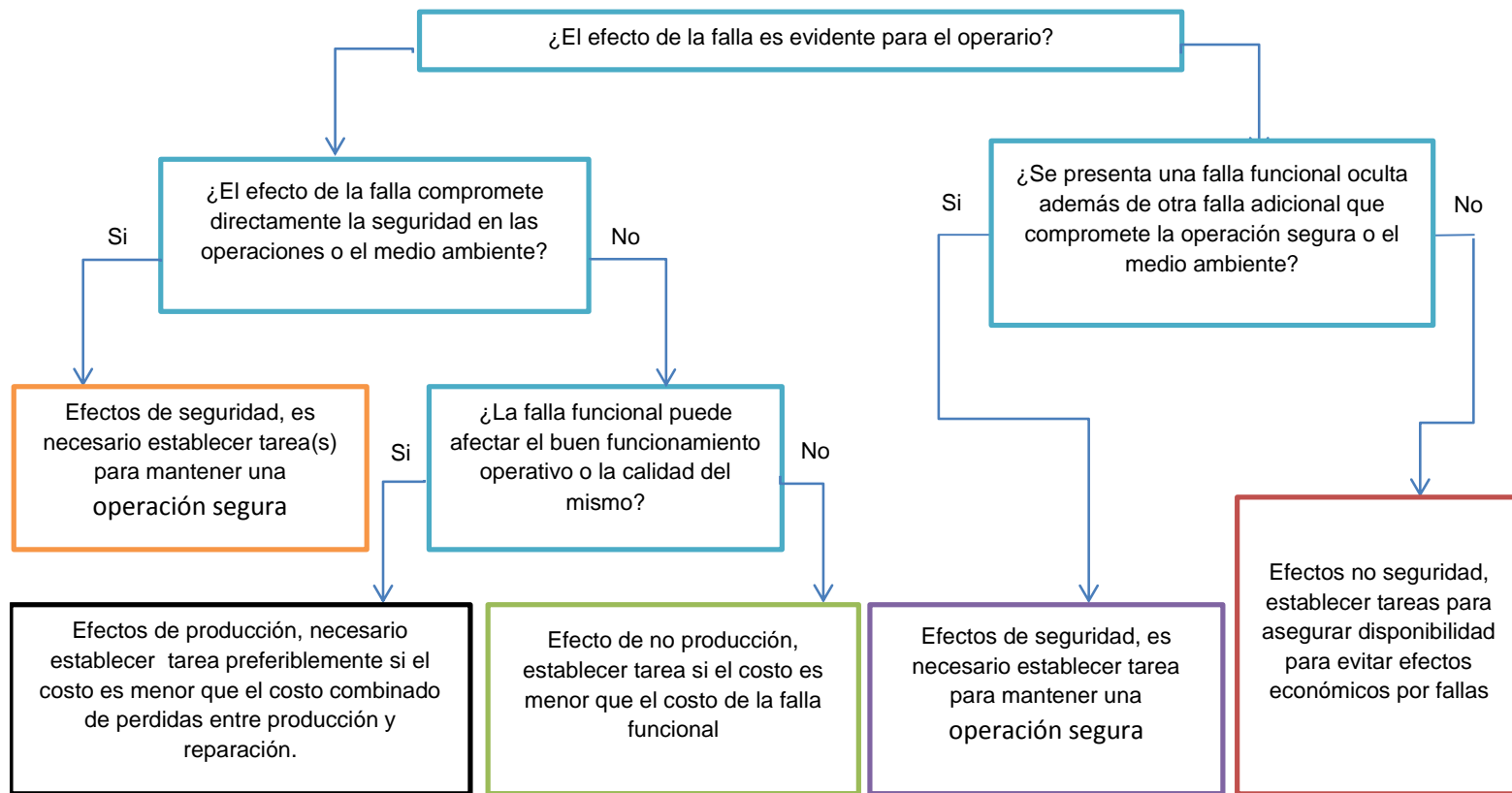
Por último para los efectos que correspondan a prioridad alta se aplicarán tareas mantenibles ya que representan altos costos de producción denominados (ENE) y pueden presentarse fallas permanentes de este tipo, además de los efectos que comprometan la seguridad y sean ocultos denominados (HSE).

**Paso 5 acciones preventivas.** En este paso se debe conocer y entender lo que describe el árbol de decisiones, ya que de acuerdo a este se tomarán acciones preventivas según los niveles de prioridad en los que aplique cada uno de los efectos encontrados en el equipo.



En la siguiente Figura se podrá identificar claramente todo lo que puede llegar a comprometer una falla si se llega a presentar y los efectos que tendría sobre el equipo:

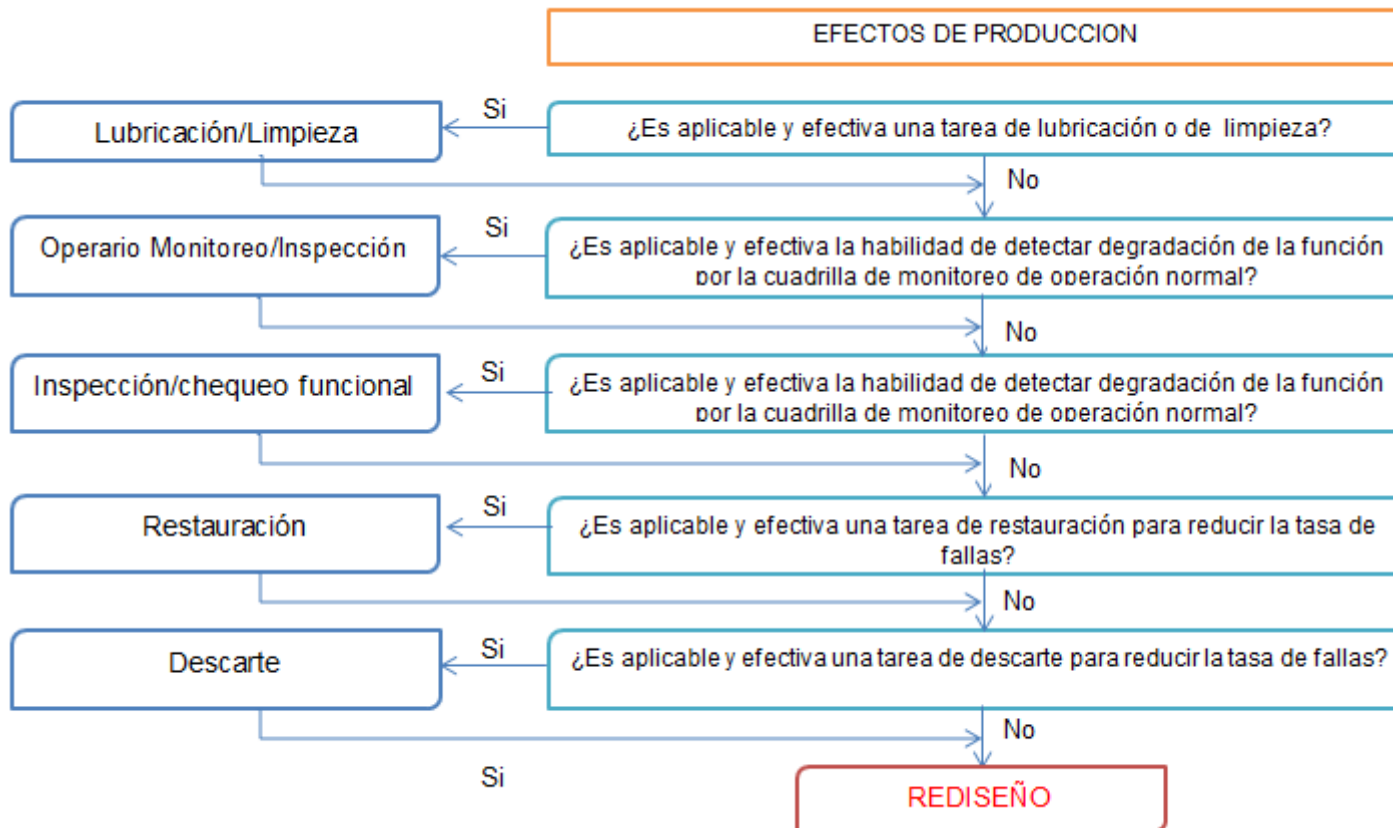
Figura 11. Árbol de decisión MSG3 extracto



Fuente: Autores del Proyecto

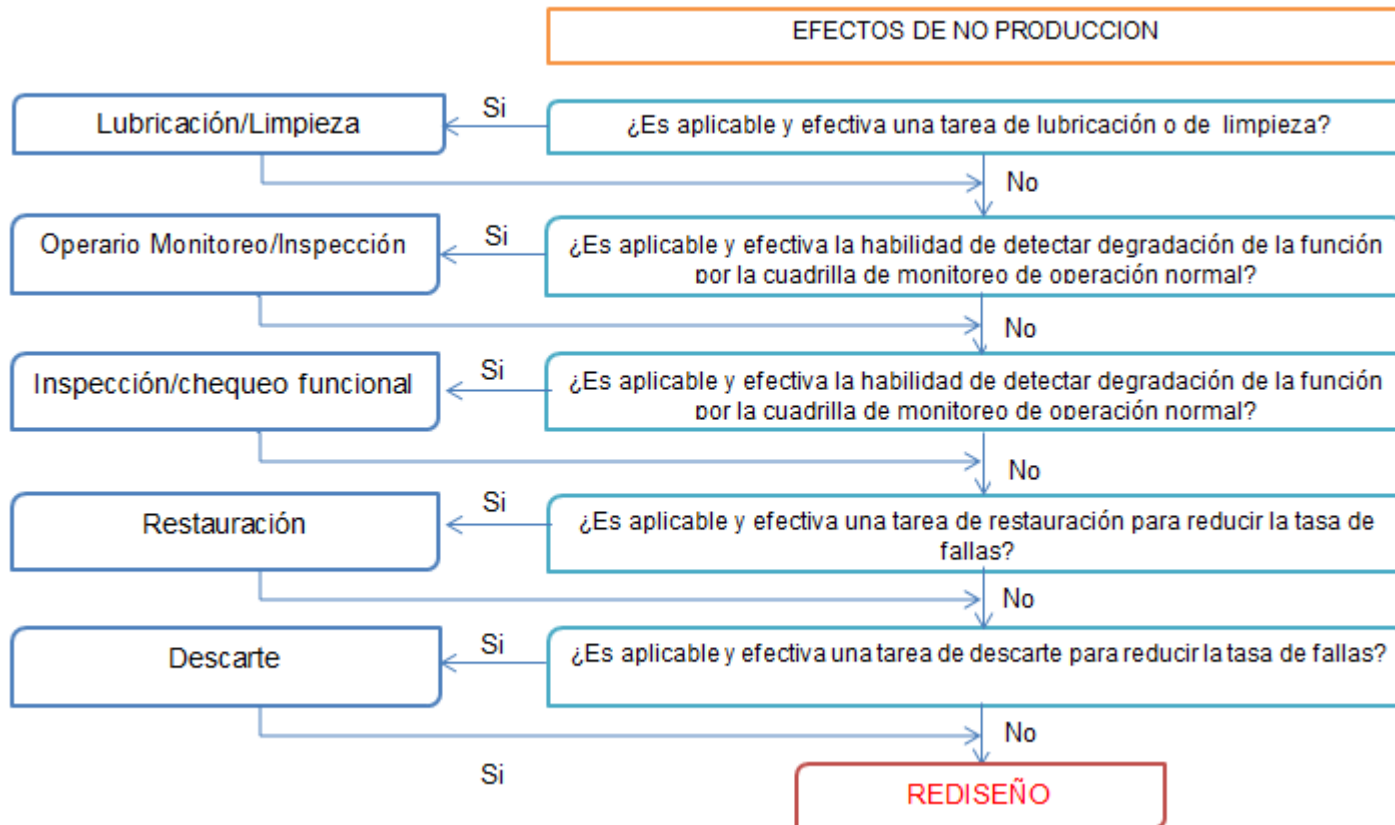
## Fallas evidentes

Tabla 4. Fallas Evidentes – Efectos de Producción – Nivel 2



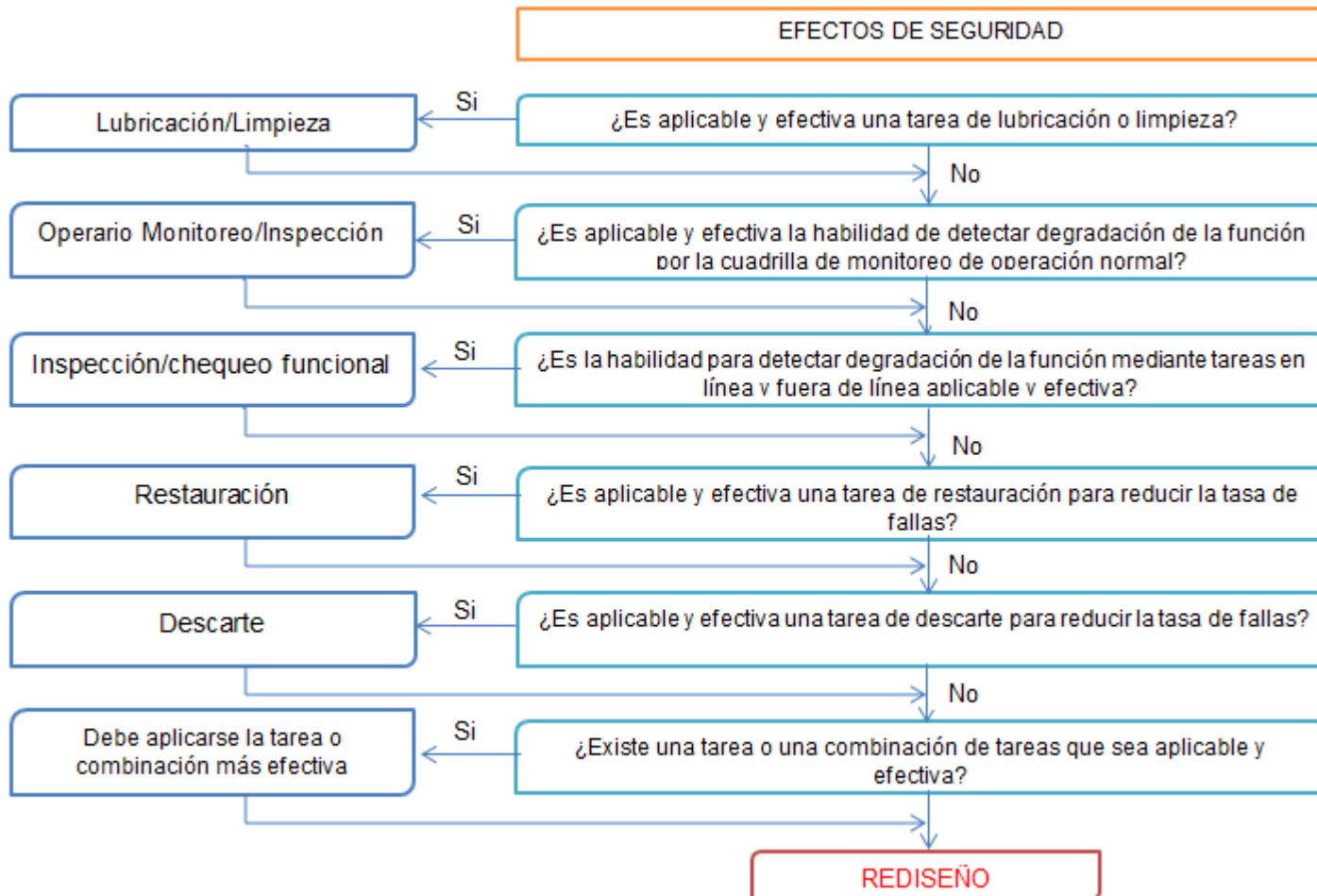
Fuente: Autores del Proyecto

Tabla 5. Fallas Evidentes – Efectos De No Produccion – Nivel 2



Fuente: Autores del Proyecto

**Tabla 6. Fallas Evidentes – Efectos de Seguridad – Nivel 2**



Fuente: Autores del Proyecto

El árbol de decisión esta referenciado por secciones o niveles, como se observa en los diagramas anteriores se referencia a que niveles del árbol de decisión pertenece:

Los de Nivel.1 son los que abarcan todo lo que tiene que ver con fallas funcionales y su respectiva clasificación ya que pueden ser fallas evidentes y fallas ocultas y respectivamente el efecto que tendría en el equipo si llegase a presentarse cualquier tipo de falla; los de Nivel.2 presentan una serie de tareas de mantenimiento con el fin de poder mitigar los efectos que se presenten en los equipos.

Las fallas evidentes pueden tener diferentes efectos sobre los equipos por esto se debe identificar con claridad y certeza de que tipo de efecto se está presentando, se pueden presentar efectos como:

**Efectos de producción (ENE):** Si se presenta un efecto de este tipo se vería afectada directamente la producción, además la perdida que generaría respecto a los costos de parada y adicional a ellos los costos de restauración del equipo. Todas las fallas que representen este tipo de efecto se deben tratar de manera preventiva, es muy importante invertir en ellas de acuerdo a los costos que representaría donde llegase a ocurrir.

**Efectos de no Producción (ENP):** Si se presenta un efecto de este tipo no se trataría con importancia, ya que no afecta directamente la producción, ni atenta contra la seguridad por esta razón este tipo de efectos solo representan gastos de reparación cuando sea necesario ósea cuando falle.

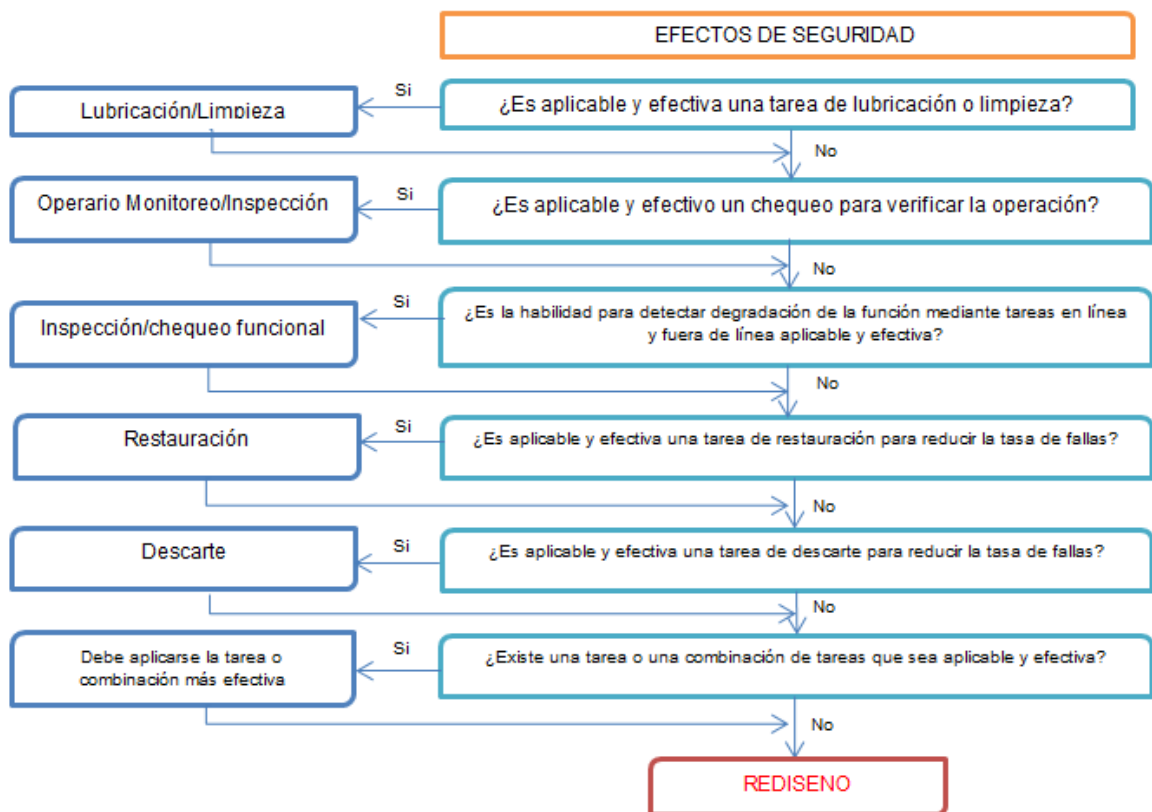
**Efectos de seguridad y medio ambiente (ESE):** Si se presenta un efecto de este relacionado con la seguridad, afectaría principalmente la integridad física de las personas; por otro lado están los efectos ambientales que se presentan cuando no

se cumplen las leyes impuestas por el gobierno que resguardan el cuidado que se debe tener con el medio ambiente.

Se deben analizar todas las fallas que comprometan consecuencias de peso y atenten contra los rangos descritos anteriormente e intentar darle un manejo preventivo; además de eso también están las fallas que no tiene importancia las cuales no es justificable realizar un tipo de mantenimiento complejo o estricto, bastaría con las rutinas básicas de servicio.

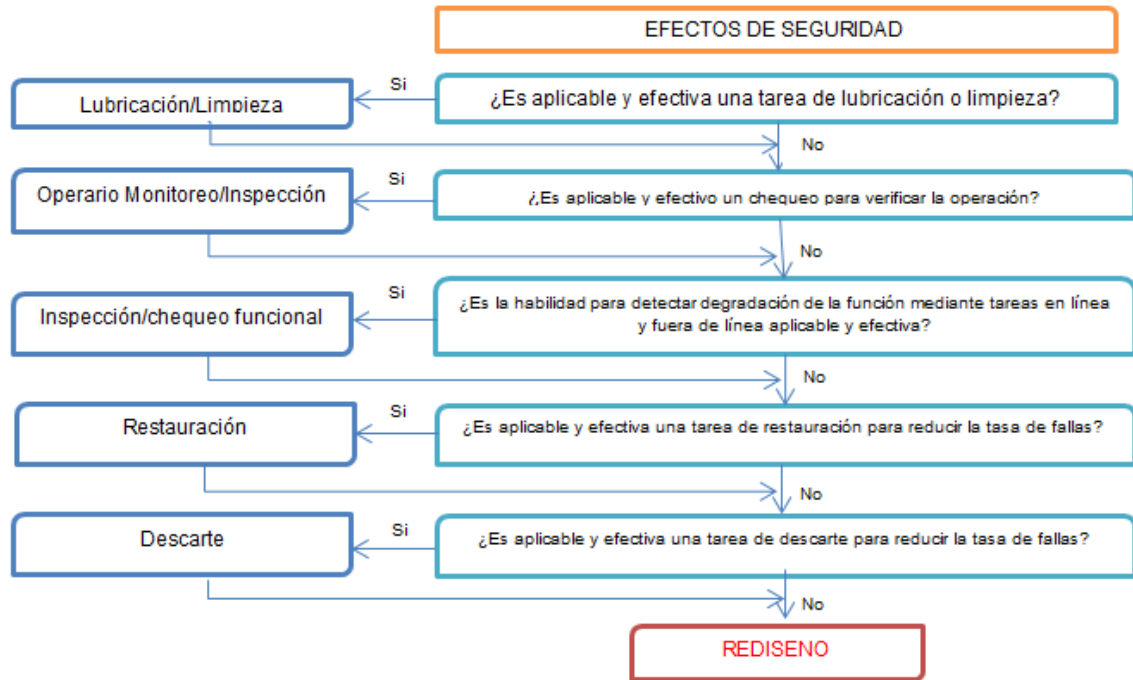
### Fallas Ocultas

**Tabla 7. Fallas Ocultas – Efectos De Seguridad – Nivel 2**



Fuente: Autores del Proyecto

Tabla 8. Fallas ocultas – Efectos No Seguridad – Nivel 2



Fuente: Autores del Proyecto

Las fallas ocultas se presentan en los instrumentos de protección, que tienen como objetivo reducir o evitarlos efectos de otras fallas, entre esos tenemos dispositivos que controlan variables temperatura, presión, velocidad etc. Algunos de estos dispositivos pueden estar en mal estado o en estado de falla sin ser percibidos hasta que ocurra la falla. Un ejemplo de falla oculta en un dispositivo, una válvula de alivio, está tarada a cierto nivel de presión, con el fin de que si alcanzan ese nivel máximo de presión debe abrirse para aliviar la presión, pero la única manera de comprobar que esta funciona es llevándola a esos niveles de presión de lo contrario sería incierto que este en óptimas condiciones, por esta razón deben realizarse tareas de mantenimiento con el fin de detectar fallas y así

tener certeza de que estos dispositivos están brindando la seguridad y protección exigida.

Como en las fallas evidentes se presentan efectos, en las fallas ocultas también y se deben tener certeza de que tipo de efecto se está presentando, se pueden presentar efectos como:

**Efectos de seguridad y medio ambiente (HSE):** Si se presentan este tipo de efecto puede traer consecuencias drásticas ya que se compromete con la seguridad de las personas y podría estar afectando su integridad, incluso podría causar hasta muertes. Por otro lado están los efectos relacionados con el medio ambiente que podría tener consecuencias debido al incumplimiento de las normas establecidas por el gobierno que amparan la conservación y preservación del mismo.

**Efectos de no seguridad (HSN).** A estas alturas de la fase ya se deben tener los posibles modos de fallo y sus posibles efectos que pueda tener, lo siguiente es establecer las tareas de mantenimiento que podrían evitar o minimizar los efectos de la falla, para seleccionar que tipo de tarea aplica para cada modo fallo detectado se debe tener muy en cuenta e importantísimo la criticidad que tiene cada modo de fallo, además de los costos que representa cada una de estas tareas que apliquen.

La criticidad se puede determinar por medio de la función de:

**La consecuencia de falla:** representa el costo que se genera al aplicar la tarea, incluye componentes, tiempo gastado, trabajo etc.

**La probabilidad de falla:** representa el valor de fallas por unidad de tiempo.

Las posibles fallas que se pueden aplicar para mitigar los efectos que presenten cada falla son los siguientes:

- **Inspección operativa (I/O):** Consiste en checar el equipo en algunas ocasiones determinadas, esta inspección no se considera costosa pero si puede ser de gran ayuda para detectar o llegar a anticiparse a alguna posible falla.
- **Lubricación y limpieza (L/C):** Consiste en checar el estado físico del equipo, si se encuentra suciedad y requiere de limpieza o en algunos casos también requiera lubricación, al igual que en el ítem anterior se considera esta tarea de bajo costo pero de muy gran ayuda.
- **Inspecciones Funcionales (I/F):** Esta tarea comprende en verificar el funcionamiento de equipo con ayuda de dispositivos que pueden ser propios o ajenos al equipo. Se deben hacer una toma de datos de acuerdo a los parámetros de funcionalidad que tiene el equipo (Propios) entre esos se tienen parámetros de velocidad, presión, temperatura, vibraciones etc. Si llegase a presentar alguna anomalía o un estado que no es normal en los niveles estadísticos tomados por el equipo se pensara en una posible intervención y se deberá actuar de acuerdo al caso que se presente según los rangos anormales que pueda estar registrando el equipo.

Además de realizar una verificación con los parámetros propios del equipo existe otra manera de realizar las inspecciones funcionales con el fin de utilizar otros dispositivos ajenos al equipo para comprobar si el equipo está operando en las condiciones establecidas y los niveles de operación normales, estos dispositivos se deben desplazar para ser utilizados en la intervención de uno o una línea completa de equipos, lo que lo diferencia del caso anterior es que estos dispositivos no van a estar conectados permanentemente a los equipos.

Al realizar estas inspecciones se debe disponer de instrumentos sencillos como termómetros, tacómetros, vibro metros, pero en otras ocasiones pueden haber casos que sean más complicados y por esta razón se requieren instrumentos más complejos como: detección de fugas, termografías, análisis de vibraciones, etc.

- **Restauración (RE):** Esta tarea consiste en realizar en ciertos intervalos de tiempo establecidos de operación, sin importar el estado del equipo para intervenir el equipo y realizar unas tareas sencillas como: cambio de piezas, ajustes, limpiezas.

Para poder realizar estas tareas se debe tener en cuenta algunos parámetros de funcionalidad del equipo, por ejemplo la degradación que tenga respecto a la edad de operación, y si el valor de degradación en unidades sobrepasa esta edad de operación el equipo se debe restaurar. Además de los criterios de efectividad para la aplicabilidad entre esos están:

- **Criterios de seguridad:** Con el fin de que la tarea reduzca el riesgo de la falla y poder brindar una operación segura, criterios económicos donde la tarea debe ser costo efectivo, es decir la tarea debe representar menor costo que el costo de todas las fallas preventivas.
- **Descarte (DS):** Al momento de realizar los mantenimientos se debe analizar si algunos componentes aplican ser restaurados o pueden ser descartados y realizar la sustitución al instante para que no represente pérdidas y mal funcionamiento en el equipo.

- **Run to fail (RTF):** Consiste en llevar hasta la falla algunos componentes que no vale la pena realizar una acción de mantenimiento ya que representaría costos en dinero y tiempo de producción al realizar dicha tarea. Si un componente se lleva a RTF la empresa debe estar de acuerdo en asumir los costos que representa llevar el componente hasta falla siempre y cuando el valor la sustitución del componente no supere el valor de una acción de mantenimiento preventiva.
- **Rediseño:** Cuando se deba tomar una acción de mantenimiento de este tipo es porque ninguna de las tareas mencionadas anteriormente puede mitigar el efecto de la falla.

**Paso 6 Aplicar las medidas preventivas.** Luego de tener claro las posibles fallas y sus respectivos efectos que puedan tener sobre el equipo, se deben establecer las tareas de mantenimiento, las tareas deben incluir parámetros como:

- Descripción específica de la tarea.
- Frecuencia de tarea.
- Recursos necesarios para llevar a cabo la tarea (personal, instrumentos, complejidad etc.).
- Tiempo estimado para realizar cada tarea.

Una vez completadas las tareas son agrupadas en grupos similares de acuerdo a parámetros de frecuencia, recursos y maquinaria.

Los resultados esperados al aplicar la estrategia RCM-MSG3 serán cargados a un documento, el cual contendrá todos los tiempos totales, horarios, componentes necesarios, capacidades del personal, herramientas, tiempos necesarios etc.

## 2.5 MODULO DE PROGRAMACION PM-SAP<sup>7</sup>

SAP es un módulo de programación integrado que abarca diferentes áreas o departamentos de una empresa, como recursos humanos, ventas, mantenimiento, contabilidad etc.

Figura 12. Logo SAP



Fuente: Analytics, W. (2015). <http://www.warwickanalytics.com>. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de <http://www.warwickanalytics.com/about/partners/sap-hana/>

SAP comercializa sus productos en todo el mundo y ofrece soluciones en amplios sectores como el de la industria y las líneas de negocios, entre otros. Por ejemplo:

- Petróleo, Minería y Gas.
- Maquinaria industrial.
- Sector Público.
- Servicios financieros.
- Recursos humanos, ventas.

---

<sup>7</sup> Sap. (2015). <http://www.sap.com/>. Recuperado el 10 de Febrero de 2015, de <http://www.sap.com/>

SAP ha logrado unificar un sin número de sistemas independientes que ya han sido desarrollados anteriormente, denominados módulos, cada módulo tiene una función y puede trabajar de manera independiente o de manera unificada con otros módulos convirtiéndose en un solo sistema modular. Cuando uno de los módulos se modifica y esta enlazado a otro, el automáticamente modificara la información y actualizara la información de los formatos enlazados.

### 2.5.1 Módulos integrados de SAP

Figura 13. Módulos SAP



Fuente: Blog, S. e. (16 de Enero de 2010). <https://sopenipa.wordpress.com>. Recuperado el 1 de Febrero de 2015, de <https://sopenipa.wordpress.com/category/general-sap/>

- **Módulo – tesorería (TR):** Con este módulo asegura el control de fondos y dará respaldo a todos los movimientos contables de la empresa. Toda la gestión presupuestaria que se realice queda consignada en tiempo real.

- **Módulo – Contabilidad financiera (FI):** En este módulo quedan registradas todas las operaciones comerciales y financieras de la empresa. Permite controlar y planificar todas las acciones comerciales que se vayan a realizar.
- **Módulo – Manejo de materiales (MM):** Este módulo proporciona soporte a la administración y movimiento de materiales que se llevan a diario en una empresa. Proporciona códigos a todos los materiales que se encuentran en el almacén, llevando así un control estricto sobre todas las actividades que se presenten allí. Este módulo tiene dos divisiones, por un lado está la Stocks (IM) que permite obtener un inventario de todos los materiales que se encuentren disponibles y por otro lado está la gestión de facturas (IV) que nos muestra la comparación de los pedidos con el valor de compra y la recepción de la mercancía de acuerdo a la cantidad y el valor.
- **Módulo – Manejo de inversiones (IM):** Este módulo es el encargado del presupuesto con el que cuenta una empresa para realizar una inversión, analizando los parámetros de la inversión de acuerdo a indicativos.
- **Módulo – Contabilidad analítica (CO):** Este módulo se centra en la distribución de los ingresos de la empresa, realizando análisis de cada área o departamento y ver que rentabilidad que se obtiene de cada uno de ellos.
- **Módulo – sistema de proyectos (PS):** Este módulo hace seguimiento a todos los parámetros de planificación entre esos materiales, capacidades y fondos para la realización de un proyecto en miras a su aprobación, además ejecuta la administración de presupuestos, asignación de fondos y la reserva con el fin de estimar la disponibilidad de los recursos y las capacidades.

- **Módulo – Mantenimiento planta (PM):** Este módulo aborda todo lo que es la planeación y control de todas las tareas de mantenimiento de planta, organizando de acuerdo a calendario tareas como restauraciones, inspecciones, gestión de servicios etc. Con el objetivo de mantener una disponibilidad operacional de los equipos y la planta.
- **Módulo – Recursos humanos (HR):** Este módulo es el encargado de controlar todas las actividades asignadas al personal, facilitando el control del tiempo en capacitaciones, entrenamientos y manejo de nómina. Entre otras funciones es el que se encarga del reclutamiento, selección y clasificación del personal.
- **Módulo – Workflow (WF):** Este módulo es el responsable de realizar y mantener los enlaces entre módulos de la aplicación SAP.
- **Módulo – Soluciones sectoriales (IS):** Este módulo como el anterior contiene funciones que pueden aplicar en todos los módulos, específicamente se encarga de combinar módulos de la aplicación SAP.
- **Módulo – Calidad (QM):** Este módulo es el encargado del monitoreo de todos los procesos que aborden la mantenibilidad de la calidad. Este monitoreo tiene como objetivo garantizar estándares altos de calidad en la producción.
- **Módulo – Ventas y distribución (SD):** Este módulo hace referencia a las estrategias de ventas que se deben desarrollar de acuerdo a las condiciones del mercado, además de esto controlar la facturación y las entregas de producto.
- **Módulo – Planificación de la producción (PP):** Este módulo ha sido diseñado para llevar a cabo la planificación de las actividades tanto de

manufactura como el área de ventas, cronogramas y órdenes de producción y gestión de proyectos.

### 3. SELECCIÓN DEL EQUIPO CRÍTICO

**Empresa:** Avidesa Mac pollo S.A

**Planta de Trabajo:** Frigo Andes

**Línea de Proceso:** Sistema de Refrigeración por Absorción de Amoniaco.

**Equipo:** IQF

**Sistema:** Refrigeración

A continuación se presentara la descripción del proceso de selección y caracterización de los diferentes componentes del sistema en base al modelo de mantenimiento RCM-MSG3 y utilización de las plantillas correspondientes a este. Las plantillas se realizan en el software Microsoft Excel ya que este presenta un manejo de la información más detallada y concreta, utilizando búsquedas por palabras clave, códigos de los ítems y complementos. Además de esto celdas especializadas con anexos y/o comentarios con información importante acerca de cada elemento.

El sistema de información está distribuido en 4 plantillas las cuales organizan y distribuyen la base de datos principal, en los requerimientos específicos de cada una de estas, las anteriores se encuentran programadas para facilitar el manejo de la información y la interacción entre las mismas.

- **División funcional:** Es la recopilación de la partición del equipo en cuanto a los componentes y subcomponentes pertenecientes al sistema de refrigeración por absorción de amoniaco.

- **Causa-Efecto:** Permite visualizar y evaluar los diferentes modos de falla FMEA (failure mode and effects analysis) de los elementos y/o componentes de la plantilla de división funcional.
- **Matriz de consecuencias:** Evalúa la importancia de un efecto teniendo en cuenta su prioridad clasificándolos en alto, medio y bajo, para así asignar tareas a los efectos altos y medios por otra parte a los efectos bajos no se aplicara la lógica RCM-MSG3 que es la que determinara las tareas a asignar .
- **Lista de Tareas RCM-MSG3:** Utilizando el árbol lógico de decisiones del RCM-MSG3 se busca determinar qué tipo de tareas se deben realizar a los diferentes efectos con el fin de mejorar la confiabilidad y optimizar las tareas de los equipos de mantenimiento.

Tabla 9. Diseño Plantilla – División Funcional – Excel

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet template. At the top, there is a header row with logos for Mac Pollo S.A., SAP, Universidad Pontificia Bolivariana, and RCM. Below the header, the spreadsheet is organized into columns. A red box highlights a specific column, and four numbered callouts (1, 2, 3, 4) point to different parts of the spreadsheet: 1 points to the header, 2 to the left side, 3 to the highlighted column, and 4 to the right side.

Fuente: Autores del Proyecto

### 3.1 PLANTILLA DIVISIÓN FUNCIONAL (DIAGRAMA DE BLOQUE FUNCIONAL)

**1. Rotulo:** El rotulo está conformado por tres secciones las cuales contienen la siguiente información

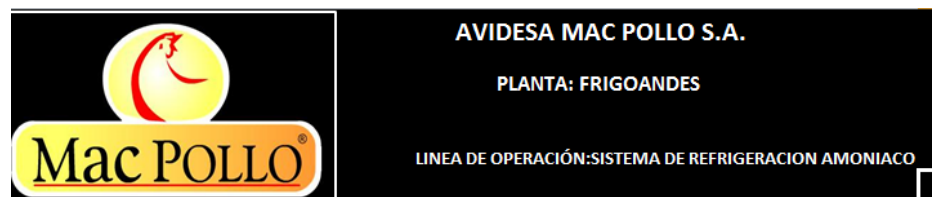
**Sección 1:** Compuesta por el logo de la empresa y la información correspondiente a:

**Empresa:** Avidesa Mac Pollo S.A

**Planta:** Frigoandes

**Línea de Operación:** Sistema de refrigeración por absorción de amoniaco (IQF)

Figura 14. Logo Correspondiente A La Empresa



Fuente: Autores del Proyecto

**Sección 2:** Compuesta por el logo de la Universidad Pontificia Bolivariana y la información correspondiente a:

**Encargados del RCM o Jefe de Mantenimiento:** En este caso el ingeniero David Fuentes

**Elaboró:** Nombre de la persona encargada de realizar la tarea RCM MSG-3

**Figura 15. Símbolo Correspondiente Institucion de Pasantes**



Fuente: Autores del Proyecto

**Sección 3:** Compuesta por el logo de la plataforma informática que llevara la información recopilada de las acciones del RCM – MSG 3, en este caso SAP y la información correspondiente a:

**Número de equipo en SAP:** número asignado para la integración al sistema

**Ubicación Técnica en SAP:** ubicación según el número y el módulo de ubicación

**Fecha:** de entrega de las listas y plantillas desarrolladas en su totalidad con el proceso RCM – MSG 3

**Revisado por:** esta revisión será realizada por el jefe de información de la plataforma SAP

**Figura 16. Logo Correspondiente software PM-SAP**



Fuente: Autores del Proyecto

**2. Ítem y Nivel de Partición:** En la casilla Ítem ira ubicada la numeración y nomenclatura correspondiente a cada elemento en orden ascendente, en la casilla nivel de partición ira ubicado el nombre de cada elemento con sus diferentes niveles de división del equipo partiendo desde la línea, pasando por los equipos, sistemas, subsistemas y finalizando en los elementos.

**Tabla 10. Ítem y niveles de partición**

		<small>ENCARGADOS RCM/ JEFE DE MTO: ING DAVID FUENTES</small> <b>AVIDESA MAC POLLO S.A.</b>				<small>PLANTA: FRIGOANDES</small> <small>LINEA DE OPERACIÓN: SISTEMA / IOP</small>			
Ítem	Nivel 1 Partición	Ítem	Nivel 2 Partición	Ítem	Nivel 3 Partición	Ítem	Nivel 3 Partición	Ítem	Nivel 3 Partición
CMSAF	CONJUNTO MOTORES COMPRESORES SISTEMA ACONDICIONADO FRIGO	CMSAF1	CONJUNTO MOTOR COMPRESOR 1	CMSAF1.1	MOTOR 1	CMSAF1.2	SISTEMA ACOMPLAMIENTO 1		
				CMSAF1.3	COMPRESOR 1				

Fuente: Autores del Proyecto

**3. Lista de Componentes:** Por medio de la operación de concatenación en el programa Microsoft Excel, en la plantilla de división funcional se generara una lista general donde se encuentran todos los elementos nombrados en forma ordenada según su ítem y la descripción del nivel de partición permitiendo conocer todas las partes del equipo.



### 3.2 DESCRIPCIÓN DE LA APLICACIÓN Y USO DE LAS PLANTILLAS BAJO LA LÓGICA RCM – MSG 3

**3.2.1 Plantilla de División Funcional.** Esta plantilla tendrá como objetivo organizar y realizar la división funcional para así mejorar la forma en la que se muestre la información del sistema componente o elemento con el fin de obtener mejores resultados. En esta plantilla se archivarán todos los equipos correspondientes al sistema de refrigeración por absorción de amoníaco y la información se mostrará en el siguiente orden:

- Línea de proceso.
- Equipos que la conforman.
- Sistemas de los equipos.
- Subsistemas de los sistemas.
- Elementos de los subsistemas.
- Componentes de los elementos.

Tabla 13. Plantilla División Funcional y Partes que lo Conforman

8	Item	Nivel 1 Partición
9	CMSAF	CONJUNTO MOTORES COMPRESORES SISTEMA AMONIACO FRIGO
10		
11		
12		

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 1:** El primer nivel de la plantilla de división funcional corresponde a la línea de proceso que en este caso será conjunto motores compresores sistema amoniaco frigo. La casilla ítem; las siglas corresponden a **Conjunto Motores Sistema de Amoniacó Frigoandes (CMSAF)**.

Así mismo en esta misma columna la numeración ira de forma ascendente con las diferentes líneas de proceso las cuales se decidirán previamente.

**Tabla 14. Nivel 1 plantilla division funcional**

8	Ítem	Nivel 1 Partición	Ítem	Nivel 2 Partición
9	CMSAF	CONJUNTO MOTORES COMPRESORES SISTEMA AMONIACO FRIGO		
10			CMSAF1	CONJUNTO MOTOR COMPRESOR 1
11				
12				
13				

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 2:** Este nivel corresponde a los equipos que conforman el conjunto de motores compresores del sistema de amoniaco frigo, en este caso vendría siendo conjunto motor compresor del sistema de refrigeración por absorción de amoniaco. Se conserva la misma nomenclatura con numeración en orden ascendente y escalonada

**Tabla 15. Nivel 2 plantilla división funcional**

Item	Nivel 2 Partición	Item	Nivel 3 Partición
CMSAF1	CONJUNTO MOTOR COMPRESOR 1		
		CMSAF1.1	MOTOR 1
		CMSAF1.2	SISTEMA ACOMPLAMIENTO 1
		CMSAF1.3	COMPRESOR 1

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 3:** Corresponde a los sistemas de los equipos en los cuales se crearan divisiones funcionales con respecto a las diferentes componentes y requerimientos. Además de esto la numeración y la nomenclatura se conservan de forma ascendente y escalonada para este ejemplo se emplearan 3 subdivisiones

del conjunto motor compresor, ejemplo: motor 1, sistemas de acoplamiento, compresor 1.

Tabla 16. Nivel 3 plantilla división funcional

8	Ítem	Nivel 3 Partición	Ítem	Nivel 4 Partición
9				
10				
11	CMSAF1.1	MOTOR 1		
12	CMSAF1.2	SISTEMA ACOMPLAMIENTO 1		
13			CMSAF 1.2.1	POLEA D=25CM-ACERO
14			CMSAF 1.2.2	CORREA TIPO V
15			CMSAF 1.2.3	TORNILLOS HEXAGONAL X4J
16			CMSAF 1.2.4	BUJE DE AJUSTE
17	CMSAF1.3	COMPRESOR 1		
18			CMSAF 1.3.1	SISTEMA MOTRIZ
19				
20				
21				

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 4:** En esta partición se enumeran de forma ordenada los subsistemas del sistema principal siguiendo con la numeración de la partición anterior y nombrando algunos de los componentes principales del sistema de acoplamiento, adicional a esto los subsistemas de los compresores vendrían siendo el sistema motriz, bloque y accesorios funcionales respectivamente.

Tabla 17. Nivel 4 plantilla división funcional

17				
18	CMSAF1.3.1	SISTEMA MOTRIZ		
19			CMSAF1.3.1.1	VALVULA DE DESCARGA Y SUCCION
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 5:** Los elementos de los subsistemas se encuentran referenciados en esta partición continuando con la numeración y la misma nomenclatura. Estos elementos se nombran de forma general.

**Tabla 18. Nivel 5 plantilla división funcional**

CMSAF1.3.11	VALVULA DE DESCARGA Y SUCCION		
		CMSAF1.3.11	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X24U [120635]
		CMSAF1.3.12	TORNILLO Y TUERCA VALVULA DE DESCARGA X8U [120641]
		CMSAF1.3.13	ARANDELA CENTRAL VALVULA DE DESCARGA X8U [120642]
		CMSAF1.3.14	GUIA VALVULA DE DESCARGA X8U [120637]
		CMSAF1.3.15	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X64U [120646]
		CMSAF1.3.16	PLATO FLANCHE POSICIONAMIENTO VALVULA DE DESCARGA X6U [120643]
		CMSAF1.3.17	ASIEN TO INTERNO VALVULA DE DESCARGA X8 [120643]
		CMSAF1.3.18	PERNO CENTRAL DE VALVULA DE DESCARGA [120640]
		CMSAF1.3.19	PIN 5X10 X8U [853330]
		CMSAF1.3.110	ASIEN TO EXTERNO VALVULA DE DESCARGA X8U [120644]
		CMSAF1.3.111	RESORTE VALVULA DE SUCCION X48U [120647]

Fuente: Autores del Proyecto

**Nivel 6:** En este nivel se referenciará cada uno de los componentes de los elementos adicional a esto se agregará los códigos respectivos al despiece del fabricante y la cantidad de cada componente de la misma referencia.

**3.2.1 Plantilla Causa-Efecto.** En la plantilla de Causa-Efecto para realizar el análisis de falla es necesario ubicarse en la casilla de lista de componentes de la plantilla de división funcional con el fin de seleccionar los ítems con la numeración previa y los diferentes elementos de todo el sistema para su posterior análisis de falla mediante la matriz probabilidad consecuencia.

Tabla 19. Diseño plantilla causa efecto

ITEM

DESCRIPCION DE LA FALLA

ITEM		NOMBRE DE PARTICION	DESCRIPCION DE FALLA
<span style="font-weight: bold; font-size: 1.2em;">AVIDESA MAC POLLO S.A.</span> PLANTA: FRIGOANDES CIÓN: SISTEMA DE REFRIGERACION AMONIACO			EMBARCADOS RCH/ JEFE DE HTO: ING DAVID FRENTEZ  
MSRF	CONJUNTO MOTORES COM	RESORES SISTEMA AMONICO FRIGO	
MSRF1	CONJUNTO MOTOR COMPRESOR 1		
MSRF1.1	MOTOR 1		<b>RODAMIENTO ROTOR CRENADO:</b> POR HUMEDAD, SOBRECARGA, TRANSIENTES ELECTRICOS <b>ALTA VIBRACION:</b> POR RODAMIENTOS EN MAL ESTADO, Desequilibrio, pandeo del eje, por desajuste de elementos móviles y componente de fijación. <b>DESCASTE RODAMIENTOS INTERNOS:</b> LUBRICACION ESCASA EN RODAMIENTOS <b>LIMITACION FUNCIONAL:</b> POR EXPOSICION DEL ELEMENTO A ALTAS TEMPERATURAS, DESALINEACION DEL EJE, DESALINEACION DEL EJE <b>CALENTAMIENTO:</b> INCREMENTO EN EL CONSUMO DE AMPERAJE, ATASCAMIENTO DE RODAMIENTOS, REFRIGERACION FORZADA AVERIADA.
MSRF1.2	SISTEMA ACOMPLAMIENTO		
MSRF1.2.1	POLEA D-35CM-NCERO		<b>REPTURA:</b> POR CICLAJE CONSTANTE, GOLPES EXTERNOS Y/O PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ERRONEOS <b>ELONGACION:</b> LA CORREA TIENDE A ESTIRARSE POR ESFUERZOS DE TENSION <b>FISURA:</b> POR EFECTO DE FLEXION EN EL ELEMENTO Y/O EXPOSICION A CAMBIOS DE TEMPERATURA <b>DESCASTE:</b> POR MAL POSICIONAMIENTO DEL ASIENTO EL CUAL CAUSA DESALINEACION Y REDUCE VIDA UTIL DEL ELEMENTO
MSRF1.2.2	CORREA TIPO V		<b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES. <b>DESCASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION <b>CORROSION:</b> POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORROSIVO <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.
MSRF1.2.3	TORNILLOS HEXAGONAL X		<b>DESCASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS RODANTES, ASIENAMIENTO <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE
MSRF1.2.4	BIJE DE AJUSTE		<b>DESCASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS RODANTES, ASIENAMIENTO <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE
MSRF1.3	COMPRESOR 1		
MSRF1.3.1	SISTEMA MOTOR		
MSRF1.3.1.1	VALVULA DE DESCARGA Y	CION	
MSRF1.3.1.1	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X24U [128635]		<b>DESCASTE:</b> PERDIDA DE RIGIDEZ, DEFORMACION, DEDIDA A OPERACION CONTINUA Y CONTACTO ENTRE ELEMENTOS MOVILES. <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES. <b>ELONGACION:</b> DEDIDA A DEFORMACION POR CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA.
MSRF1.3.1.2	TORNILLO Y TUERCA VALVULA DE DESCARGA X8U [128641]		<b>DESCASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION <b>CORROSION:</b> POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORROSIVO <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.
MSRF1.3.1.3	ARANDELA CENTRAL VALVULA DE DESCARGA X8U [128642]		<b>DESCASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS MOVILES (VELOCIDAD RELATIVA ENTRE COMPONENTES). <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE
MSRF1.3.1.4	GUIA VALVULA DE DESCARGA X8U [128637]		<b>DESCASTE:</b> SE PRODUCE POR MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE DIFERENTES COMPONENTES <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE
MSRF1.3.1.5	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X84U [128646]		<b>DESCASTE:</b> PERDIDA DE RIGIDEZ, DEFORMACION, DEDIDA A OPERACION CONTINUA Y CONTACTO ENTRE ELEMENTOS MOVILES. <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES. <b>ELONGACION:</b> DEDIDA A DEFORMACION POR CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA.
MSRF1.3.1.6	PLATO FLANCO POSICIONAMIENTO VALVULA DE DESCARGA X8U [128643]		<b>DESCASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION <b>REPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O GOLPES EXTERNOS
MSRF1.3.1.7	ASIENTO INTERNO VALVULA DE DESCARGA X8 [128649]		<b>DESCASTE:</b> A CAUSA DE UN ERROR DE INSTALACION QUE PRODUCE UN DESALINEAMIENTO ENTRE LOS ELEMENTOS (TAPA DEL CILINDRO Y ASIENTO)

NOMBRE DE PARTICION

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 20. Contenido Plantilla causa efecto

ENCARGADOS RCM/ JEFE DE HTD: ING DAVID FREYTES

ELABORÉ: **FILLO YARGAS**

UNIVERSIDAD Pontificia Bolivariana

SAP

**EFEECTO**

DESCRIPCION DE FALLA	CAUSA	EFEECTO	DAÑO	MSG III	POR DETERMINAR	COMENTARIO
<b>INMUNO ROTO O AÑENADO:</b> POR HUMEDAD, SOBRECARGA, TRANSIENTES ELECTRICOS		X	DAÑA			SE RECOMIENDA LA COMPRA DPS PARA LA PROTECCION DE LOS MOTORES CONTRA LOS PICOS DE VOLTAJE.
<b>DAÑO POR VIBRACION:</b> POR RODAMIENTOS EN MAL ESTADO, Desequilibrio, PANDEROS		X	DAÑA			
<b>CASTE RODAMIENTOS INTERNOS:</b> LUBRICACION ESCASA EN RODAMIENTOS		X	DAÑA			
<b>DEGRADACION MECANICA:</b> POR EXPOSICION DEL ELEMENTO A ALTAS TEMPERATURAS		X	DAÑA			
<b>ASIENTAMIENTO:</b> INCREMENTO EN EL CONSUMO DE AMPERAJE, ATASCAMIENTO		X	DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR CICLAJE CONSTANTE, GOLPES EXTERNOS Y/O PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO ERRONEOS		X	DAÑA			
<b>DEFORMACION:</b> LA CORREA TIENDE A ESTIRARSE POR ESFUERZOS DE TENSION			DAÑA			
<b>DEFORMACION:</b> POR EFECTO DE FLEXION EN EL ELEMENTO Y/O EXPOSICION A CAMBIOS DE TEMPERATURA			DAÑA			
<b>CASTE:</b> POR MAL POSICIONAMIENTO DEL ASIENTO EL CUAL CAUSA DESALINEACION Y REDUCE VIDA UTIL DEL ELEMENTO			DAÑA			
<b>CASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION			DAÑA			
<b>ROSION:</b> POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORROSIVO			DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.			DAÑA			
<b>CASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS RODANTES, ASIENTAMIENTO			DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE			DAÑA			
<b>CASTE:</b> PERDIDA DE RIGIDES, DEFORMACION, DEBIDO A OPERACION CONTINUA Y CONTACTO ENTRE ELEMENTOS MOVILES.	X		DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.		X	DAÑA			
<b>DEFORMACION:</b> DEBIDO A DEFORMACION POR CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA.		X	DAÑA			
<b>CASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION	X		DAÑA			
<b>ROSION:</b> POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORROSIVO		X	DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.		X	DAÑA			
<b>CASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS MOVILES (VELOCIDAD RELATIVA ENTRE COMPONENTES).	X		DAÑA			
<b>TORNO:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE		X	DAÑA			
<b>CASTE:</b> SE PRODUCE POR MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE DIFERENTES COMPONENTES	X		DAÑA			
<b>CASTE:</b> PERDIDA DE RIGIDES, DEFORMACION, DEBIDO A OPERACION CONTINUA Y CONTACTO ENTRE ELEMENTOS MOVILES.	X		DAÑA			

**CAUSA**

**PROBABILIDAD-CONSECUENCIA**

**MSG-3**

**COMENTARIO**

**POR DETERMINAR**

Fuente: Autores del Proyecto

Las diferentes casillas de esta plantilla serán: causa, efecto, probabilidad-consecuencia, msg-3, por determinar, comentario. La columna por determinar sera asignada a un código de colores estandar para toda las divisiones de la empresa en el programa de mantenimiento para asi facilitar el filtrado de las tareas y diferentes decisiones referentes a los elementos del sistemas, entre ellos si se aplica run to fail, msg-3 o por el contrario no se aplica la logica a algun elemento, ademas de esto la lista de brechas correspondiente a algun elemento el cual no presente ningun daño o modo de falla en su vida util o se desconozca alguna de sus características.

**Tabla 21. consecuencia por fallo**

	Lista de brechas
	Run to fail
	SI MSG III
	NO MSG III

Fuente: Autores del Proyecto

Para la plantilla de causa-efecto lo primero que se deberá hacer es usar la información de la última partición de cada línea de proceso con su respectiva nomenclatura y ubicar estos en las dos primeras columnas correspondientes a ítem y nombre de partición.

Tabla 22. Datos incluidos en ítem y nombre de partición

		<b>AVIDESA MAC POLLO S.A.</b> <b>PLANTA: FRIGOANDES</b> <b>LINEA DE OPERACIÓN: SISTEMA DE REFRIGERACION AMONIACO</b>	
ITEM	NOMBRE DE PARTICION		
			<b>RUPT</b>
CMSAF13	COMPRESOR 1		
CMSAF13.1	SISTEMA MOTRIZ		
CMSAF13.1.1	VALVULA DE DESCARGA Y SUCCION		
CMSAF13.1.1	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X24U [120635]		
			<b>DESG</b>
			<b>RUPT</b>
			<b>ELON</b>
CMSAF13.1.2	TORNILLO Y TUERCA VALVULA DE DESCARGA X8U [120641]		
			<b>DESG</b>
			<b>CORR</b>
			<b>RUPT</b>
CMSAF13.1.3	ARANDELA CENTRAL VALVULA DE DESCARGA X8U [120642]		
			<b>DESG</b>
			<b>RUPT</b>
CMSAF13.1.4	GUIA VALVULA DE DESCARGA X8U [120637]		
			<b>DESG</b>
CMSAF13.1.5	RESORTE VALVULA DE DESCARGA X64U [120646]		
			<b>DESG</b>
			<b>RUPT</b>

Fuente: Autores del Proyecto

En este también se referencian los componentes con su respectivo código correspondiente al manual del fabricante y la cantidad de estos, la nomenclatura corresponde a la utilizada en las plantillas anteriores.

A continuacion se procedera a buscar cada modo de falla de los diferentes componentes del sistema con la colaboracion de los ingenieros, tecnicos y personal de experiencia y se ubicara esta informacion en la columna descripcion de falla, ademas de esto es necesario buscar cada modo de falla que se pueda presentar en un elemento en la base de datos de los fabricantes.

Tabla 23. Inclusión de modos de fallos en la plantilla

PLANTA: FRIGOANDES	
LINEA DE OPERACIÓN: SISTEMA DE REFRIGERACION AMONIACO	
NOMBRE DE PARTICION	DESCRIPCION DE FALLA
VALVULA DE DESCARGA X8U [120641]	<b>DESGASTE:</b> POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION <b>CORROSION:</b> POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORRO <b>RUPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PE
VALVULA DE DESCARGA X8U [120642]	<b>DESGASTE:</b> POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS MOVILES ( VELOCIDAD RELATIVA ENTRE COMPONENTE <b>RUPTURA:</b> POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE

Fuente: Autores del Proyecto

Los modos de falla de cada componente se ubicaran frente a estos con su respectiva descripción de falla con un mínimo de tres modos de falla por componente para así facilitar el análisis respectivo, **ejemplo**.

Tabla 24. Inclusión descripción del modo de falla

MOTOR1	
	<b>BOBINADO ROTO O QUEMADO:</b> POR HUMEDAD, SOBRECARGA, TRANSIENTES ELECTRICOS
	<b>ALTA VIBRACION:</b> POR RODAMIENTOS EN MAL ESTADO, DESEQUILIBRIO, PANDEO DEL EJE, POR DESAJUSTE DE ELEMENTOS MOVILES Y COMPONENTE DE FIJACION
	<b>DESGASTE RODAMIENTOS INTERNOS:</b> LUBRICACION ESCASA EN RODAMIENTOS
	<b>LIMITACION FUNCIONAL:</b> POR EXPOSICION DEL ELEMENTO A ALTAS TEMPERATURAS, DESALINEACION DEL EJE, DESALINEACION DEL EJE
	<b>CALENTAMIENTO:</b> INCREMENTO EN EL CONSUMOS DE AMPERAJE, ATASCAMIENTO DE RODAMIENTOS, REFRIGERACION FORZADA AVERIADA.

Fuente: Autores del Proyecto

Los modos de falla que se presentan en el motor de uno de los compresores VKL pertenecientes al sistema de refrigeración presentan los siguientes modos de falla:

- Bobinado roto o quemado
- Alta vibración
- Desgaste de rodamientos internos
- Limitaciones funcionales
- Calentamiento

Es importante resaltar que cada uno de estos modos de falla se referenciaran puntualmente para cada componente o elemento **ejemplo**.

**Bobinado roto o quemado**, este modo de falla se puede generar por que dado el ambiente de trabajo de este motor esta expuesto a humedad excesiva, sobrecargar o picos de voltaje.

**Alta vibración**, cuando este motor presenta esta falla generalmente es por que los rodamientos estan dañados en su pista interna o el motor esta desalineado con respeto a su elemento de transmision de movimiento o alguna de sus partes o elementos moviles se encuentra en mal estado; es importante resaltar que se debera contemplar la mayoria de los escenarios de falla de cada componente para asi poder minimizar al maximo la probabilidad de que alguno de estos elementos falle.

Las siguientes dos columnas son utilizadas para una pre selección de los modos de falla que aplicaran a la metodologia RCM MSG3, las cuales estaran nombradas con:

**Causa:** son aquellas que producen la perdida de la función del elemento y que son producidad por si mismo y por la naturaleza de la función.

**Efecto:** Son los modos de falla que afectan la funcion pero no estan relacionados directamente por la naturaleza del elemento, es decir que son producidos por otros modos de falla pertenecientes a agentes externos y se seleccionan frente a cada modo de falla de forma correspondiente y denotado con (X) como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 25. Evaluación del modo de falla (efecto o causa)**

DESCRIPCION DE FALLA	CAUSA	EFECTO
DESgaste: POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOUPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION	X	
CORROSION: POR FILTRACION DE FLUIDOS DENTRO DEL ELEMENTO Y EXPOSICION A MEDIO AMBIENTE CORROSIVO		X
RUPTURA: POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.		X
DESgaste: POR CONTACTO DIRECTO CON ELEMENTOS MOVILES ( VELOCIDAD RELATIVA ENTRE COMPONENTES).	X	
RUPTURA: POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE		X
DESgaste: SE PRODUCE POR MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE DIFERENTES COMPONENTES	X	
DESgaste: PERDIDA DE RIGIDEZ, DEFORMACION, DEBIDO A OPERACION CONTINUA Y CONTACTO ENTRE ELEMENTOS MOVILES.	X	
RUPTURA: POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O SOPORTAR CARGAS MAYORES A LAS PERMISIBLES.		X
LONGACION: DEBIDO A DEFORMACION POR CAMBIOS BRUSCOS DE TEMPERATURA.		X
DESgaste: POR PERDIDA DEL PERFIL DE LA ROSCA DE ACOUPLE Y/O ERROR EN LA INSTALACION	X	
RUPTURA: POR FATIGA EN EL MATERIAL DADO EL ALTO CICLAJE Y/O GOLPES EXTERNOS		X
DESgaste : A CAUSA DE UN ERROR DE INSTALACION QUE PRODUCE UN DESALINEAMIENTO ENTRE LOS ELEMENTOS (TAPA DEL CILINDRO Y ASIENTO)	X	

Fuente: Autores del Proyecto

Acto seguido analizaremos mas a fondo como comprobar cuando un modo de falla es causa o efecto **ejemplo.**

**Tabla 26. Modos de falla (causa o efecto)**

DESCRIPCION DE FALLA	CAUSA	EFECTO
SISTEMA AMONIACO FRIGO		
BOBINADO ROTO O QUEMADO: POR HUMEDAD, SOBRECARGA, TRANSIENTES ELECTRICOS		X
ALTA VIBRACION: POR RODAMIENTOS EN MAL ESTADO, DESEQUILIBRIO, PANDEO DEL EJE, POR DESAJUSTE DE ELEMENTOS MOVILES Y COMPONENTE DE FIJACION.		X
DESgaste RODAMIENTOS INTERNOS: LUBRICACION ESCASA EN RODAMIENTOS	X	
IMITACION FUNCIONAL: POR EXPOSICION DEL ELEMENTO A ALTAS TEMPERATURAS, DESALINEACION DEL EJE, DESALINEACION DEL EJE		X
CALENTAMIENTO: INCREMENTO EN EL CONSUMOS DE AMPERAJE, ATASCAMIENTO DE RODAMIENTOS, REFRIGERACION FORZADA AVERIADA.		X

Fuente: Autores del Proyecto

Los modos de falla mostrados anteriormente pertenecen a el motor1 de uno de los compresores VKL del sistema de refrigeracion mostrado anteriormente, para ello es importante tener claro el concepto de que es una causa y que es un efecto **ejemplo.**

- **Desgaste de rodamientos internos.** Estos componentes del sistema aunque se pueden lubricar lo ideal es cambiarlos al primer signo de daño o desgaste, los rodamientos y demas elementos rodantes estan diseñados para operar bajo unos ciclos determinados de operación cuando la grasa de estos se sale como tal del elemento o su estado y composicion cambian se puede hablar

de una lubricacion escasa este modo de falla parte de la naturaleza del elemento y de la operación del mismo por tanto este modo de falla corresponde a **causa**

- **Limitacion funcional.** Cuando se habla de una limitacion funcional se hace referencia a factores que evitan el correcto desempeño y operación en este caso del motor del compresor como serian la exposicion a altas temperaturas de operación o desalineamiento del eje, estos modos de falla que se pueden presentar son producto de factores externos bien sea de una tecnica erronea de instacion o por mal planeacion en el momento de instalar los equipos en lugares con buena ventilacion que ayuden a un ambiente de operación adecuado. Por ello este modo de falla se debe tomar como un **efecto** ya que se afecta como tal el funcionamiento correcto del elemento pero no por componentes de este si no por factores externos a su naturaleza de operación.

A continuacion la columna denominada probabilidad-consecuencia será la encargada de evaluar cada uno de los modos de falla que seran previamente nombrados como **efecto**. Esto será gracias a la matriz que se presenta en la siguiente Figura.

Tabla 27. Matriz probabilidad consecuencia

PROBABILIDAD		MATRIZ DE ANALISIS		CONSECUENCIA		
		CAUSA Vs EFECTO		>552000	138000 > X < 552000	< 138000
		RCM- MSG 3		>2 HORAS	> 30 MINUTOS	< 30 MINUTOS
	X		<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	
> 1 AL MES	<b>3</b>	<b>9</b> ALTA	<b>6</b> ALTA	<b>3</b> MEDIA		
> 1 EN 4 MESES	<b>2</b>	<b>6</b> ALTA	<b>4</b> MEDIA	<b>2</b> BAJA		
< 1 AL AÑO	<b>1</b>	<b>3</b> MEDIA	<b>2</b> BAJA	<b>1</b> BAJA		

Fuente: Autores del Proyecto

Esta matriz es la encargada de definir cuando un elemento se incluirea o no a la metodologia RCM-MSG3, la matriz esta constituida en su eje horizontal por la probabilidad la cual esta dada por el tiempo estimado en el que un elemento deja de funcionar adecuadamente durante su ciclo de operación y en su eje vertical se denota la consecuencia la cual esta dada por el tiempo estimado para la reparacion y el costo en horas de trabajo para su reparacion o reemplazo.

Los modos de falla que sean evaluados y que su resultado sea probabilidad **media** o **alta** se les aplicara la metodologia RCM-MSG3 como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 28. Evaluación de los modos según su probabilidad**

CAUSA	EFEECTO	PROB. CONSEC.	MSG III	POR DETERMINAR	COMENTARIO
	X	BAJA	NO		SE RECOMIENDA LA COMPRA DPS PARA LA PROTECCION DE LOS MOTORES CONTRA LOS PICOS DE VOLTAJE.
	X	BAJA	NO		
X			SI		
	X	BAJA	NO		
	X	BAJA	NO		
	X	BAJA	NO		
	X	BAJA	NO		
	X	BAJA	NO		
X			SI		
X			SI		
	X	BAJA	NO		

Fuente: Autores del Proyecto

Para realizar el analisis en la matriz probabilidad-consecuencia es necesario identificar los equipos criticos, cuando se habla de equipos criticos se hace referencia a los equipos los cuales su averia o mal funcionamiento pone en riesgo el correcto desempeño y produccion de la empresa por ello elementos como tornillos, empaques y demas elementos los cuales su mantenimiento es casi nulo inmediatamente pasan a ser una probabilidad **baja** y por ende estos se envian a run to fail lo cual significa usar el elemento hasta que este acabe su vida util a continuacion se mostrara un ejemplo de este analisis.

Tabla 29. Ejemplo de elemento critico

CORREA TIPO Y				
	<b>ELONGACION: LA CORREA TIENDE A ESTIRARSE POR ESFUERZOS DE TENSION</b>		X	BAJA
	<b>TEMPERATURA</b>		X	BAJA
	<b>DESALINEACION Y REDUCE VIDA UTIL DEL ELEMENTO</b>	X		

Fuente: Autores del Proyecto

La columna MSG III corresponde a los elementos y modos de falla a evaluar mediante esta metodología adicionalmente a esto la casilla por determinar cumple la funcion de identificar principalmente la lista de brechas y esta codificada con el codigo de colores dado en la Figura 42. Los comentarios serviran como anexos a la informacion bien sea del componente o elemento como tambien del modo de falla.

**3.2.2 Plantilla Lista de tareas.** La plantilla lista de tareas es la encargada de definir cada una de las tareas correspondientes a la metodologia RCM-MSG3 como se puede observar en la siguiente Figura.

Tabla 30. Plantilla de tareas

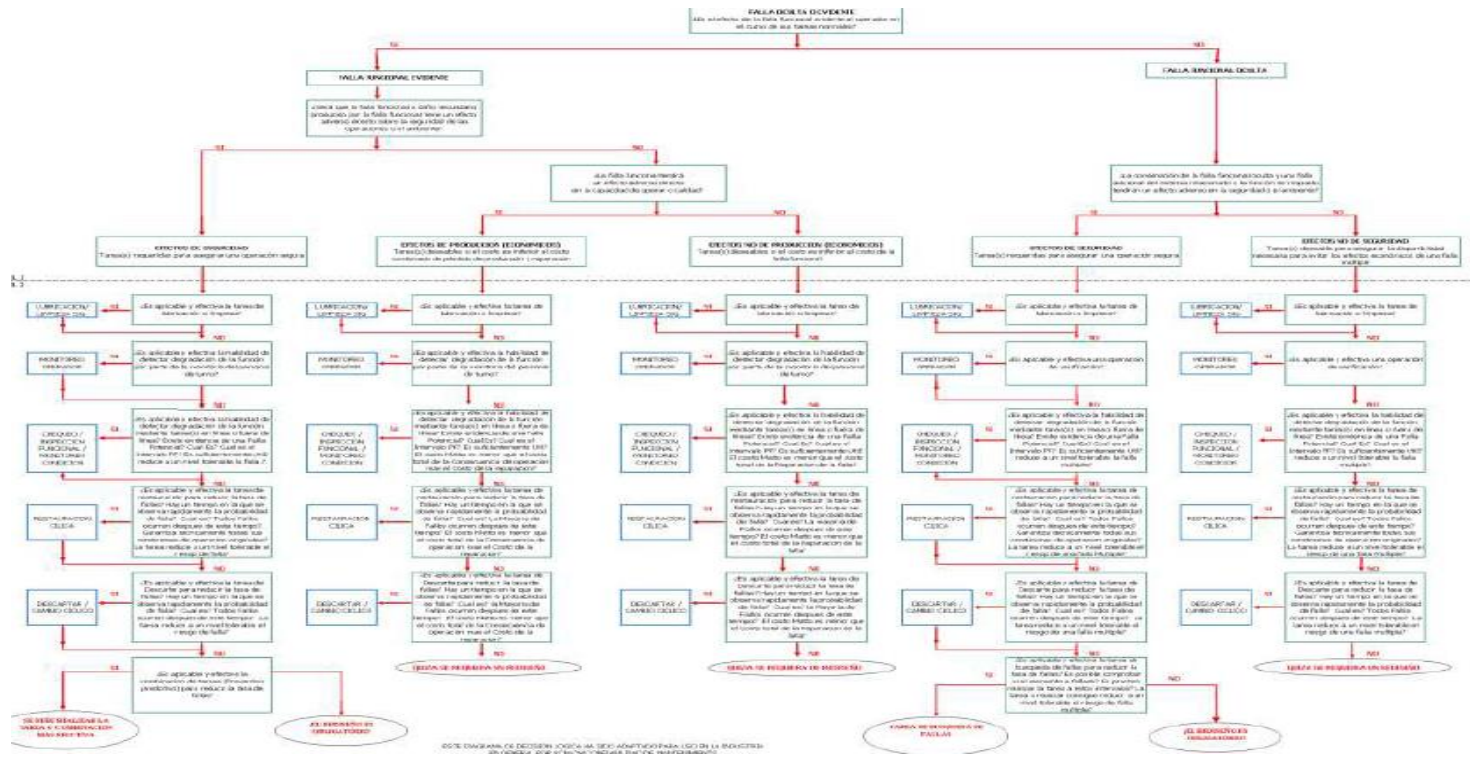
The image shows a screenshot of a task template in SAP. The header includes logos for Mac POLO, RCM, SAP, and Universidad Pontificia Bolivariana. The main table has columns for task ID, description, priority, and dates. Six numbered callouts (1-6) are overlaid on the table:

- 1:** Points to the 'ID TAREA' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.
- 2:** Points to the 'DESCRIPCIÓN DE LA TAREA' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.
- 3:** Points to the 'INDICADORES DE SEGUIMIENTO' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.
- 4:** Points to the 'INDICADORES DE SEGUIMIENTO' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.
- 5:** Points to the 'INDICADORES DE SEGUIMIENTO' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.
- 6:** Points to the 'INDICADORES DE SEGUIMIENTO' column for task ID 'WPRO.3.1.1'.

Fuente: Autores del Proyecto

**3.2.3 Árbol lógico de decisiones.** Para realizar el análisis de dicha metodología es conveniente conocer y comprender el uso adecuado del árbol lógico de decisiones del RCM-MSG3 en el cual se establecerán cada una de las diferentes tareas que este propone.

Figura 17. Árbol lógico de decisiones



Fuente: Autores del Proyecto


La Figura anterior corresponde al árbol lógico de decisiones del RCM-MSG3, el cual es el que contribuye a elegir las tareas a realizar a cada elemento y/o componente del sistema dependiendo de su modo de falla, su efecto económico o de producción y su entorno de trabajo. Basándose en unas preguntas clave propuestas en este árbol lógico de decisiones.

### 3.2.4 Plantilla Lista de Tareas MSG-3

**1. Numeración:** En esta casilla se enumeraran los items que seran clasificados previamente para el analisis del RCM MSG-3 la numeración se hara de forma ascendente.

**2. Ítem:** La casilla item corresponde a la nomenclatura definida previamente para las anteriores casillas con su respectivo código y numeración.

Tabla 31. Plantilla tareas – Códigos y numeración

		<b>AVIDESA MAC POLLO S.A.</b> <span style="float: right;">ENCARGADOS RCM</span>	
		<b>PLANTA: FRIGOANDES</b>	
		<b>LINEA DE OPERACIÓN: SISTEMA DE REFRIGERACION AMONIACO</b>	
ITEM	NOMBRE DE PARTICION	DESCRIPCION DE FALLA	
1.1	CONJUNTO MOTORES COMPRESORES SISTEMA AMONIACO FRIGO		
1.1.1	COMPRESOR 1		
1	CMSAF11 MOTOR1	<b>DESGASTE DE RODAMIENTOS INTERNOS:</b> P CON ELEMENTOS RODANTES Y POR FUNCION NATL	

Fuente: Autores del Proyecto

En la anterior figura se muestra la nomenclatura CMSAF 1.1 esta nomenclatura corresponde a una division de las diferentes maquinas que componen el sistemas de amoniaco en este caso el CONJUNTO MOTORES COMPRESORES SISTEMA AMONIACO FRIGO.

**3. Nombre de partición:** En esta columna es importante resaltar que se encontrar grupos o divisiones los cuales definirán la nomenclatura de la columna anterior

**Ejemplo:** CMSAF corresponde a el conjunto de motores compresores sistema de amoniaco frigo, asi mismo RESAF en este caso corresponde a recirculador sistema amoniaco frigo.

**4. Descripción de falla.** Los modos de falla descritos en esta casilla corresponden a los cuales clasificaron a MSG-3 en la anterior plantilla de CAUSA-EFECTO como se muestra en la siguiente Figura.

**Tabla 32. Modo de falla – plantilla de tareas**

ITEM	NOMBRE DE PARTICION	DESCRIPCION DE FALLA	EFEC
1.3.5	EVAPORADOR S (BTR-48)		
42	CESAF5.1 VALVULA EXPANSION	DESGASTE : POR USO NORMAL DEL ELEMENTO Y CONSTANTE CICLAJE EL CUAL PRODUCE:CIERRE DEFECTUOSO, OBSTRUCCION , BLOQUEO, ACTUACIONES INCONTROLADAS (SOBREPRESION)	EPE
43	CESAF5.2 CONJUNTO ASPA MOTOR	DESGASTE RODAMIENTOS INTERNOS: LUBRICACION POBRE EN RODAMIENTOS	EPE
1.4	RECIRCULADOR SISTEMA DE AMONIACO FRIGO		
1.4.1	RECIRCULADOR		

Fuente: Autores del Proyecto

5. Esta sección se compone de 4 columnas las cuales se explicaran detalladamente a continuacion.

**Efecto.** Esta casilla sera muy importante al momento de definir las tareas a realizar a los elementos ya que se cuenta con unas siglas predeterminadas para desglosar correctamente la decision tomada en el arbol logico de decisiones de RCM MSG-3 a continuacion se mostraran estas siglas.

- RTF estas siglas corresponden a run to fail o llevar hasta que el elemento falle y se utilizaran principalmente en los elementos que no tengan un impacto económico o de producción, que no afecten la vida util de elementos o máquinas mas grandes y que sean de fácil reemplazo o que su reemplazo se deba hacer obligatoriamente al momento de desmontar la máquina.
- EPE/ENP significa un efecto de producción evidente y efecto no de producción respectivamente, al momento de evaluar un elemento se deben generar la siguiente pregunta para su correcta clasificación ¿Qué pasa si se daña o deja de funcionar este elemento?; el objetivo de esta pregunta es conocer detrás de un fallo o una averia de un elemento en concreto que reacción negativa puede tener con respecto a la maquina principal para asi clasificar de la manera adecuada los EPE son los elementos los cuales su daño puede ocasionar repercusión económica para la empresa ya que puede involucrar el daño de un equipo costoso, adicional a esto puede ocasionar paradas de planta por periodos prolongados. Los ENP son elementos que si bien son importantes no representan un efecto económico o de producción para la empresa, estos principalmente podrian ser elementos los cuales generen leves fugas o que su averia no afecte su medio de funcionamiento.
- HSE consecuencias de seguridad y medio ambiente fallas que pueden producir lesiones o muertes, ademas de esto que puede incumplir estandares ambientales obligatorios.
- HSN consecuencias no relacionadas con seguridad.

**Tarea.** En la columna de tareas se especificaran que tareas se realizaran a los elementos dependiendo del grado o escalon en el cual pudo ser clasificado el elemento en el árbol lógico de decisiones las siglas a continuación serán las utilizadas para abreviar cada una de las tareas a realizar

- L/C limpieza o lubricación
- I/F inspeccion funcional
- I/O inspeccion operativa
- RTF run to fail
- CBM mantenimiento basado en condición

**Preguntas.** La columna de preguntas tiene como objetivo complementar las brechas que resulten del análisis mediante el árbol lógico de decisiones, estas preguntas generalmente irán orientadas a tipos de lubricantes, cantidades, procedimientos y rangos de medición.

**Descripción de la tarea.** En esta columna se especificara el tipo de tarea a realizar para cada componente del sistema además de esto si existen formatos checklist de soporte para desarrollar la tarea adecuadamente esta se debe anexar para que los auxiliares o el personal de mantenimiento puedan tener un manejo claro de los instrumentos de medición entre otros.

**6.** En esta sección encontraremos información de gran utilidad tanto para el programador del PM-SAP como para la persona que realizara las tareas propuestas en estas plantillas ya que se encuentra información referente a tipos

de repuestos, instrumentos de medición, frecuencia de la tarea, duración de la tarea y algunos anexos.

**Descripción de repuestos.** La casilla descripción de repuestos tendrá información importante acerca de tipos de lubricantes para dicha tarea, recomendaciones para realizar procedimientos, referencias de repuestos y/o código SAP de ellos, además de esto algunos items tendrán como sugerencia tener bien sea un repuesto o como tal un equipo backup en caso de daño para así minimizar al máximo el tiempo de parada en caso de que esto ocurra.

**Código SAP.** Este código está identificado en la base de datos de SAP para agilizar la ordenes y disponibilidad de los repuestos o lubricantes.

**Cantidad.** Es el número de repuestos que se necesitarán para llevar a cabo la tarea de mantenimiento.

**(F) Frecuencia.** Frecuencia con la cual se realizarán cada uno de los mantenimientos que estará dado por meses, semanas, días, años.

**(D) Duración.** Tiempo que toma realizar el mantenimiento a cada uno de los componentes o elementos.

**(P) Personal.** Cantidad de auxiliares de mantenimiento o personal especializado de mantenimiento requerido para realizar una tarea.

**(H) Habilidad.** Especifica el tipo personal que se debe utilizar para dicha tarea los cuales son:

- Auxiliar de mantenimiento

- Técnico de refrigeración
- Lubricador de mantenimiento refrigerado

**(E) Estado.** Esta casilla especifica el estado en el que debe estar el equipo cuando se vaya a realizar la operación de mantenimiento.

- (P) Parado
- (F) Funcionando

**Hoja de Ruta y Plan de Mantenimiento.** Estas dos columnas corresponden a los códigos generados por SAP al Programar cada hoja de ruta.

**Ejemplo.** A continuación se realizara un ejemplo con el fin de comprender mas claramente el uso correcto de esta plantilla, sus diferentes clasificaciones y evaluaciones.

Tabla 33. Clasificación de las secciones en la plantilla de tareas




Fuente: Autores del Proyecto

El elemento por analizar es el MOTOR1 correspondiente al compresor 1 del sistema de refrigeración por absorción de amoníaco correspondiente a la planta Frigoandes.

- Numeración
- Nomenclatura CMSAF1.1 que corresponde a conjunto motores compresores sistema amoniaco frigoantes, numeracion ascendente.
- Nombre del elemento para este caso sera MOTOR1
- Descripcion de la falla, desgaste de rodamiento interno: por contacto directo con elementos rodantes y por funcion natural del elemento

Tabla 34. Clasificación de las secciones en la plantilla de tareas

5	6	7	REALIZAR LIMPIEZA INTERNA CON SIGNIFICADO RETIRANDO INCRUSTACIONES Y MATERIAL PARTICULADO QUE PUEDE AFECTAR A LOS RODAMIENTOS Y PARTES MÓVILES DEL MOTOR. (SOLO SE REALIZA CUANDO SE DESMONTA)	9
	L		LUBRICACION CON SIGNIFICADO CON GRASA MOBIL POLYREX EM 2	8
	CBM	¿EXISTE FORMATO? NO, PENDIENTE	REALIZAR SEGUIMIENTO MEDIANTE FORMATO CHECK LIST (CONDICION) - MEDICION DE COSUMO MOTOR (VARIABLES ELECTRICAS AMPERAJE NOMINAL)	

Fuente: Autores del Proyecto

De acuerdo con el árbol lógico de decisiones del RCM-MSG3 y haciendo el analisis correcto para este elemento los resultados son los siguientes:

1. EPE significa que el elemento es tiene un efecto de produccion evidente esta valoracion se le da a este elemento ya que es el motor que mueve el compresor1 del sistema de refrigeracion, al este dejar de funcionar el compresor no funcionaria por tanto no refrigeraria bien y esto produce que la cadena de frio del alimento se pierda, y el pollo no salga congelado de la banda.
2. Las operaciones o mantenimientos a realizar son los siguientes:

- (C) Limpieza
- (L) Lubricación
- (CBM) Mantenimiento basado en condición

3. Preguntas en este caso solo se genera una pregunta y es en el mantenimiento basado en condicion la cual es ¿existe formato para realizar este mantenimiento? Si no existe hay que generar una checklist para este equipo.

4. En la casilla numero 8 encontramos cada uno de los mantenimientos que se le deben hacer a este elemento con una descripcion clara entre estos podemos resaltar el tipo de grasa para la tarea de lubricacion que es la grasa mobil polyrex em 2.

5. En descripción de repuesto como las tareas de mantenimiento basado en condición y la limpieza no hacen uso de respuesto, para lo único que se especificara es para la lubricación por ello se pondra la etiqueta correspondiente al lubricante.

**Tabla 35. Clasificación de las secciones en la plantilla de tareas**

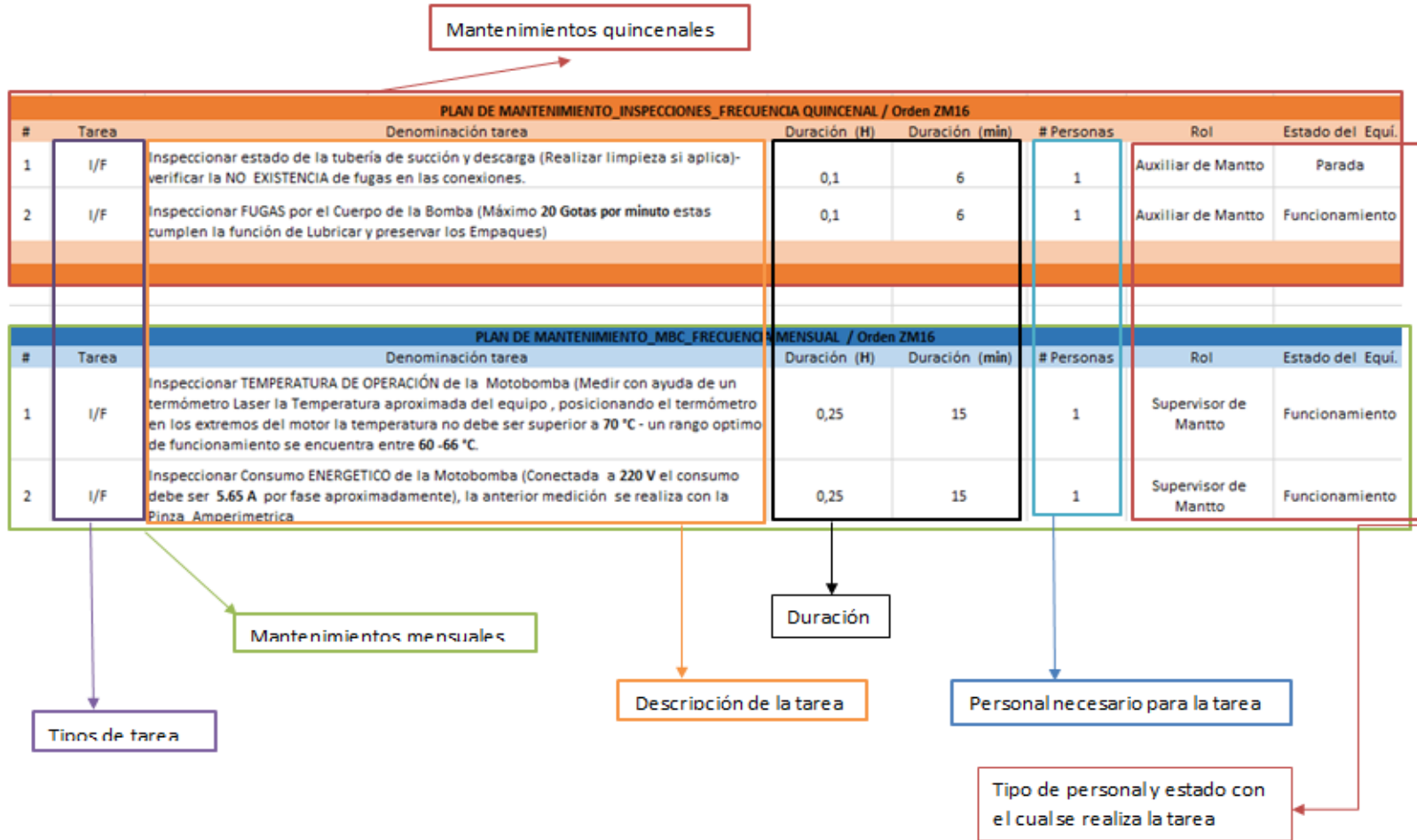
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
			X	120	2	AUXILIAR METO REFRIGERADO	P	----	
30289	35 Gr por Rodamiento		X	10	1	LUBRICADOR METO REFRIGERADO	F	----	
			X	10	1	TECNICO REFRIGERACION	F	----	

Fuente: Autores del Proyecto

6. Código SAP con el que esta referenciado el mantenimiento, ya que la parte de lubricación ya esta generada en el sistema por eso se agrega el codigo SAP de este lubricante
7. Cantidad especificamos en esta columna la cantidad de grasa que se necesita por rodamiento
8. En la casilla de frecuencia es necesario que el programador añada las frecuencias con las cuales se debe cambiar la grasa de los elementos o bien realizar limpiezas o mantenimiento basado en condicion como es en este caso
9. Duración esta dada en minutos y en ella se especifica un tiempo aproximado para cada una de las tareas
10. Se referencia cuanto personal se necesita para realizar la tarea en este caso para limpieza se necesitan dos personas
11. El tipo de personal que se requiere para estas tareas, para limpieza es necesario auxiliares de mantenimiento, para lubricación se necesitan lubricadores de mantenimiento, y para mantenimiento basado en condición se necesita técnico de refrigeración.
12. Estado con el cual se debe realizar el mantenimiento para este caso limpieza debe estar parado el motor y para el mantenimiento basado en condicion debe estar funcionando
13. Código generados por SAP al programar
14. Código generado por SAP al programar

**3.2.5 Hojas de Ruta.** Para programar las hojas de ruta es necesario filtrar las tareas por su frecuencia de mantenimiento y su tiempo para así poder organizar de una mejor forma y más detallada cada una de las tareas que se van a ingresar al software SAP para ello es necesario conocer la siguiente plantilla

Tabla 36. Hoja de ruta – Programación



Fuente: Autores del Proyecto



**Crear instrucción: acceso.** En la casilla de grupo de hojas de ruta presentada en la siguiente figura es necesario colocar el nombre con el cual la hoja de ruta se va a identificar en este caso MTO\_PVR mantenimiento preventivo refrigeracion.

**Tabla 38. Creación de accesos**

The screenshot shows a software window titled "Crear instrucción: acceso". At the top, there is a menu bar with options: "Instrucciones", "Tratar", "Pasara", "Opciones", "Entorno", "Sistema", and "Ayuda". Below the menu is a toolbar with various icons. The main content area has a header "Crear instrucción: acceso" and a sub-header "Plan". Under "Plan", there is a field "Grupo hojas ruta" with the value "MTO\_PVR" and a small icon to its right. Below this is a section titled "Valores prefijados" containing three input fields: "Perfil" (empty), "Número modificación" (empty), and "Día fijado" (containing the date "14.02.2015").

Fuente: Autores del Proyecto

**Crear instrucción: cabecera vista general.** Al fijar los parametros anteriores se genera una nueva plantilla. Para la cual en cont.grupo HRuta se especificara el nombre completo en caso de que no se pueda encontrar como MTO\_PVR,

**Centro de planificación : B002,** que es el centro en el cual se encuentran registrados los equipos de la planta de Frigoandes.

**Puesto de trabajo:** TECREFMT, técnico refrigeración mantenimiento que es el tipo de personal que se necesitan para estas tareas.

**Utilización:** mantenimiento, este es el tipo de trabajo que se va a realizar.

**Grupo planif:** Planificador refrigerado, ya que estos equipos pertenece a el área refrigeración.

**Status hoja de ruta:** liberado general.

**Estado de instalación:** en funcionamiento, es el estado en el cual se va a realizar la tarea de mantenimiento.

**Estrategia de mantenimiento:** esta estrategia es mensual ya que estas tareas que se estan evaluando son para mantenimientos mensuales para este caso.

**Conjunto :** esta casilla no aplica.

En la figura siguiente se muestra como quedara toda la información dentro de toda la plantilla.

Tabla 39. Creacion Instrucción - Cabecera vista general

Fuente: Autores del Proyecto

**Primera Operación.** A continuación nos dirigimos a la pestaña operaciones que es donde vamos a cargar cada una de las tareas a realizar en la hoja de ruta, al oprimir resulta:

**Tabla 40. Resumen Operaciones**

Fuente: Autores del Proyecto

**Crear instrucción - resumen operaciones.** En esta plantilla se definiran las tareas de esta hoja de ruta

- **Descripción de operación:** inspecciones funcionales motor compresor .
- **Duración :** tiempo total de las operaciones de mantenimiento.
- **Clase de actividad:** mantenimiento refrigerado el programa la asigna por default.

**Tabla 41. Resumen Operaciones – Descripción de parametros**

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación	T.	Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.	C %	DistTrbInt	Fac	ClAct	Clv.mod.
0010		TECREFMT	F001	PM01	Inspecciones funcionales_Motor_compresor	<input type="checkbox"/>				45	MIN			1	PMFRI1	
0020		TECREFMT	F001	PM01		<input type="checkbox"/>										
0030		TECREFMT	F001	PM01		<input type="checkbox"/>										

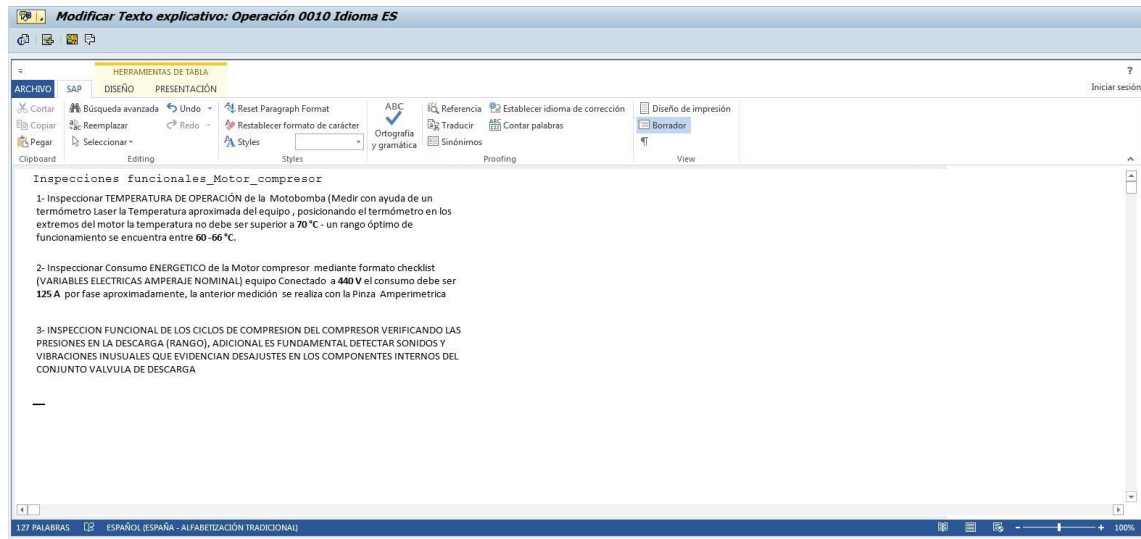
Fuente: Autores del Proyecto

En la columna de texto seleccionada en color azul es donde se anexaran cada una de las tareas de la hoja de ruta.

Como se puede observar en la siguiente figura tenemos como ejemplo las tres tareas de mantenimiento para el compresor, funcionales en una sola inspeccion mensual.

Termino “Apilar” o Apilamiento, corresponde a agrupar una cantidad de tareas de acuerdo a parámetros como: frecuencia, duracion, recursos etc.

Tabla 42. Tareas mantenimiento – apiladas a una inspección



Fuente: Autores del Proyecto

**Segunda Operación.** La segunda operación es una tarea de lubricacion por lo cual es necesario llenar otra celda con dicha informacion.

Como esta en una tarea de lubricación se necesita material en este caso grasa por ello es necesario seleccionar operación para desplegar el menú en el cual se especificará el material que se necesita para esta operación.

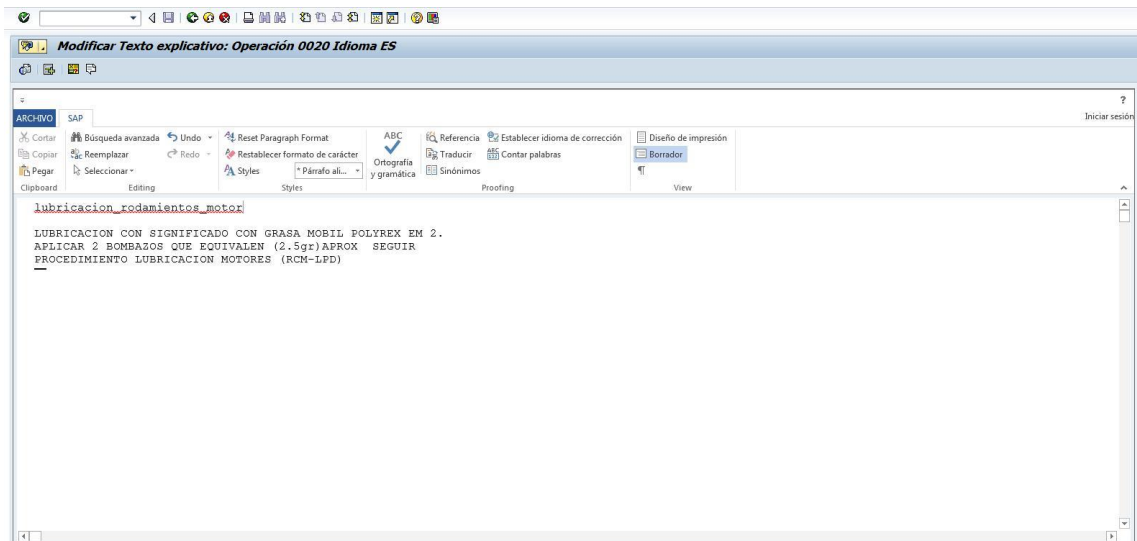
**Tabla 43. Especificación materiales necesarios para inspección**

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrf	Descripción operación	TEx	Trabajo	Un.	N°	Dur.	Un.	C %	DetTrbInt	Fac	ClAct	Clv.mod.	Conjunto	HS	GS	CS	G.	L.	E	Ctd.pedido	U...	Precio neto	Mon.	por	PzE	Cl.Co	
0010	TECREMT	F001	PM01		Inspecciones funcionales_Motor_compresor	<input checked="" type="checkbox"/>				45	MIN			1	PMFR11									<input type="checkbox"/>	1						COP
0020	TECREMT	F001	PM01		lubricacion_rodamientos_motor	<input checked="" type="checkbox"/>				12	MIN			1	PMFR11									<input type="checkbox"/>	1						COP
0030	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0040	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0050	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0060	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0070	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0080	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0090	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0100	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0110	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0120	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0130	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0140	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0150	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0160	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0170	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0180	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	
0190	TECREMT	F001	PM01			<input type="checkbox"/>																	<input type="checkbox"/>	1						COP	

Fuente: Autores del Proyecto

Es necesario nuevamente añadir la información referente al tipo de mantenimientos en este caso de lubricación que se debe realizar a la máquina.

**Tabla 44. Tareas de mantenimiento – inspección**



Fuente: Autores del Proyecto

**Resumen de componentes.** En esta plantilla se seleccionara el tipo de repuesto o material que se necesita, en este caso grasa para ello es necesario ir a la pestaña de selección de componente, en esta se desplegara un menu en el cual

se puede filtrar el tipo de material que se requiere en este caso grasa unirex alta temperatura y adicional a esto es necesario especificar la cantidad de grasa necesaria para esta operación.

**Tabla 45. Selección de materiales y componentes**

The screenshot shows a software interface with a search window titled 'Material de centro por denominación'. The search results are displayed in a table with the following columns: 'Texto breve de material', 'Idio', 'Mate', and 'Ce.'. The first row is highlighted in yellow and matches the search criteria: 'GRASA UNIREX ALTA TEMPERATURA' with 'Idio' ES, 'Mate' 28803, and 'Ce.' B002. Other materials listed include 'GRASA BLANCA ALIMENTOS WG-FG X 25 KG', 'GRASA LIQUIDA OKS 451-AEROSOL', 'GRASA LUBRY ALIMENTOS H1-PELETIZADORA', 'GRASA MECANICA', 'GRASA MECANICA X CUIÑETE', 'GRASA PARA RODAMIENTOS', 'GRASA ROJA MULTIP. MULTIGRADO WG-MPG', 'GRASA SINтетICA CRIOGENICA WG-FGC-0', 'GRASA SINтетICA CRIOGENICA WG-FGC-2', 'GRASA SL-123 GRASA ROJA PARA ALTA PRESIO', 'GRASA SL-NT-AA (GRASA COMESTIBLE)', and 'GRASA SRC NO. 1 S O CR 100 (LUBRICANTE)'. The main window also shows a table for 'Asign. componentes' with columns for 'Material', 'Cantidad', 'UM', 'R', and 'R... Den. componente'. The first row in this table shows '67428', '1,000', 'KG', and 'GRASA UNIREX ALTA TEMPERATURA'.

Fuente: Autores del Proyecto

**Crear Plan de Mantenimiento Preventivo: acceso.** Para la creación del plan de mantenimiento es necesario dirigirse a la barra de búsqueda de transacciones y utilizar la transacción IP42 la cual nos desplegara el menú mostrado en la siguiente figura.

**Tabla 46. Creacion Plan Mantenimiento**

Plan de mantenimiento preventivo | Tratar | Pasara | Detalles | Entorno | Sistema | Ayuda

**Crear plan de mantenimiento preventivo: Acceso**

Plan mant.prev.

Tp.plan manten.

Estrategia

Fuente: Autores del Proyecto

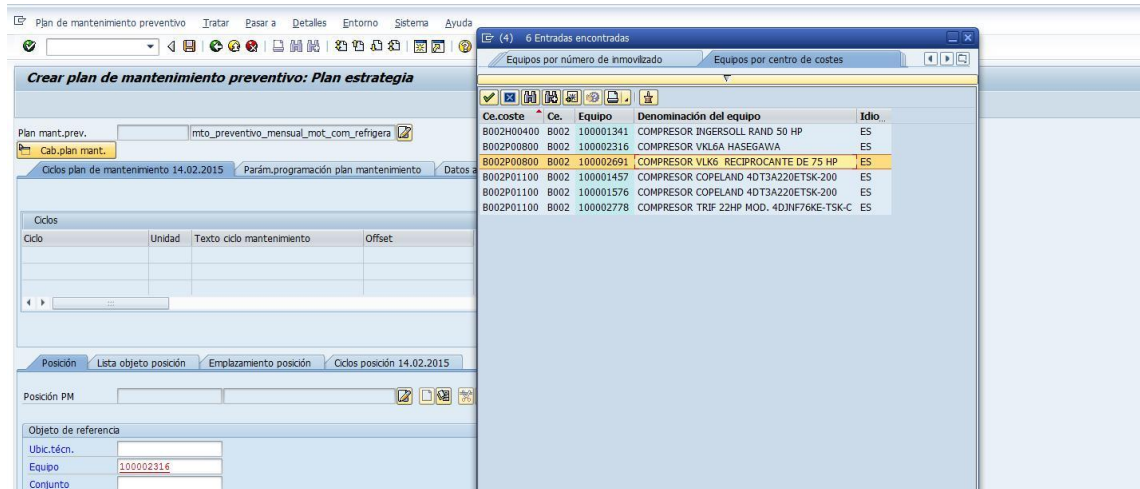
**Plan mant.prev:** mto\_refri\_motor\_compre, es el nombre que se le asignara al plan de mantenimiento

**Tp.plan manten:** orden de mtto preventivo, se despliega la pestaña y se selecciona mantenimiento preventivo para este caso

**Estrategia:** como son mantenimientos que se filtrados por frecuencia mensual desplegamos la pestaña y seleccionamos este.

**Crear Plan de Mantenimiento Preventivo: Plan estrategia.** Al terminar de crear el plan de mantenimiento preventivo se desplegara este menú.

**Tabla 47. Crear plan mantenimiento preventivo - estrategia**



Fuente: Autores del Proyecto

**Plan mant.prev:** mto\_preventivo\_mensual\_mot\_com\_refrigera este nombre se le asigna a esta operación para especificar el tipo de plan y el area a la cual este pertenece

**Posicion PM:** se asigna automáticamente el mismo nombre con el que se nombro el plan de mantenimiento preventivo mto\_preventivo\_mensual\_mot\_com\_refrigera. Ubicación: es necesario desplegar el menu correspondiente a los equipos que estan creados en SAP para seleccionar en este caos el compresor VKL reciprocantes de 75hp que es el equipo al cual se le van a realizar los procedimientos de mantenimiento.

**Equipo:** el software proporciona el código con el cual la máquina o equipo se identifica dentro del sistema.

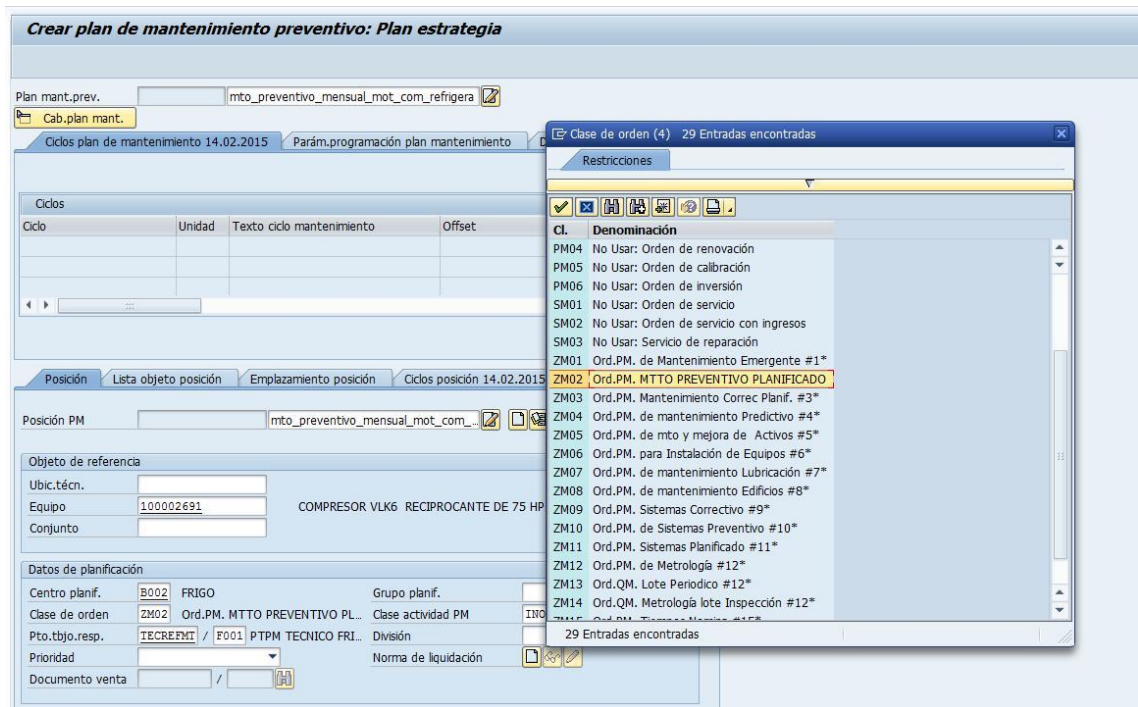
**Conjunto:** esta opción no se utiliza ya que este es un equipo en concreto y no hace parte de un conjunto de equipos a los que se les genere el mantenimiento.

**Datos de planificación.** En la Figura 64 podemos ubicar todo lo que aborda los datos de planificación; como el Centro de planificación: B002 que es el sector donde se encuentra ubicado el sistema de amoniaco de frigoandes

**Clase de orden:** es necesario seleccionar del menu emergente el codigo ZM02 que corresponde a MTTTO PREVENTIVO PLANIFICADO

**Pto.tbjo./esp.:** puesto de trabajo corresponde al tecnico o auxiliar que se requiera para estos trabajos en este caso TECREFMT tecnico de refrigeracion mantenimiento y el codigo F001 es la seccion a la cual pertenece este personal que es el area de mantenimiento refrigerado como se muestra en la Figura 65.

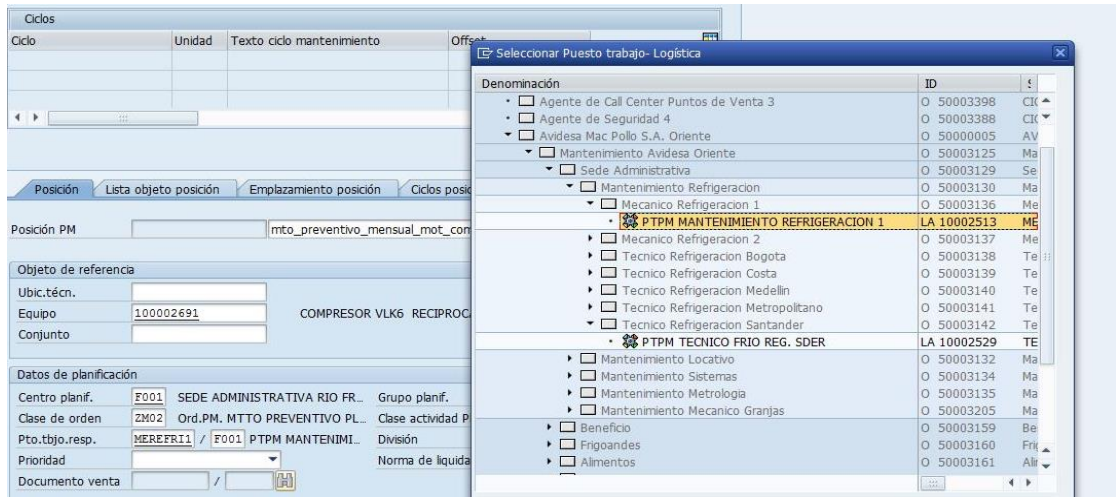
**Tabla 48. Datos de planificación**



Fuente: Autores del Proyecto

**Grupo planificado:** esta casilla no esta disponible para este tipo de mantenimiento por que la hoja de ruta no hace parte de grupos planificados adicionales.

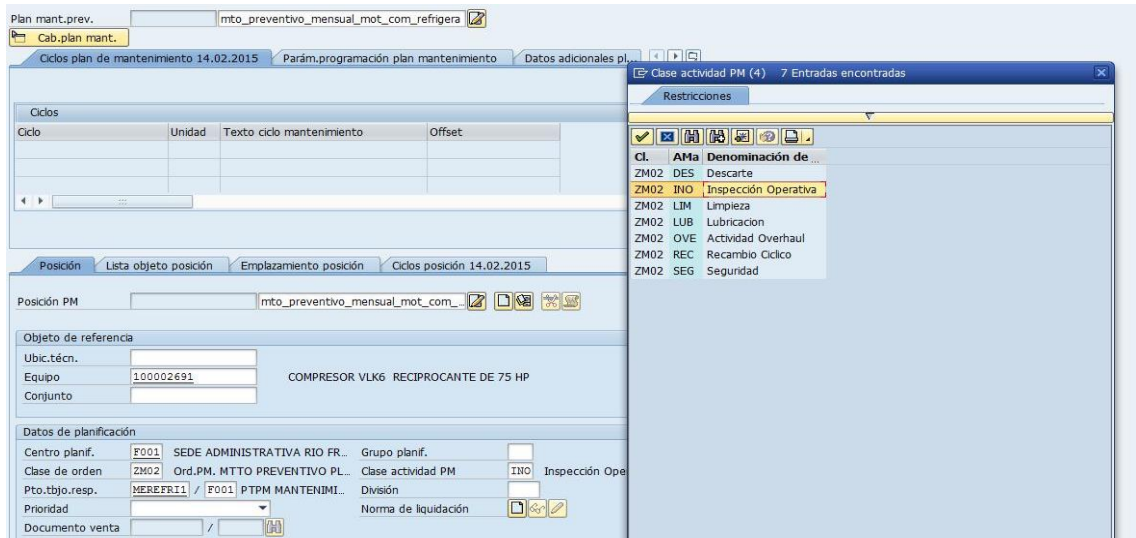
**Tabla 49. Datos Planificación**



Fuente: Autores del Proyecto

Clase actividad PM: es necesario desplegar el menú correspondiente y seleccionar inspección operativa el cual corresponde al código INO como se observa en la siguiente figura.

**Tabla 50. Datos Planificación – Actividad PM**



Fuente: Autores del Proyecto

**Hoja de ruta para mantenimiento:** Para completar información a la hoja de ruta de mantenimiento es necesario desplegar el menú que se ejecuta

automáticamente al seleccionar la casilla como se muestra en las siguientes imágenes.

**Tabla 51. Datos hoja de ruta**

The screenshot displays a software interface with two main sections. The top section, titled "Datos de planificación", contains several input fields: "Centro planif." with value "F001 SEDE ADMINISTRATIVA RIO FR...", "Clase de orden" with value "ZM02 Ord.PM. MTTO PREVENTIVO PL...", "Pto.tbjo.resp." with value "MEREFR11 / F001 PTPM MANTENIMI...", "Grupo planif." (empty), "Clase actividad PM" with value "INO Inspección Operativa", "División" (empty), "Prioridad" (dropdown menu), and "Documento venta" (empty). The bottom section, titled "Hoja de ruta para mantenimiento", features a table with columns "Tp.", "GrHRuta", "CGrHR", and "Descripción". The "Tp." column has a checked checkbox, and the "GrHRuta" column has a yellow highlighted cell. Below the table are several icons for document management.

Fuente: Autores del Proyecto

En la visualización de hojas de ruta es necesario seleccionar en la casilla de instrucciones y el software automáticamente procedera a llenar los campos correspondiente a la informacion recopilada anteriormente como se muestra en la siguiente figura.

Tabla 52. Visualización hojas de ruta

**Visualizar hojas de ruta: Selección de hojas de ruta**

Tipo de hoja de ruta  
 HRuta para ubicación técn  Hoja ruta de equipo  Instrucciones

Selección de hoja de ruta

Ubicación técnica  a  ↕  
 Equipo 100002691 a  ↕  
 Grupo hojas ruta  a  ↕  
 Cont.grupo HRuta  a  ↕  
 Día fijado 14.02.2015  
 Selección de clase

Datos de cabecera

Utilización  a  ↕  
 Centro F001 a  ↕  
 Puesto de trabajo  a  ↕  
 Status hoja de ruta 2 a  ↕  
 Grupo planif.  a  ↕  
 Estrategia mantenim. MENSUA a  ↕  
 Conjunto  a  ↕  
 Texto breve  a  ↕  
 Estado instalación  a  ↕  
 Sociedad CO  a  ↕  
 Petición de borrado  a  ↕

Datos de gestión

Número modificación  a  ↕  
 Creado el  a  ↕  
 Creado por  a  ↕  
 Modificado el  a  ↕

Fuente: Autores del Proyecto

**Ubicación técnica:** mto\_preventivo\_mensual\_mot\_com\_refrigera es necesario seleccionar la ubicación creada previamente y nombrada de esta forma con su respectivo código.

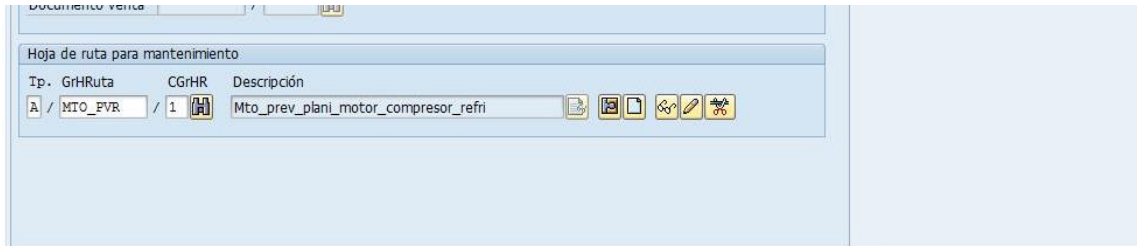
Tabla 53. Ubicación tecnica hoja de ruta

A IMP IMAJ	1	EQUIPO CODIFICADOR IMAJE
A INY MEPS	1	INYECTORA MEPSCO
A INY TIT	1	INYECTORA TITAN 244
A INYECT...	1	MANTENIMIENTO INYECTORA MEPSCO POLLO
A LIC ADOB	1	LICUADORA DE ADOBO
A MEZ 100	1	MEZCLADOR EN ACERO INOX. 100 LITROS
A MOL PRI	1	EQUIPO DESHUESE PRINCE
A MOLINO...	1	MANTENIMIENTO MOLINO PRINCE
A MTO_PVR	1	Mto_prev_plani_motor_compresor_refri
A PLH 216	1	SISTEMA AL PLH 216 HANDTMANN
A POLY34...	3	MANTENIMIENTO MENSUAL POLYCLIP 3441
A PREM BIZ	1	PREMOLINO PICADORA DE CARNE BIZERBA
A PTAR	1	PLANTA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
A REPOZM...	2	REPORTE HORAS NO NOTIFICADAS FRIGO Y CAR

Fuente: Autores del Proyecto

Al guardar los cambio de esta selección el sistema llena los campos correspondientes y ya esta realizado el plan de mantenimiento preventivo para las 4 tareas.

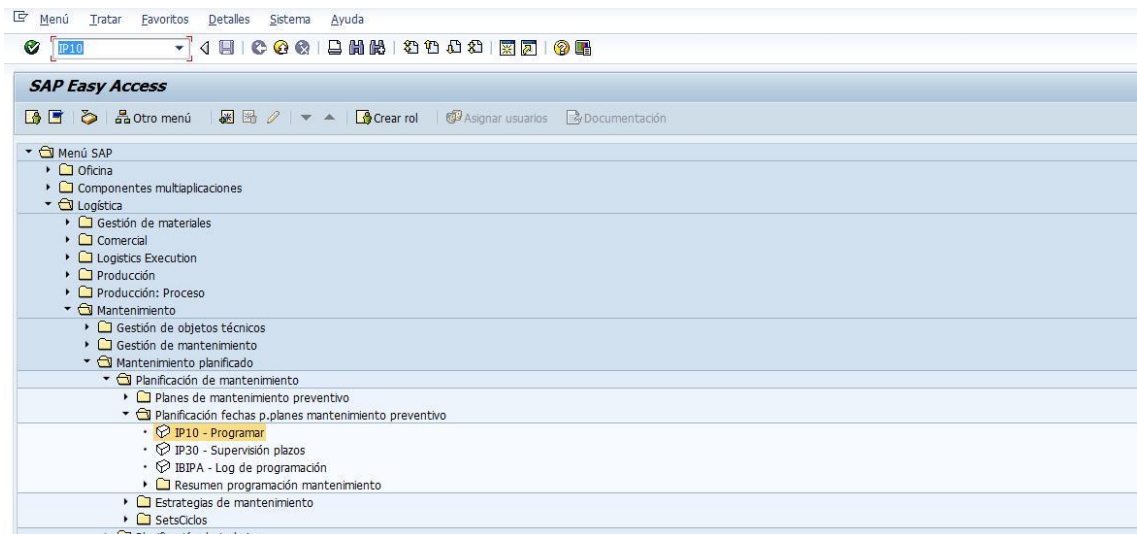
**Tabla 54. Visualización al archivar la programación**



Fuente: Autores del Proyecto

**Programa plan de mantenimiento preventivo.** Es necesario dirigirse a la barra de búsqueda de transacciones de SAP y buscar la trasaccion IP10.

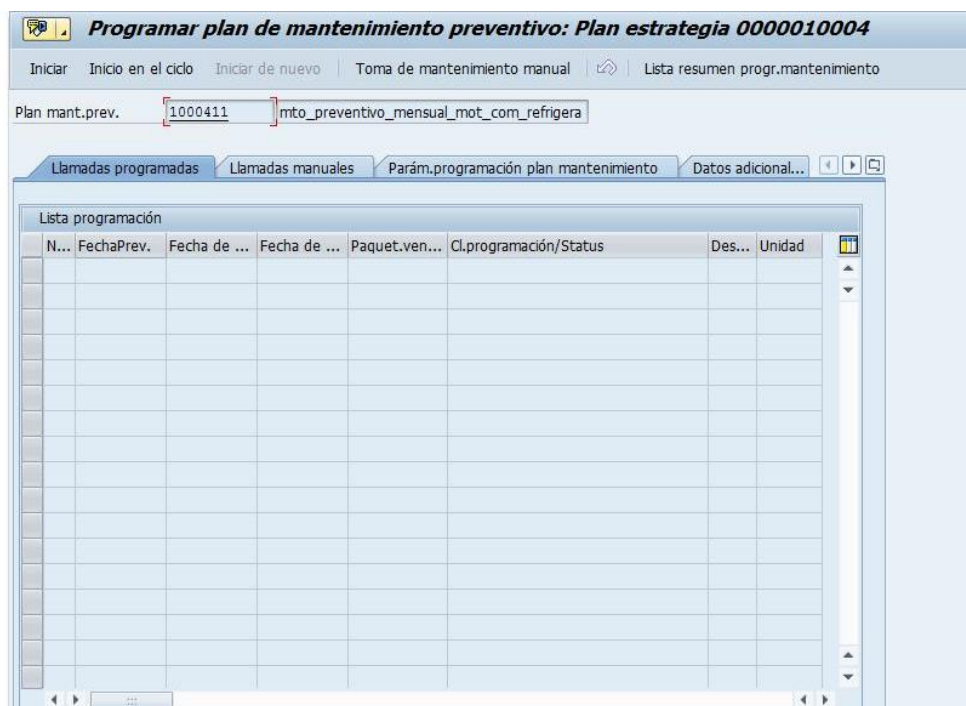
**Tabla 55. Acceso rápido – Transacciones**



Fuente: Autores del Proyecto

Al seleccionar la transacción se desplegara el siguiente menú en el cual es necesario seleccionar el numero de la orden generado por SAP como se muestra en la siguiente figura.

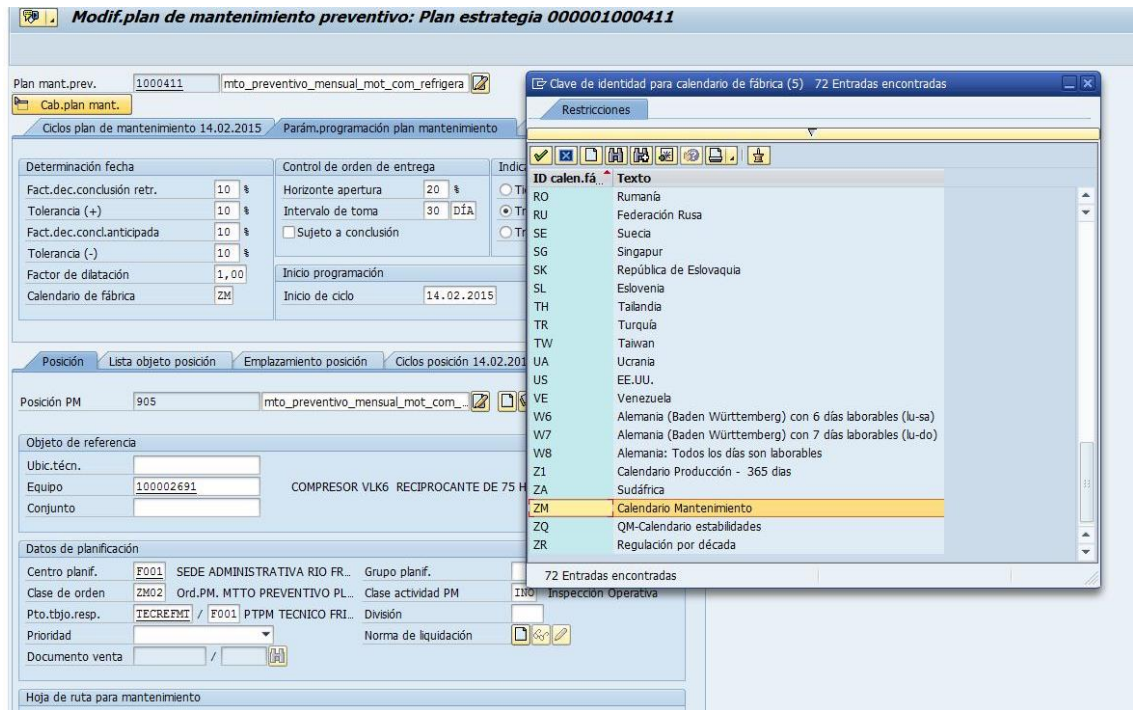
**Tabla 56. Opción Transacción**



Fuente: Autores del Proyecto

Para agregar la información es necesario pulsar el icono del lapiz para desplegar el siguiente menú Figura 73, en el cual agregaremos los mantenimientos preventivos realizados.

**Tabla 57. Agregar información plan preventivo**



Fuente: Autores del Proyecto

**Modificación plan de mantenimiento preventivo.** En este menú es importante resaltar que el programador tiene valores predeterminados para los parametros de programación del plan de mantenimiento como se muestra en la anterior Figura.

**Fact.dec.conclusion ret. : 10%**

**Tolerancia (+): 10%**

**Fact.dec.concl.anticipada: 10%**

**Tolerancia (-): 10%**

**Factor de dilatacion: 1,00**

**Calendario de fabrica:** ZM es necesario desplegar menú y seleccionar calendario de mantenimiento

**Horizonte apertura 20%**

**Intervalo de toma :** 30 días corresponde a la frecuencia con la cual se realizaran estos mantenimientos que serian cada mes.

**Inicio de programación:** corresponde a la fecha en la cual el mantenimiento empezaria a funcional mensualmente.

**Indicador de programación:** tiempo según día fijado.

**Tabla 58. Modificación plan preventivo**

The screenshot shows a software window titled "Modif.plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 000001000411". The interface includes a menu bar with options like "Plan de mantenimiento preventivo", "Tratar", "Pasara", "Detalles", "Entorno", "Sistema", and "Ayuda". Below the menu is a toolbar with various icons. The main content area is divided into several sections:

- Plan mant.prev.:** 1000411
- mta\_preventivo\_mensual\_mot\_com\_refrigera** (with an edit icon)
- Cab.plan mant.** (with a folder icon)
- Ciclos plan de mantenimiento:** 14.02.2015
- Parám.programación plan mantenimiento** (active tab)
- Datos adicionales pl...** (with navigation icons)

The configuration fields are organized into three columns:

Determinación fecha	Control de orden de entrega	Indicador de programación
Fact.dec.conclusión retr. 10 %	Horizonte apertura 20 %	<input type="radio"/> Tiempo
Tolerancia (+) 10 %	Intervalo de toma 30 DÍA	<input checked="" type="radio"/> Tmpo.según día fijado
Fact.dec.concl.anticipada 10 %	<input type="checkbox"/> Sujeto a conclusión	<input type="radio"/> Tmpo., calend.fábrica
Tolerancia (-) 10 %		
Factor de dilatación 1,00		
Calendario de fábrica ZM		

Below these columns is the **Inicio programación** section, which includes the field **Inicio de ciclo** set to 14.02.2015.

Fuente: Autores del Proyecto

Para planificar durante cuanto tiempo estos mantenimientos se van a generar mensualmente es necesario dirigirse a la pestaña de datos adicionales y pulsar secuencia de paquete adicionalmente a esto se debe seleccionar y agregar los

meses en los cuales se realizara dicho mantenimiento como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 59. Tiempos estimados**

The screenshot shows a software window titled 'Secuencia de paquete'. It includes a menu bar with 'Sistema' and 'Ayuda', and a toolbar with various icons. Below the title bar, there are navigation buttons: 'Back', '◀ Fechas anteriores', '▶ Otras fechas', 'Fijar decalaje de inicio', and 'Anular decalaje de inicio'. The main content area displays 'Estrategia: MENSUA' and 'Mantenimiento mensual'. A table below shows the schedule details:

Tipo	Pq	Txt.ciclo	1 MON	2 MON	3 MON	4 MON	5 MON	6 MON	7 MON	8 MON	9 MON	10 MON	11 MON	12 MON
	1	1 MES	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M	1M

Fuente: Autores del Proyecto

Cuando se seleccionan cada uno de los meses en los cuales se generaran los mantenimientos es necesario volver a la plantilla anterior en donde aparecera el tipo de mantenimiento con numero de orden y tipo de destrategia como se muestra en la siguiente figura.

**Tabla 60. Números de orden y tipo de estrategia**

**Programar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 0000010004**

Iniciar Inicio en el ciclo Iniciar de nuevo Toma de mantenimiento manual Lista resumen progr.mantenimiento

Plan mant.prev. 1000411 mto\_preventivo\_mensual\_mot\_com\_refrigera

Llamadas programadas Llamadas manuales Parám.programación plan mantenimiento Datos adicional...


Lista programación

N...	FechaPrev.	Fecha de ...	Fecha de ...	Paquet.ven...	Cl.programación/Status	Des...	Unidad
1	14.03.2015			1M	InicCiclo Omitido		
2	14.03.2015	20.02.2015		1M	InicCiclo Espera		
3	14.04.2015	20.03.2015		1M	Programado,Espera		
4	14.05.2015	20.04.2015		1M	Programado,Espera		
5	14.06.2015	20.05.2015		1M	Programado,Espera		
6	14.07.2015	20.06.2015		1M	Programado,Espera		
7	14.08.2015	20.07.2015		1M	Programado,Espera		
8	14.09.2015	20.08.2015		1M	Programado,Espera		
9	14.10.2015	20.09.2015		1M	Programado,Espera		
10	14.11.2015	20.10.2015		1M	Programado,Espera		
11	14.12.2015	20.11.2015		1M	Programado,Espera		
12	14.01.2016	20.12.2015		1M	Programado,Espera		

Fuente: Autores del Proyecto

Acto seguido es necesario pulsar el icono con la bandera verde para validar la información y generar así la hoja de ruta de mantenimiento preventivo plan estrategia 0000010004 correspondiente al software SAP mostrada a continuación.

Tabla 61. Hoja de ruta Generada y terminada

		ORDEN DE MANTENIMIENTO - No. 2000009727 Ord.PM. MTO PREVENTIVO P Pagina No. 1					
		Centro Plantat			Gr.plantat.		Nivel de Cnbc.
Equipo		F001 SEDE ADMINISTRATIVA RIO FRIO		PMO Plantif Refrigerac		-	
Ubicac.Técnica		100002691		COMPRESOR VLK6 RECIPROCANTE DE 75 HP			
Puntos de Medida	#Pto.Med	Val.Pto.Med.	Lectura	Permisos	Permiso	Autorizador	Fecha/Hora
		0,000					00.00.0000/00-00-00
		0,000					00.00.0000/00-00-00
		0,000					00.00.0000/00-00-00
		0,000					00.00.0000/00-00-00
Aviso No.:		Prioridad:		Fec.Aviso: 00.00.0000		Fecha/Hora: 00.00.0000/00-00-00	
Aut.del Aviso:		Equipo Parado: NO		Hora Aviso: 00:00:00		Fecha/Hora: 00.00.0000/00-00-00	
Descripción:							
Sint.Averia:			CausaAveria:				
Sint.Averia:			CausaAveria:				
Operación: 0010		Mano de Otra PM01		Duración Planeada: 45 MIN			
Descrip.Mantenimiento: Inspecciones funcionales_Motor_compresor							
Plant/Trabaj: TCREFMT PTM TECNICO FRIO BGA BMA			Nombre y Código 00000000				
Fecha y Hora Inicio Mantto:			Fecha y Hora Fin Mantto:				
Mat.o Servicio		Descripción		Cantidad		No.Reserva Realizo	
Observaciones:							
Inspecciones funcionales Motor compresor 1- Inspeccionar TEMPERATURA DE OPERACIÓN de la Motobomba (Medir con ayuda de un termómetro Laser la Temperatura aproximada del equipo , posicionando el termómetro en los extremos del motor la temperatura no debe ser superior a 70 °C - un rango óptimo de funcionamiento se encuentra entre 60 -66 °C. 2- Inspeccionar Consumo ENERGETICO de la Motor compresor mediante formato checklist (VARIABLES ELECTRICAS AMPERAJE NOMINAL) equipo Conectado a 440 V el consumo debe ser 125 A por fase aproximadamente, la anterior medición se realiza con la Pinza Amperimetrica 3- INSPECCION FUNCIONAL DE LOS CICLOS DE COMPRESION DEL COMPRESOR VERIFICANDO LAS PRESIONES EN LA DESCARGA (RANGO), ADICIONAL ES FUNDAMENTAL DETECTAR SONIDOS Y VIBRACIONES INUSUALES QUE EVIDENCIAN DESAJUSTES EN LOS COMPONENTES INTERNOS DEL CONJUNTO VALVULA DE DESCARGA							
Operación: 0020		Mano de Otra PM01		Duración Planeada: 12 MIN			
Descrip.Mantenimiento: lubricacion_rodamientos_motor							
Plant/Trabaj: TCREFMT PTM TECNICO FRIO BGA BMA			Nombre y Código 00000000				
Fecha y Hora Inicio Mantto:			Fecha y Hora Fin Mantto:				
Mat.o Servicio		Descripción		Cantidad		No.Reserva Realizo	
0000000000067428		GRASA UNIREX ALTA TE		1.000		0000123348 Si. No.	
Observaciones:							
lubricacion_rodamientos_motor  LUBRICACION CON SIGNIFICADO CON GRASA MOBIL POLYREX EM 2. APLICAR 2 BOMBazos QUE EQUIVALEN (2.5gr)APROX SEGUIR PROCEDIMIENTO LUBRICACION MOTORES (RCM-LPD)							
Firma Tecnicos Mantto:			Revisó:		Recibo a Satisfacción:		
_____ _____ _____			_____ Superv.Gefe Mantto		_____ Superv.Prod.Gefe de Planta		

Fuente: Autores del Proyecto

## CONCLUSIONES

- Para el desarrollo y la aplicación de la estrategia se diseñó una serie de plantillas en el Software Excel, las cuales permiten el manejo de la información de una manera clara y ordenada, un ejemplo claro está en la plantilla de DIVISION FUNCIONAL, donde se pudo hacer la clasificación y selección de todos los elementos que componen el sistema de refrigeración. Gracias al apoyo que hubo por parte de los ingenieros, operarios y los manuales de operación, se logró fijar parámetros de clasificación al momento de abordar los componentes, cada uno con su respectivo código de identificación en la plantilla.
- Se determinaron las posibles fallas que podría sufrir el sistema de refrigeración en operación normal, mediante un AMEF análisis de modo y falla. Además de esto se logró generar un listado de los posibles fallos que podrían aparecer, los cuales fueron consignados en una plantilla CAUSA Y EFECTO en el software Excel, donde son listados con sus respectivos modos o maneras de falla. Es necesario resaltar que fue útil la ayuda de los históricos de mantenimiento y el personal de experiencia en mantenimiento para la realización de dicho listado de fallos.
- Se realizaron las respectivas evaluaciones de cada uno de los modos de falla que se detectaron con ayuda de la matriz de decisión consecuencia de la metodología RCM-MSG3 y se pudo realizar la clasificación de las fallas en rangos de baja, media y alta, para posteriormente aplicar la estrategia MSG3 o sencillamente descartar el fallo si este no tenía ningún efecto sobre la operación óptima del equipo.
- Mediante la correcta identificación de los diferentes modos de falla de los componentes, se puede obtener un reducido número de fallas emergente, ya que al predecir y prevenir la mayoría de estas, las paradas no programadas de

planta serán menores y esto representara un beneficio económico a la empresa y de producción en teoría.

- Las hojas de ruta son un elemento importante durante el proceso de mantenimiento, ya que al consolidarse las ordenes de acuerdo con los tiempos programados la mitigación de la falla se hace menor además de esto el software PM-SAP presenta una plataforma completa en la cual se programan tiempos de ejecución, tipo de personal y repuestos necesarios para suplir dichos mantenimientos.

## RECOMENDACIONES

- Al momento de realizar la caracterización o partición de los equipos es fundamental tener en cuenta los códigos de identificación, comprobar que pertenecen a los componentes que se están estudiando, ya que es un código único y cada uno corresponde a información solo del componente al que se le adjudica dicho código, además de estar consignados en base de datos con su respectivo código. Se resalta esta recomendación para evitar posibles confusiones a la hora de abordar los componentes en un futuro.
- Tener claro el concepto de CAUSA y EFECTO a la hora de realizar la clasificación de los modos de falla, ya que tiende a confundirse los dos términos, se habla de causa cuando se produce perdida de la función del elemento y son producidas por sí mismo y por la naturaleza de su función; pero si se habla de un efecto es cuando la perdida de la función no está relacionada directamente con la naturaleza del elemento, si no que son producidos por otros modos de falla pertenecientes patrones externos.
- Es importante el criterio del ingeniero y de los operarios de mantenimiento a la hora de evaluar los modos de falla, y es importante su intervención pues al evaluar estos modos de falla se le está dando la importancia que tiene cada uno de ellos en la función del sistema y también que tareas de mantenimiento se le realizarán a los modos de falla que sean evaluados en los rangos medio y alto.
- Para prevenir o predecir cualquier modo de falla es necesaria la correcta identificación de estas para los diferentes elementos y su medio de operación, ya que si se cuenta con un mismo elemento pero con un medio de operación distinto lo más probable es que los modos de falla que se presentan no sean los mismos.

- Al definir nomenclaturas dentro del software PM-SAP es necesario crear un patrón para cada sección de acuerdo con su función predeterminada, ya que se pueden encontrar máquinas o elementos similares dentro de la misma planta pero no son pertenecientes al mismo sistema de refrigeración por absorción de amoniaco.

## BIBLIOGRAFIA

- FRIGOSCANDIA EQUIPMENT, OWNERS MANUAL. GYROSTACK GS 16.
- MOUBRAY Jhon. RCM II Mantenimiento centrado en Confiabilidad. Edición en Español. 2004 de Aladon. LLC. 2004. 433p ISBN 095539603-2-3.
- HASEGAWA USA INC, INDUSTRIAL REFRIGERACION EQUIPMENT. Manual de equipo de refrigeración amoniaco.
- **SAP.** Consultado a lo largo del proyecto. Disponible en <http://www.sap.com/index.epx>
- **AVIDESA MAC POLLO.** Consultado a lo largo del proyecto. Disponible en <http://macpollo.com/home.htm>
- Stanley Nowlan and Howard F, Mantenimiento centrado en confiabilidad, edición publicada en diciembre de 1978.