

**METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO RCM PARA LA LÍNEA DE OPEN  
FREEZE DE LA EMPRESA OPEN MARKET**

**WILMER FERNEY MANTILLA MANTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

**METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO RCM PARA LA LÍNEA DE OPEN  
FREEZE DE LA EMPRESA OPEN MARKET**

**WILMER FERNEY MANTILLA MANTILLA**

**Monografía de grado presentada como requisito para optar al título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: RODRIGO ANDRES ÁLVAREZ DÍAZ  
Ingeniero Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

## **DEDICATORIA**

A mi Madre, por darme la vida, por brindarme todo ese amor de madre y ser esa amiga incondicional que siempre está a mi lado dándome consejos y guiándome por el buen camino de Dios y la Virgencita.

A mi Padre, por estar siempre a mi lado, por haberme enseñado todos los valores que poseo ahora, por impulsarme a cumplir todas mis metas y demostrarme confianza en todo momento.

A mi Hermano, por motivarme a luchar cada día por crecer a nivel profesional y humano.

A Jenny Katherine Martinez Bernal por amarme y apoyar este nuevo reto de vida.

WILMER F. MANTILLA M.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios Padre todo poderoso, por orientarnos cada día de nuestras vidas, las experiencias y conocimientos otorgados.

A OPEN MARKET por brindarnos la confianza, apoyo y experiencia en nuestro nuevo escalón de vida a nivel profesional.

A la Universidad Industrial de Santander y sus docentes por brindarnos todo el conocimiento y experiencia para nuestra formación como Especialistas en Gerencia de Mantenimiento.

Al Ingeniero RODRIGO ANDRES ÁLVAREZ DÍAZ por su orientación y asesoría durante la realización de este proyecto.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCION.</b>	<b>14</b>
<b>1. DESCRIPCION DE OPEN MARKET.</b>	<b>15</b>
<b>1.1. UBICACIÓN Y LOCALIZACION.</b>	<b>15</b>
<b>1.2. ORIGEN.</b>	<b>15</b>
<b>1.3. MISION.</b>	<b>16</b>
<b>1.4. VISION.</b>	<b>16</b>
<b>1.5. POLITICAS CORPORATIVAS.</b>	<b>16</b>
<b>1.5.1. Política de Calidad.</b>	<b>16</b>
<b>1.5.2. Política de Seguridad.</b>	<b>17</b>
<b>1.5.3. Política SISOMA.</b>	<b>17</b>
<b>1.6. SERVICIOS.</b>	<b>18</b>
<b>1.7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.</b>	<b>18</b>
<b>2. INDUSTRIA LOGISTICA INTEGRAL.</b>	<b>21</b>
<b>2.1. LOGISTICA INTEGRAL.</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1. Transporte.</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2. Almacenamiento.</b>	<b>24</b>
<b>2.1.2.1. Carga Seca.</b>	<b>24</b>
<b>2.1.2.2. Carga Fría.</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3. Acondicionamiento.</b>	<b>26</b>
<b>3. CADENA DE FRIO.</b>	<b>27</b>
<b>3.1. GENERALIDADES.</b>	<b>27</b>
<b>3.2. DEFINICIONES.</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1. Refrigeración.</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2. Congelación.</b>	<b>27</b>
<b>3.2.3. Cuarto Frio.</b>	<b>28</b>

3.2.3.1.	Pre cámara.	28
3.2.3.2.	Conservación.	28
3.2.3.3.	Congelación Producto.	29
3.2.3.4.	Congelación de Geles.	29
3.3.	CALIBRACION.	29
3.4.	CALIFICACION.	29
3.4.1.	Calificación de Instalación.	30
3.4.2.	Calificación Operacional.	30
3.4.3.	Calificación de Desempeño.	30
4.	FUNDAMENTOS MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.	31
4.1.	EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO.	31
4.2.	GESTION DEL MANTENIMIENTO.	34
4.2.1.	Mantenimiento Correctivo o por fallas.	37
4.2.2.	Mantenimiento Preventivo.	38
4.2.3.	Mantenimiento Detectivo o Detección de Fallas.	39
4.3.	RCM (Reliability Centred Maintenance).	41
4.4.	RESEÑA HISTORICA DEL RCM.	42
4.5.	FILOSOFIA DEL RCM.	47
4.6.	PROCEDIMIENTO DEL RCM.	48
4.7.	TAXONOMÍA Y FRONTERAS.	50
4.8.	FUNCIONES Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO.	54
4.9.	FALLAS FUNCIONALES.	55
4.10.	MODOS Y EFECTOS DE LAS FALLAS.	55
4.11.	CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.	56
4.12.	TAREAS DE MANTENIMIENTO.	58
4.13.	FRECUENCIAS Y RECURSOS.	64
4.14.	IMPLEMENTACIÓN.	67
5.	TECNICAS DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN OPEN FREEZE.	69

<b>5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	<b>71</b>
<b>5.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.</b>	<b>75</b>
<b>6. METODOLOGIA RCM PARA LA LINEA DE OPEN FREEZE.</b>	<b>76</b>
<b>6.1. OBJETIVO GENERAL.</b>	<b>76</b>
<b>6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.</b>	<b>76</b>
<b>6.3. DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.</b>	<b>76</b>
<b>6.3.1. Taxonomía del sistema.</b>	<b>76</b>
<b>6.3.2. Selección de equipos (Matriz de criticidad).</b>	<b>78</b>
<b>6.3.2.1. Descripción de equipos Críticos.</b>	<b>80</b>
<b>6.3.3. Definición de fronteras e interfaces.</b>	<b>84</b>
<b>6.3.4. Definición de funciones.</b>	<b>85</b>
<b>6.3.5. Análisis de modos y efectos de falla.</b>	<b>86</b>
<b>6.3.6. Valoración del riesgo.</b>	<b>88</b>
<b>6.3.7. Selección de tareas, frecuencias y recursos.</b>	<b>90</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>93</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>94</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.-Ubicación Instalaciones Open Market.	15
Figura 2.-Propuesta de valor Open Market.	18
Figura 3.-Cuarto Frio Open Market Bogotá.	19
Figura 4.-Proceso de Logística.	21
Figura 5.-Logistica Integral.	22
Figura 6.-Modelo Logístico de Transporte Open Market.	23
Figura 7.-Modelo Logístico de Almacenamiento Carga Seca Open Market.	24
Figura 8.-Modelo Logístico de Almacenamiento Carga Fría Open Market.	25
Figura 9.-Modelo Logístico de Acondicionamiento Open Market.	26
Figura 10.-Expectativas de mantenimiento creciente.	33
Figura 11.- Concepto Actual de Mantenimiento.	37
Figura 12.- Tácticas de Mantenimiento.	40
Figura 13.-Areas del RCM.	41
Figura 14.-Patrones de Falla (Industria Aeronáutica).	44
Figura 15.-Desarrollo del método RCM.	49
Figura 16.-Diagrama Jerárquico de Equipos.	52
Figura 17.-Curva P-F.	64
Figura 18.-Personal Implicado.	67
Figura 19.-Ejemplo de codificación.	69
Figura 20.-Taxonomía de la línea Open Freeze.	77
Figura 21.-Diagrama del sistema de refrigeración.	77
Figura 22.-Análisis de Criticidad según Ciliberti.	79
Figura 23.-Compresor.	81
Figura 24.-Condensador.	82
Figura 25.-Evaporador.	83
Figura 26.-Diagrama de decisión RCM.	90

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.-Cronograma de Mantenimiento FGA-MT03-07.	70
Tabla 2.-Ficha técnica FGA-MT09-01.	72
Tabla 3.-Rutina preventiva F01.	73
Tabla 4.-Rutina preventiva F04.	74
Tabla 5.-Hoja de vida de equipos FGA-MT03-08.	75
Tabla 6.-Análisis de Criticidad.	78
Tabla 7.-Características del Compresor.	80
Tabla 8.-Características del Condensador.	82
Tabla 9.-Características del Evaporador.	83
Tabla 10.-Fonteras e interfaces.	84
Tabla 11.-Funciones del Compresor.	85
Tabla 12.-Identificación de Modos y Efectos de Fallas.	86
Tabla 13.-Matriz de riesgos.	88
Tabla 14.-Valoración del riesgo.	88
Tabla 15.-Tareas, Frecuencias y Recursos.	91

## RESUMEN

**TITULO:** METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO RCM PARA LA LÍNEA DE OPEN FREEZE DE LA EMPRESA OPEN MARKET \*

**AUTORES:** WILMER FERNEY MANTILLA MANTILLA \*\*

**PALABRAS CLAVES:** Logística Integral, Cadena de Frio, Modos de Gestión de Mantenimiento, Criticidad Equipos, Confiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad.

### DESCRIPCIÓN:

Este documento entrega una guía práctica y elaborada para realizar la implementación de una metodología de mantenimiento RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) que puede ser aplicada a diferentes líneas de conservación y congelación de la cadena de frío de la organización OPEN MARKET, en donde se busque optimizar al máximo el tiempo de disponibilidad de un sistema, equipo o componente.

Esta monografía recoge la información teórica sobre el método de aplicación del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, y con base en un análisis a cada uno de los equipos que forman parte del proceso integral de la cadena de frío de OPEN MARKET, se determina la mejor opción de mantenimiento a seguir, buscando siempre alargar u optimizar la vida útil del activo en operación, aumentando su desempeño operativo de refrigeración y congelación, para disminuir los gastos referentes a la operación de mantenimiento y reparaciones preventivas y correctivas.

Por otra parte, genera nuevas tareas de mantenimiento preventivo, que me permitirán realizar una actualización de las actividades rutinarias de la cadena de frío, contribuyendo al aumento de la Confiabilidad, Disponibilidad y Mantenibilidad de los activos durante su operación de refrigeración o congelación, generando una mayor satisfacción y confianza de nuestros clientes que utilizan nuestros cuartos fríos para almacenar sus productos farmacéuticos u hospitalarios de alto costo en la cadena de frío de nuestra organización.

---

\* Monografía.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Rodrigo Andrés Álvarez Díaz, Ingeniero Industrial

## SUMMARY

**TITLE:** RCM MAINTENANCE METHODOLOGY TO OPEN FREEZE LINE, OF OPEN MARKET COMPANY \*

**AUTHORS:** WILMER FERNEY MANTILLA MANTILLA \*\*

**KEYWORDS:** Logistics, Cold Chain, Maintenance Management Modes, Criticality Team, Reliability, Availability, Maintainability.

### DESCRIPTION:

This document practical guidance delivery and is prepared for the implementation of a maintenance methodology RCM (Reliability Centered Maintenance), it can be applied to different lines of conservation and freezing in the cold chain of the OPEN MARKET organization to the fullest, where they seek to optimize the time availability of a system, a equipment or component.

This monograph includes theoretical information on the method of application of reliability centered maintenance RCM, and based on an analysis of each of the computers that are integral part process of the cold chain of OPEN MARKET COMPANY, determining the best maintenance option to continue always looking to extend or optimize the useful life of the asset during his operation, increasing its operating performance for cooling and freezing, to reduce expenses related to maintenance and repairs corrective and preventive operations .

On the other hand, generates new preventive maintenance tasks that it will allow me to make a upgrade of preventive routine activities of the cold chain, contributing to increased Reliability, Availability and Maintainability of assets during operation of cooling or freezing, generating greater satisfaction and confidence of our customers that they use our cooling rooms to store their products pharmaceuticals or hospital supplies of high cost in the cold chain of our organization.

---

\* Monograph.

\*\* Faculty of Mechanical Engineering and Physical. Specialization in Maintenance Management.  
Directed by Rodrigo Andrés Álvarez Díaz, Industrial Engineering

## **INTRODUCCION**

Implementar estrategias y metodologías que aumenten la confiabilidad de la cadena de frío de la empresa Open Market es la principal razón de la presente investigación, con el fin de mejorar el impacto productivo y financiero de la empresa.

Los actuales mantenimientos de los cuartos fríos de la línea Open Freeze han venido evolucionando con el tiempo, sin lograr alcanzar el nivel de eficiencia requerido, aun con el uso de tecnología, métodos y procedimientos para garantizar la custodia de la mercancía de alto costo de sus reconocidos clientes farmacéuticos internacionales.

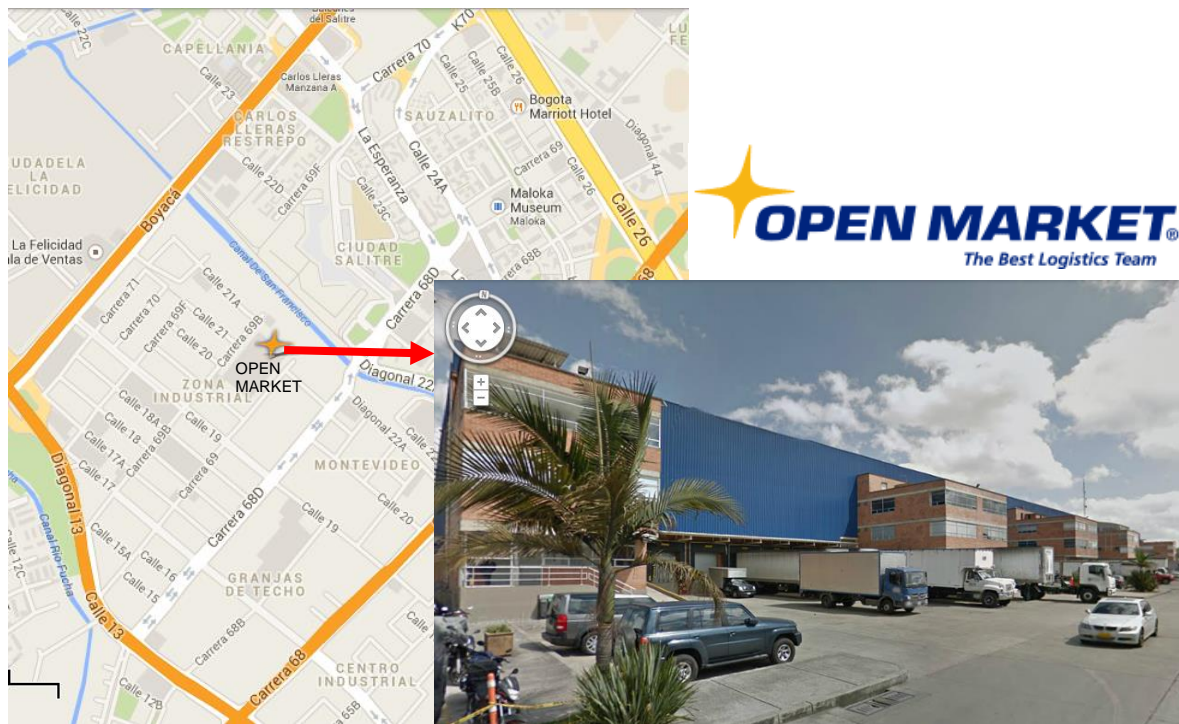
Al aplicar esta metodología se pretende establecer un modelo de mantenimiento que apunte a reducir los tiempos de indisponibilidad de los cuartos fríos, reducción de costos de mantenimiento preventivo y correctivo, establecer métodos que permitan actuar proactivamente ante las potenciales fallas que puedan presentarse, reduciendo el impacto por la pérdida de mercancía.

## 1. DESCRIPCION DE OPEN MARKET.

### 1.1. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN.

Las oficinas principales y Centro Internacional de Logística (CILOG) de la empresa Open Market, se encuentran ubicados en la Carrera 69 No. 21-63 Zona Industrial Montevideo, Bogotá, Colombia. Sin embargo cuenta con una cobertura en más de 10 ciudades en el país.

Figura 1.-Ubicación Instalaciones Open Market.



Fuente: De los Autores.

### 1.2. ORIGEN.<sup>1</sup>

Empresa Colombiana, apasionada por su oficio, que comienza en la vida de la Familia Vásquez Rincón constituida por 5 hermanos, hace 29 años.

Desde 1984 se especializa en manejar, transportar, almacenar, acondicionar y distribuir productos terminados para las principales compañías multinacionales y nacionales que operan en Colombia.

### **1.3. MISION.<sup>2</sup>**

OPEN MARKET provee las mejores soluciones logísticas especializadas para la cadena de abastecimiento, a través de procesos altamente efectivos, contribuyendo al éxito de sus CLIENTES y de la sociedad.

### **1.4. VISION.<sup>2</sup>**

OPEN MARKET, líder en Logística Integral, se proyecta para el 2.017 como un Grupo sólido e innovador enfocado al CLIENTE, con presencia internacional en las Américas logrando un balance social y ambiental positivo para los CLIENTES, COLABORADORES y Accionistas.

## **1.5. POLITICAS CORPORATIVAS**

### **1.5.1. Políticas De Calidad.<sup>3</sup>**

OPEN MARKET está comprometida con exceder las expectativas que sobre la calidad de nuestros servicios logísticos tienen nuestros CLIENTES, a través de procesos altamente eficientes y con el compromiso, filosofía y vocación de calidad en cada uno de nuestros COLABORADORES y PROVEEDORES en general, haciendo uso racional de todos los recursos dispuestos para ello, logrando así la excelencia en nuestra organización y de los servicios que ofrecemos.

---

<sup>1</sup> <http://www.openmarket.com.co/companiaOpenMarket/compania-historia-OPENMARKET?es>.

<sup>2</sup> <http://www.openmarket.com.co/companiaOpenMarket/fundamentos-corporativos?es>.

<sup>3</sup> <http://www.openmarket.com.co/companiaOpenMarket/politicas-corporativas?es>.

### **1.5.2. Política De Seguridad.<sup>3</sup>**

OPEN MARKET está comprometida en desarrollar e implementar altos niveles de seguridad en mercancías, vehículos, instalaciones, documentos, sistemas de información, COLABORADORES, CLIENTES y PROVEEDORES, dando cumplimiento y superando las obligaciones de la legislación vigente, evaluando e implementando acciones que permitan prevenir y/o mitigar los riesgos que puedan afectar la seguridad de la organización, contribuyendo así al cumplimiento de los requerimientos y a la satisfacción de nuestros CLIENTES y al mejoramiento continuo de los procesos de los Sistemas de Gestión.

### **1.5.3. Política Sisoma.<sup>4</sup> (Seguridad Industrial, Salud Ocupacional y Medio Ambiente).**

Para OPEN MARKET, la Salud, Seguridad y el Medio Ambiente forman parte de la naturaleza misma del negocio y están presentes en la planeación estratégica y en el diseño de los procesos que se realizan; con el objetivo de prevenir y/o mitigar los riesgos o daños que puedan afectar a las personas, los equipos, las instalaciones y el Medio Ambiente.

Declarando así su compromiso con la legislación vigente que involucra a los COLABORADORES, CLIENTES, PROVEEDORES y Comunidad en general que tiendan a un desarrollo sostenible y al mejoramiento continuo de nuestra Organización.

---

<sup>3</sup> <http://www.openmarket.com.co/companiaOpenMarket/politicas-corporativas?es>.

<sup>4</sup> PGA-MT03-06 Mantenimiento de instalaciones, equipos y vehículos, Open Market

## 1.6. SERVICIOS.

Figura 2.-Propuesta de valor Open Market.



Fuente: <http://www.openmarket.com.co/portafolio-de-servicios/Propuesta-de-Valor?es>

## 1.7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El manejo de Productos de Cadena de Frío en la Organización se realiza de acuerdo a las Buenas Practicas de Almacenamiento-BPA, Buenas Prácticas de Manufactura-BPM y, las instrucciones correspondientes, si las hay, entregadas por los clientes. Es de anotar que el embalaje de los productos que requieren la conservación de la Cadena de Frío es realizado conforme a la configuración proporcionada por el cliente, teniendo en cuenta los materiales de embalaje, los geles o paquetes refrigerantes empleados, el tiempo de congelación, tipo y

tamaño de los paquetes refrigerantes, el tipo, tamaño y calibre de las neveras empleados entre otros. Los Colaboradores que manejan los productos con estas características, son entrenados y capacitados para realizar los despachos bajo la configuración indicada y los procedimientos correspondientes.

Los Cuartos Fríos utilizados para el Almacenamiento de Productos de Cadena de Frío, son fabricados en material de panel de poliuretano con recubrimiento en acero galvanizado y pintura electroestática que aseguran condiciones óptimas para los productos, al igual que calibraciones anuales a todos sus controladores de temperatura digital, lo cual es ratificado por las Calificaciones de Instalación, Operación y Desempeño realizadas por Proveedores Calificados como FARMOQUING y BPM Andina.

Figura 3.-Cuarto Frío Open Market Bogotá



Fuente: De los Autores.

Los Cuartos Fríos cuentan con los siguientes elementos, que permiten su monitoreo permanente, para minimizar los riesgos de pérdida de producto por eventuales daños o fallos en los equipos:

1. Sistema de Alarmas Visuales: Licuadoras y semáforos.
2. Sistema de Alarmas Sonoras: Sirenas
3. Sistema de Alarma con comunicación móvil: Discador telefónico.
4. Sistema de Visualización de Temperatura: Indicadores digitales.
5. Monitoreo Interno de Temperaturas: Datalogger.
6. Monitoreo visual: Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)
7. Rondas de Monitoreo en Horario no hábil
8. Verificación por GPS de los Cuartos Fríos.
9. Registro Manual de Temperaturas.
10. Planta eléctrica principal y respaldo
11. Motor Back Up por cada Cuarto Frio
12. Vehículo Termoking.

Sin embargo, los anteriores procedimientos o lineamientos no garantizan el 100% de la custodia de la mercancía y la eficiencia del proceso, ya que se presentan perdidas de producto debido a fallo de los equipos y sistemas de respaldo, desgaste del personal de mantenimiento y operación por mantenimientos correctivos no programados, costo elevado en los mantenimientos preventivos, tiempos muertos de mantenimiento por falta de disponibilidad de repuestos y herramienta especializada, desorden en las áreas de trabajo por inadecuadas metodologías de trabajo.

## 2. INDUSTRIA LOGÍSTICA INTEGRAL.

### 2.1. LOGÍSTICA INTEGRAL.<sup>5</sup>

La mayoría de definiciones coinciden en que la logística se encarga de gestionar (planificar, implementar y controlar) los diferentes procesos iniciando en el aprovisionamiento y terminando en satisfacer las necesidades del consumidor. En el proceso se identifican dos elementos esenciales, el producto y la información.

El propósito de la logística es satisfacer las necesidades y superar las expectativas de los clientes por medio de un sistema logístico efectivo buscando optimizar los diferentes recursos con los que cuenta la Empresa.

Figura 4.-Proceso de Logística.



Fuente: Insumos y Productos en un Proceso Logístico. Modelo para la implementación de la logística en la pequeña empresa a través de índices de control, González-Aleu, 1997.

<sup>5</sup> [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594\\_MOD/12definicion\\_de\\_logisticaintegral.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/12definicion_de_logisticaintegral.html)

El concepto de logística integral es nuevo como área de conocimiento, pero la logística como actividad es antigua. El entorno actual que se caracteriza por una mayor exigencia en la calidad de los productos y servicios, por la aparición y desarrollo de nuevas tecnologías que facilitan la gestión en diferentes áreas de las empresas, hace de la logística un área en desarrollo e innovación.

En general, la logística integral se refiere a los procesos que facilitan el flujo de bienes y servicios desde el punto de origen al de consumo, vinculando los movimientos externos e internos y los de entrada y salida, es decir teniendo en cuenta a los proveedores de materias y de insumos, a fabricantes y a la cadena de distribución, con el fin de satisfacer los requerimientos del cliente o consumidor final. El propósito de la gestión logística será incrementar los niveles de servicio a los clientes y minimizar los costos.

Figura 5.-Logística Integral.



Fuente: Adaptado de: <http://www.axiomasoluciones.com/ax/es/soluciones-y-servicios/logistica-integral/concepto>

### 2.1.1. Transporte.<sup>6</sup>

La importancia del transporte dentro de la logística de la empresa se debe principalmente a que es el proceso o actividad que permite que los productos lleguen a los clientes en las mejores condiciones y en el tiempo justo.

La globalización de los mercados y la filosofía del justo a tiempo son otras de las razones por las cuales el transporte ha adquirido gran importancia, ya que las empresas deben despachar sus productos a cualquier parte del mundo.

Figura 6.-Modelo Logístico de Transporte Open Market.



Fuente: <http://www.openmarket.com.co/portafolio-de-servicios/servicios-y-soluciones-open-cargo?es>

<sup>6</sup> [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594\\_MOD/231importancia\\_del\\_transporte.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/231importancia_del_transporte.html)

## 2.1.2. Almacenamiento.<sup>7</sup>

Implica la ubicación o disposición, así como la custodia de todos los artículos del almacén, que es la actividad de guardar artículos o materiales desde que se producen o reciben hasta que se necesitan o entregan. Los principales aspectos de esta actividad son el control de la exactitud de sus existencias, mantenimiento de la seguridad, conservación de los materiales, reposición oportuna.

### 2.1.2.1. Carga Seca.

Figura 7.-Modelo Logístico de Almacenamiento Carga Seca Open Market.

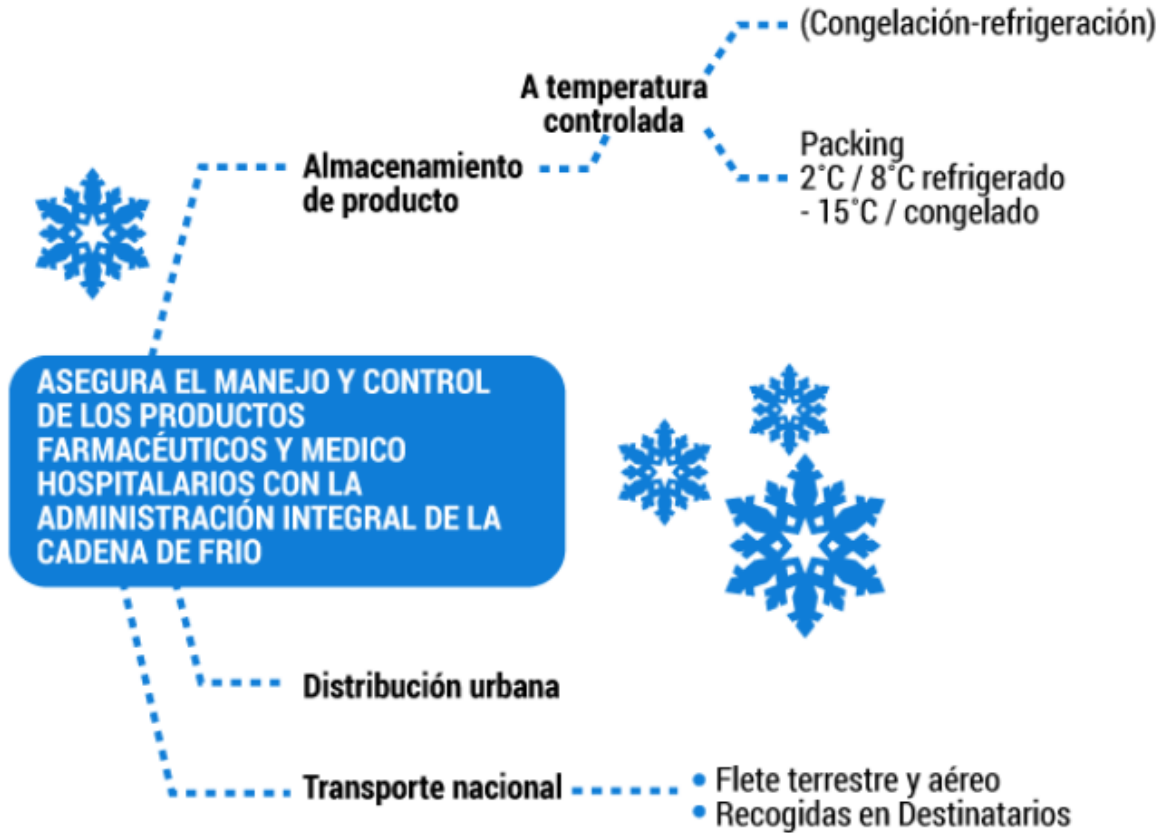


Fuente: <http://www.openmarket.com.co/portafolio-de-servicios/servicios-y-soluciones-open-storage?es>

<sup>7</sup> [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594\\_MOD/14almacenamiento.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/256594/256594_MOD/14almacenamiento.html).

### 2.1.2.2. Carga Fría.

Figura 8.-Modelo Logístico de Almacenamiento Carga Fría Open Market.



Fuente: <http://www.openmarket.com.co/portafolio-de-servicios/servicios-y-soluciones-open-freeze?es>

### 2.1.3. Acondicionamiento.<sup>8</sup>

Puede ser la última actividad que se realiza antes del embalaje, o la actividad destinada a poner la mercancía ya envasada, embalada o unitarizada en las condiciones necesarias de seguridad, temperatura, humedad, inamovilidad, etc. para que se mantenga en buen estado durante su almacenamiento, transporte o pruebas de calidad.- Preparar una mercancía para un uso determinado, ya sea para satisfacer las necesidades de un cliente o para su transporte.

Figura 9.-Modelo Logístico de Acondicionamiento Open Market.



Fuente: <http://www.openmarket.com.co/portafolio-de-servicios/servicios-y-soluciones-open-pack?es>

<sup>8</sup> <http://logisticaunicatolicalopez721.blogspot.com/2011/03/acondicionamiento-de-mercancia.html>

### **3. CADENA DE FRIO.**

#### **3.1. GENERALIDADES.<sup>9</sup>**

La cadena de frío es el conjunto de procedimientos necesarios para la conservación, almacenamiento, distribución y manejo de los medicamentos, vacunas y/o productos que así lo requieran, dentro de temperaturas apropiadas. Una cadena de frío que se mantiene intacta garantiza a un consumidor que el producto de consumo que recibe durante la producción, transporte, almacenamiento y venta no se ha salido de un rango de temperaturas dada.

#### **3.2. DEFINICIONES.**

##### **3.2.1. Refrigeracion.<sup>9</sup>**

Es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo. Para Open Market este proceso en el almacenamiento se realiza mediante un cuarto frío, la temperatura de refrigeración es de 2 ° C a 8 ° C.

##### **3.2.2. Congelacion.<sup>9</sup>**

Al igual que la refrigeración es un proceso de reducción de temperatura, pero en el caso de congelación las temperaturas de almacenamiento son menores a los 0°C, generalmente el rango de almacenamiento es de -20°C a -25°C, esto puede variar conforme a lo requerido para cada producto bajo solicitud del cliente.

---

<sup>9</sup> PGA-MT09-02: Manejo, aseo y mantenimiento de cuartos fríos, Open Market.

### **3.2.3. Cuarto Frío.<sup>9</sup>**

Es una cámara de refrigeración que consiste en un recinto aislado térmicamente dentro del cual se almacenan los productos para extraer su energía térmica en condiciones ambientales controladas para mantener temperaturas de refrigeración o congelación según el caso. Esta extracción de energía se realiza por medio de un sistema de refrigeración. Su principal aplicación en Open Market es para el almacenamiento de productos farmacéuticos y para la congelación de los geles o paquetes refrigerantes.

#### **3.2.3.1. Pre cámara.<sup>9</sup>**

Área cerrada que se antepone en la entrada de un cuarto frío, con el fin de evitar el choque térmico entre la temperatura del cuarto frío y la temperatura del medio ambiente.

#### **3.2.3.2. Conservación.<sup>9</sup>**

Área cerrada en la cual se ejecuta el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo. Para Open Market este proceso en el almacenamiento se realiza mediante un cuarto frío, la temperatura de refrigeración es de 2 ° C a 8 ° C, estas áreas cuentan con equipo back-up.

---

<sup>9</sup> PGA-MT09-02: Manejo, aseo y mantenimiento de cuartos fríos, Open Market.

### **3.2.3.3. Congelación Producto.<sup>9</sup>**

Área cerrada con equipo de refrigeración principal y back-up en la cual se almacenan productos de alto costo, opera entre  $-15^{\circ}\text{C}$  y los  $-30^{\circ}\text{C}$ , esto puede variar conforme a lo requerido para cada producto bajo solicitud del cliente.

### **3.2.3.4. Congelación de Geles.<sup>9</sup>**

Área cerrada con un equipo de refrigeración en la cual se almacenan geles para el despacho de los productos almacenados en conservación y congelación producto, opera entre  $-15^{\circ}\text{C}$  y los  $-30^{\circ}\text{C}$ , esto puede variar conforme a lo requerido para cada producto bajo solicitud del cliente.

## **3.3. CALIBRACION.<sup>10</sup>**

Procedimiento de metrología en el que se comprueba y registra la relación entre el valor observado y el correspondiente valor establecido por un estándar aprobado de la misma naturaleza, comparable con estándares internacionales reconocidos. El resultado de una calibración permite tanto la determinación de valores para la corrección de la medida del instrumento, como también la determinación de los ajustes que le serán aplicados.

## **3.4. CALIFICACION.<sup>9</sup>**

Proceso de actividades con las cuales se garantiza que el diseño, operación y funcionalidad de un cuarto frío con todas sus áreas, cumpla con las expectativas de las condiciones iniciales de ingeniería para el cual fue implementado.

---

<sup>10</sup> PGA-MT11-04: Procedimiento de calibración de los instrumentos de medición, monitoreo y control, Open Market.

### **3.4.1. Calificación de Instalación.<sup>9</sup>**

Evaluación y verificación de cada uno de los parámetros requeridos para garantizar que el equipo empleado para el almacenamiento de productos en temperaturas controladas (Refrigeración, congelación, conservación, estabildades, confort etc.) cumple dichos parámetros y se encuentra listo para entrar en funcionamiento, cada vez que se realiza una ampliación o modificación del equipo se debe realizar dicha calificación.

### **3.4.2. Calificación Operacional.<sup>9</sup>**

Serie de ensayos que se realizan luego de la calificación de instalación o de forma independiente y que buscan evaluar por rastreo constante de temperatura la calidad y desempeño del cuarto frío o congelador dentro del rango establecido, antes de su funcionamiento real (sin producto almacenado).

### **3.4.3. Calificación de Desempeño.<sup>9</sup>**

Serie de ensayos que se realizan después de la calificación operacional o de forma independiente que buscan evaluar por rastreo constante de temperatura la calidad y desempeño del cuarto frío o congelador dentro del rango establecido, durante su funcionamiento (con producto almacenado).

---

<sup>9</sup> PGA-MT09-02: Manejo, aseo y mantenimiento de cuartos fríos, Open Market.

## **4. FUNDAMENTOS DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD.**

### **4.1. EVOLUCION DEL MANTENIMIENTO.<sup>10</sup>**

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

La primera generación cubre el período hasta la II Guerra Mundial. Es esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas ni importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado.

Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora.

En la segunda generación durante la Segunda Guerra Mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la Guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable.

Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellas.

---

<sup>10</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

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

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

La tercera generación se dio desde mediados de los años setenta, donde el proceso de cambio en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas. Los cambios pueden clasificarse así:

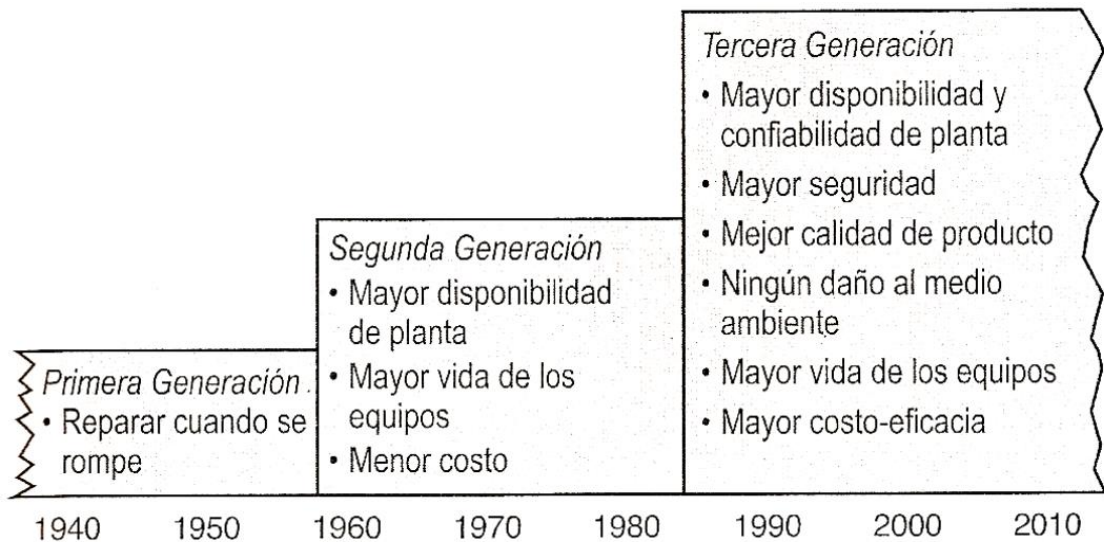
- Nuevas expectativas: El crecimiento continuo de la mecanización significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto se hace más claro con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los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

Una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto. Al mismo tiempo, se están elevando continuamente los estándares de calidad. Esto crea mayores demandas en la función del mantenimiento.

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

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

Figura 10.-Expectativas de mantenimiento creciente.



Fuente: RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

## **4.2. GESTION DEL MANTENIMIENTO.<sup>11</sup>**

La época actual, debido a las consideraciones demandadas por el mercado, se encuentra en un estado de transición en la que la Excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el Mantenimiento, siendo función importante de apoyo a la Producción, y por ende parte de la Organización Empresarial, no la tuviera.

Eventualmente, las Empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de Gestión del Mantenimiento para ser más sostenibles. Es importante recordar que la sostenibilidad incorpora dos factores: el ambiente y la subsistencia de la Organización, aunado al indisociable compromiso social.

El Mantenimiento como estructura de apoyo, es un centro de costos a efectos de los intereses de la Empresa. Ciertamente, como un costo sólo se justifica si “perfecciona” el Negocio a través de la mejora de las condiciones de productividad, mediante la capacidad continúa de adaptación, desarrollo y conservación (independiente de sus funciones particulares). Para ello, se debe enfocar adecuadamente la visión y la misión mediante la definición clara de políticas, objetivos, valores, entre otros.

Es un hecho que, en los escenarios de hoy, las Empresas se juegan su capacidad competitiva por la cantidad y calidad de los recursos que se comprometen en el área de Mantenimiento, debido a la capacidad de ésta para generar beneficios a su más inmediato grupo de interés como es, el área de Producción.

---

<sup>11</sup> Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana.

La principal ventaja que ofrece el Mantenimiento, reside en la consecución de que los “Sistemas Productivos” (SP) continúen desempeñando las funciones deseadas y de esta forma contribuir a conservar las actividades productivas, de las cuáles la empresa obtiene las utilidades económicas (produciendo su sostenibilidad en un Negocio particular).

Aunado a ello, se encuentran las ventajas de obtener mayor utilidad económica para la empresa, al disminuir los costos de mantenimiento por pérdidas (sobre mantenimiento, indisponibilidad de los SP, entre otros), con lo cual se podría aumentar el margen potencial de ganancias, al sostener la influencia del costo del mantenimiento, en el costo final del producto, dentro del rango del 5 al 12%.

Por lo tanto, es necesario gestionar correctamente las necesidades y/o prioridades de la función de Mantenimiento, para lograr los efectos adecuados, a través de la mejora en cuanto a eficacia y eficiencia de procesos para alcanzar la Excelencia Operativa, cuyo fundamento básico se refiere a ofrecer servicios a un precio competitivo mediante el equilibrio entre la calidad y la funcionalidad, siendo la idea principal brindar el Mejor Costo Total.

Es importante recordar, que las funciones del mantenimiento cubren dos dimensiones: la primera está formada por las funciones primarias que son las que justifican el sistema de mantenimiento implementado en una empresa, como un conjunto de elementos que generan valor, claramente definido por el objetivo de asegurar la disponibilidad planteada de los SP al menor costo posible, dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes y de las normas de seguridad, para salvaguardar a la empresa de los fallos y sus consecuencias en la producción, contribuyendo también a la eficacia económica dentro de su función productiva.

En segundo lugar, se encuentran las funciones secundarias como consecuencia de las características particulares de cada empresa, que demandan acciones prioritarias en distintas áreas como los inventarios de materiales y de medios específicos (para el desarrollo de los trabajos como las herramientas, instrumentos de medida, entre otros), además, de la capacitación de recursos humanos y el desarrollo de los programas de mantenimiento, con el fin de reducir las restricciones que optimizan la Gestión.

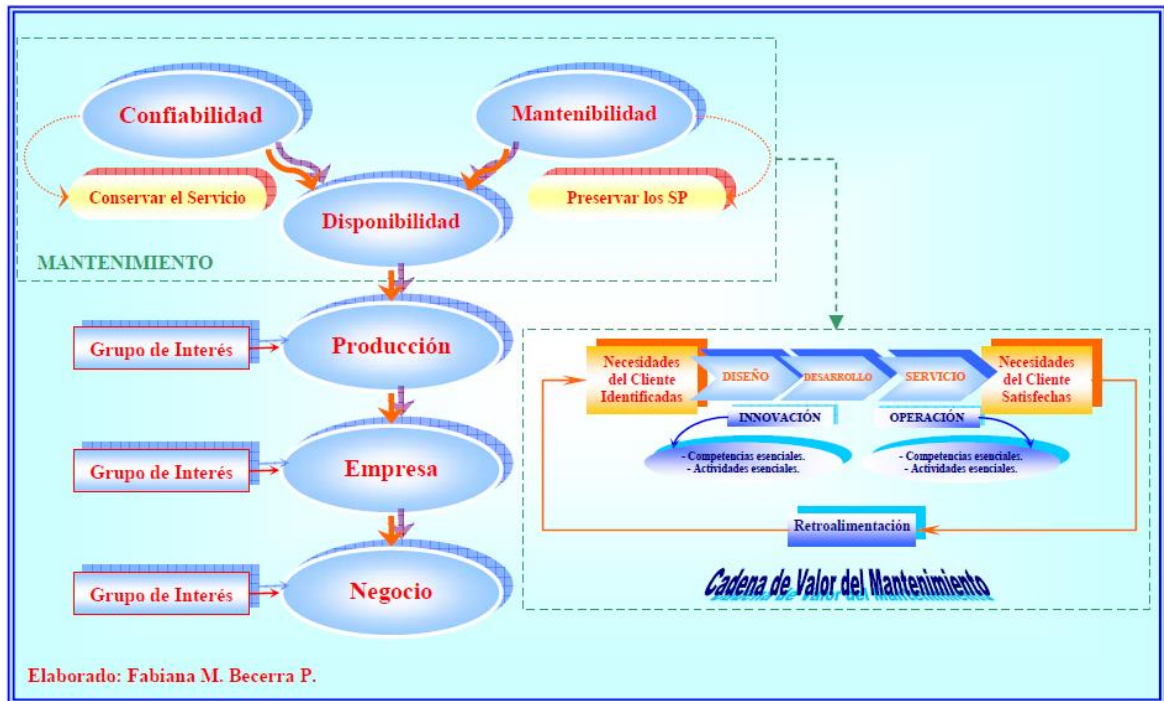
Lo anterior da lugar a establecer la Gestión del Mantenimiento como parámetro de referencia para evaluar, a través, de la supervisión de: la planificación, ejecución y control, el conjunto de actividades propias de la función, que permiten el uso efectivo y eficaz de los recursos con que cuenta la Organización, para alcanzar los objetivos que satisfacen los requerimientos de los diferentes grupos de interés, cuyo objetivo básico consiste en incrementar la disponibilidad de los SP (activos), partiendo de la ejecución de los mismos, mediante las mejoras incrementales a bajo costo, para ser competitivo, logrando que funcionen de forma eficiente y confiable dentro de un contexto de operación.

Es por ello, que al combatir el estigma asociado al riesgo que se toma, y el potencial fracaso, las Empresas pueden abrir la mente a la idea de ver en el mantenimiento una oportunidad de mejorar y no un costo más que perjudica la rentabilidad. Por eso se plantea como un recurso importante de la Organización de las Empresas entender y comprender la Gestión del Mantenimiento para lograr un alto desempeño que se enfoque a la Excelencia.

En este sentido, la Gestión del Mantenimiento se orienta a la búsqueda de metas comunes que deben ser desarrolladas y entendidas con el fin de reducir las restricciones, cuya consecución será el éxito de la Empresa, y por ende del Negocio. Hoy, esta meta común, se basa en la existencia de la conformidad de la

calidad de los procesos y la aceptación de los resultados obtenidos, todo bajo el concepto de la Excelencia en la Organización.

Figura 11.- Concepto Actual de Mantenimiento



Fuente: Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana.

#### 4.2.1. Mantenimiento Correctivo o por fallas.<sup>11</sup>

Se realiza cuándo el equipo es incapaz de seguir operando, es decir, es la intervención cuando los SP o componentes están fallando o han fallado, no teniendo en cuenta intervalos de tiempo, así que la ocurrencia puede ser en cualquier momento (o instante) de tiempo por lo que se deben definir tolerancias de riesgos (incertidumbre), además, requiere de la coordinación de esfuerzos para determinar los recursos necesarios y contribuir a satisfacer la demanda de los trabajos de mantenimiento.

<sup>11</sup> Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana.

Tiene dos dimensiones:

- De Emergencia: son las actividades que se realizan a priori, interrumpe todo lo que está ejecutándose para atender con el mayor apremio la situación en el menor tiempo posible, pues, su omisión impacta negativamente a la Empresa.
- De Urgencia: no modifica los planes de acción previamente establecidos, iniciándose después de haber concluido lo que está realizándose.

#### **4.2.2. Mantenimiento Preventivo.<sup>11</sup>**

Es un mantenimiento totalmente planeado que implica la reparación o reemplazo de componentes a intervalos fijos, efectuándose para hacer frente a fallas potenciales, es decir, ejecuta acciones orientadas a dirimir las consecuencias originadas por condiciones físicas identificables, que están ocurriendo o podrían ocurrir y, conducirían a fallos funcionales de los SP.

Tiene dos dimensiones:

- Con base en las condiciones: también se conoce con el nombre de mantenimiento predictivo, pues se sostiene en la vigilancia continuada de los parámetros clave que afectan el desempeño al degradar una condición establecida, indicando si algo está fallando. Se lleva a cabo a través de la captura de valores fuera de especificación mediante la sensibilidad, factor elemental en este tipo de mantenimiento, pues analiza los agentes que causan la degradación a nivel de: efectos dinámicos, efectos de partículas, efectos químicos, efectos físicos, efectos de temperatura y corrosión; captados por observación directa que incluyen los sentidos, o bien, por técnicas avanzadas con tecnología de punta.

---

<sup>11</sup> Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana.

- Con base en el uso o en el tiempo: también se conoce con el nombre de mantenimiento de pronóstico, se lleva a cabo de acuerdo al número de horas de funcionamiento establecidas en un calendario, previamente diseñado, con un alto nivel de planeación. Los procedimientos repetitivos, o como comúnmente se les llama “de rutina”, requieren establecer frecuencias que se ajusten a las necesidades, para ello, se necesitan conocimientos de la distribución de fallas o la confiabilidad del equipo.

#### **4.2.3. Mantenimiento Detectivo o Detección de Fallas.<sup>11</sup>**

Se lleva a cabo para verificar o detectar si el SP está funcionando, a través, de los “chequeos funcionales” o “labores para encontrar fallas”. Basado en la búsqueda de fallas ocultas o no revelables (no identificadas), es imperioso hacer hincapié en el hecho de que las fallas ocultas afectan sólo a los dispositivos protectores (de vital importancia para la seguridad de los sistemas complejos y modernos). Implica el análisis de los modos de fallas, que indiquen hallazgos de síntomas señalando, a través de una demostración palpable, la presencia de problemas u oportunidades. La detección de fallas ocultas produce el Mantenimiento de Oportunidad, que se caracteriza por intervenir cuando surge la ocasión de mejorar un estado, usualmente, se presenta durante los paros generales programados de un sistema particular y, realiza tareas conocidas de mantenimiento.

Según el alcance de la intervención, de naturaleza técnica y/o económica, y de acuerdo a los enfoques de mantenimiento antes descritos, pueden ser de:

- Reparación: prescribe el restablecimiento de los SP y/o sus componentes a un estado de “condición aceptable”, mediante un examen o inspección completa y exhaustiva que determine la ejecución de ajustes para continuar prestando un servicio.

---

<sup>11</sup> Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana

- Reemplazo: implica sustituir el SP o un componente, por otro nuevo o en “condición aceptable”, es decir, es la reposición, cambio o renovación de un SP o componente que interfiera e influya negativamente en el flujo de una operación.
- Modificación del Diseño: se lleva a cabo para hacer que un SP alcance una condición determinada, que sea aceptable en un momento para enfrentar un cambio de capacidad y/o fabricación. Implica el trabajo en equipo, es decir, requiere de la sinergia de varias unidades de la Organización, además introduce mejoras.

Figura 12.- Tácticas de Mantenimiento

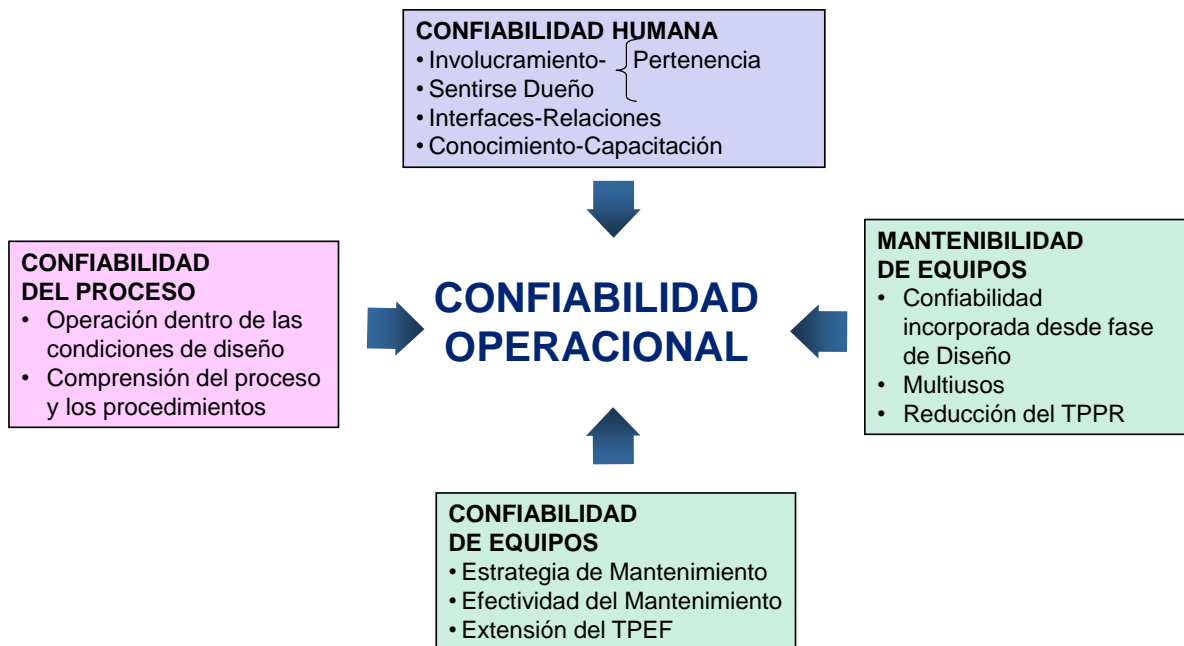
Mantenimiento Correctivo		Mantenimiento Preventivo		Mantenimiento Detectivo
M. Emergencia	M. Urgencia	M. Predictivo	M. Pronóstico	M. de Oportunidad
Reparación Reemplazo Modificación	Reparación Reemplazo Modificación	Reparación Reemplazo Modificación	Reparación Reemplazo Modificación	Reparación Reemplazo Modificación

Fuente: Gestión del Mantenimiento. BECERRA, Fabiana.

### 4.3. RCM (Reliability Centered Maintenance).<sup>12</sup>

Filosofía de gestión del mantenimiento en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades mas efectivas de mantenimiento, en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema, tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de fallas de estos activos, a la seguridad, al ambiente y a las operaciones.

Figura 13.-Areas del RCM



Fuente: Mantenimiento Preventivo. GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos R.

<sup>12</sup> SAE JA1012 ("A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard")

#### **4.4. RESEÑA HISTORICA DEL RCM.<sup>13</sup>**

Al final de los 1950s, la aviación comercial mundial estaba sufriendo más de 60 accidentes por millón de despegues. Si actualmente se estuviera presentando la misma tasa de accidentes, se estarían oyendo sobre dos accidentes aéreos diariamente en algún sitio del mundo (involucrando aviones de 100 pasajeros o más). Dos tercios de los accidentes ocurridos al final de los 1950s eran causados por fallas en los equipos.

Esta alta tasa de accidentalidad, conectada con el auge de los viajes aéreos, significaba que la industria tenía que empezar a hacer algo para mejorar la seguridad. El hecho de que una tasa tan alta de accidentes fuera causada por fallas en los equipos significaba que, al menos inicialmente, el principal enfoque tenía que hacerse en la seguridad de los equipos. En esos días, “mantenimiento” significaba una cosa: reparaciones periódicas.

Todos esperaban que los motores y otras partes importantes se gastaran después de cierto tiempo. Esto los condujo a creer que las reparaciones periódicas retendrían las piezas antes de que gastaran y así prevenir fallas. Cuando la idea parecía no estar funcionando, cada uno asumía que ellos estaban realizando muy tardíamente las reparaciones: después de que el desgaste se había iniciado.

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

---

<sup>13</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

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

El RCM es uno de los procesos desarrollados durante los 1960s y 1970s, en varias industrias con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las mejores políticas para mejorar las funciones de los activos físicos y para manejar las consecuencias de sus fallas. De estos procesos, el RCM es el más directo.

El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro “Reliability Centered Maintenance”/ “Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad”, el libro que dio nombre al proceso.

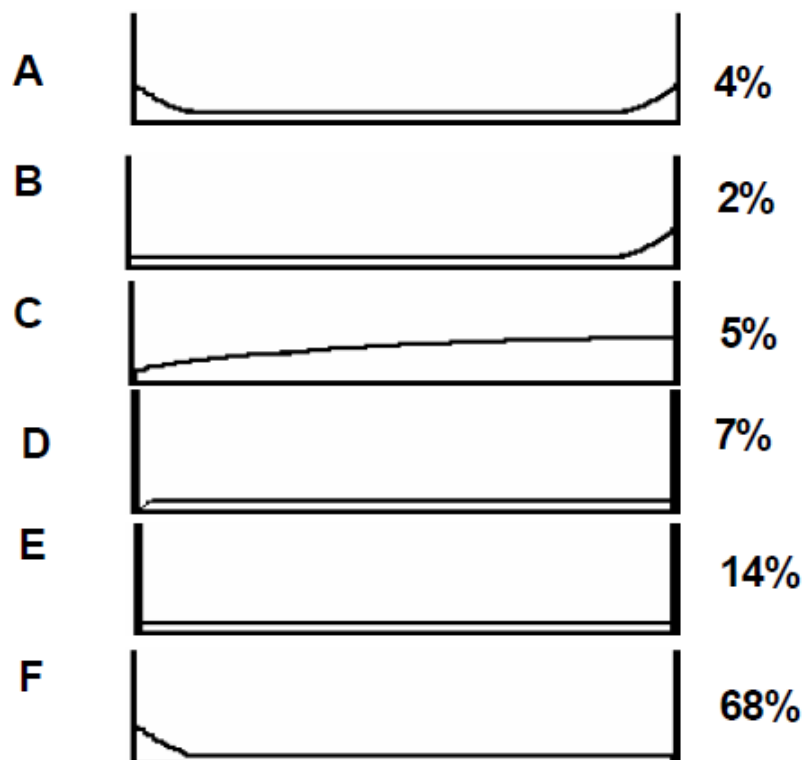
Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG – 1: Evaluación del Mantenimiento y Desarrollo del Programa, y el documento presentado en 1970 para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes / Aerolíneas, ambos documentos fueron patrocinados por la ATA (Air Transport Association of America – Asociación de Transportadores Aéreos de los USA).

En 1980, la ATA produjo el MSG–3, Documento para la Planeación de Programas de Mantenimiento para Fabricantes/Aerolíneas. El MSG–3 fue influenciado por el libro de Nowlan y Heap 1978. El MSG–3 ha sido revisado dos veces, la primera vez en 1988 y de nuevo en 1993, y es el documento que hasta el presente lidera el desarrollo de programas iniciales de mantenimiento planeado para la nueva aviación comercial.

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

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

Figura 14.-Patrones de Falla (Industria Aeronáutica).



Fuente: RCM2. Soporte & CIA. Ltda.

Sin embargo, los equipos en general son mucho más complicados de lo que eran hace algunos años. Esto ha llevado a cambios sorprendentes en los modelos de las fallas de los equipos, como se muestra en la Figura. El gráfico muestra la probabilidad condicional de falla contra la vida útil para una gran variedad de elementos eléctricos y mecánicos.

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

El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable. El modelo D muestra una probabilidad de falla bajo cuando el componente es nuevo o se acaba de comprar, luego un aumento rápido a un nivel constante, mientras que el modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria). Finalmente, el modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente a una probabilidad de falla que aumenta muy despacio o que es constante.

Por ejemplo, los estudios hechos en la aviación civil mostraron que el 4% de las piezas está de acuerdo con el modelo A, el 2% con el B, el 5% con el C, el 7% con el D, el 14% con el E y no menos del 68% con el modelo F.

En general, los modelos de las fallas dependen de la complejidad de los elementos. Cuanto más complejos sean, es más fácil que estén de acuerdo con los modelos E y F. (El número de veces que ocurren estos modelos en la aviación no es necesariamente el mismo que en la industria). Pero no hay duda de que

cuanto más complicados sean los equipos más veces se encontrarán los modelos de falla (E y F).

No todas las fallas son iguales. Las consecuencias de las fallas y sus efectos en el resto del sistema, la planta y el entorno operativo en el cual ocurre. Las investigaciones sobre los modos de falla revelan que la mayoría de las fallas de los sistemas complejos formados por componentes mecánicos, eléctricos e hidráulicos fallarán en alguna forma fortuita y no son predecibles con algún grado de confianza.

Estos hallazgos contradicen la creencia de que siempre hay una conexión entre la confiabilidad y la edad operacional. Fue esta creencia la que llevó a la idea de que cuanto más a menudo se revisaba una pieza, menor era la probabilidad de falla.

Hoy en día, esto es raramente la verdad. A no ser que haya un modo de falla dominante, los límites de edad no hacen nada o muy poco para mejorar la confiabilidad de un equipo complejo. De hecho las revisiones programadas pueden aumentar las frecuencias de las fallas en general por medio de la introducción de la mortalidad infantil dentro de sistemas que de otra forma serían estables.

#### **4.5. FILOSOFIA DEL RCM.<sup>13</sup>**

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

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

Frente a esta avalancha de cambios, el personal que dirige el mantenimiento está buscando un nuevo camino. Quiere evitar equivocarse cuando se toma alguna acción de mejora. Trata de encontrar un marco de trabajo estratégico que sintetice los nuevos avances en un modelo coherente, de forma que puedan evaluarlos racionalmente y aplicar aquellos que sean de mayor valía para ellos y sus compañías.

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

---

<sup>13</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

#### 4.6. PROCEDIMIENTO DEL RCM.<sup>14</sup>

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

RCM hace una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como sigue:

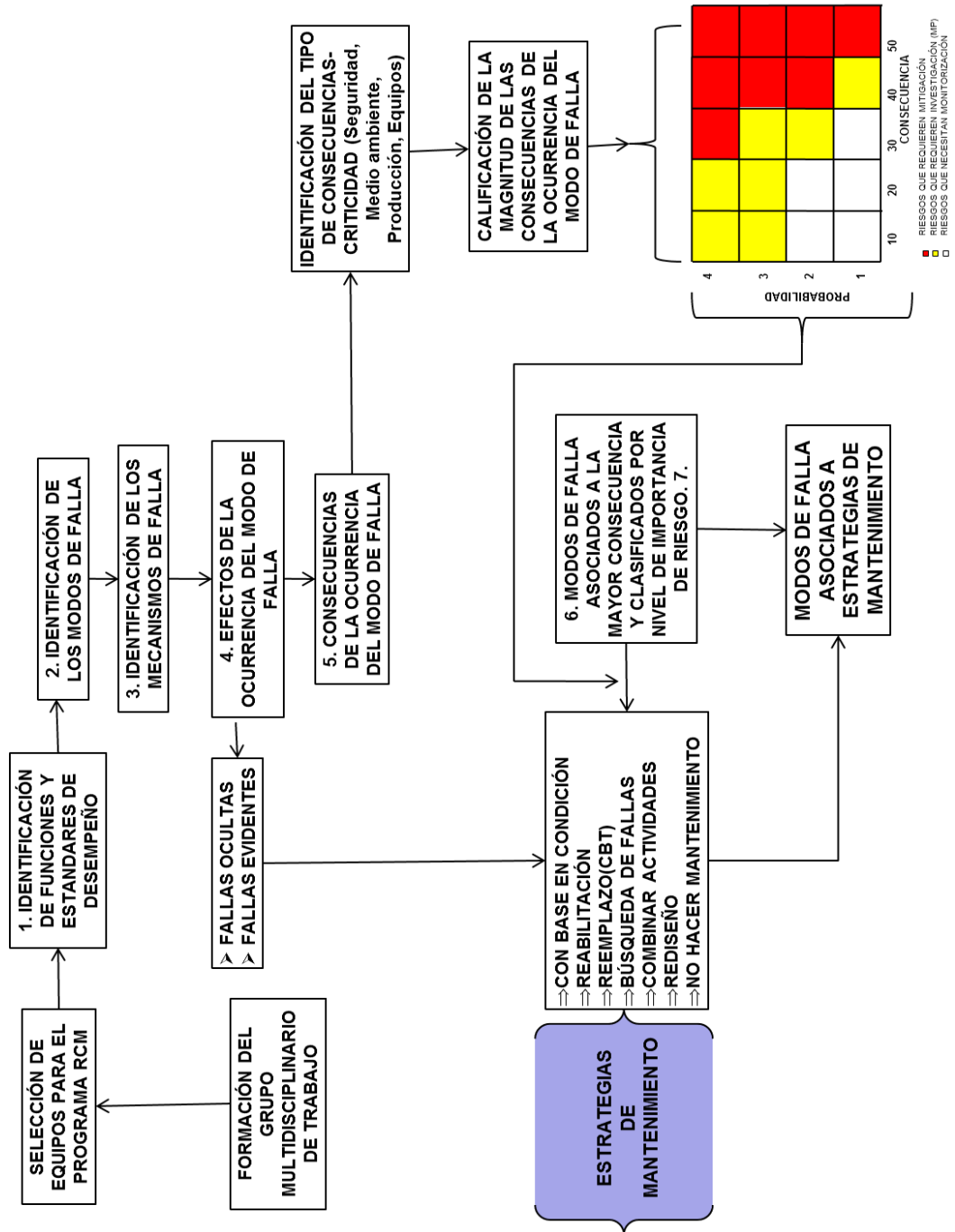
- ¿Cuáles son las funciones?
- ¿De qué forma puede fallar?
- ¿Qué causa que falle?
- ¿Qué sucede cuando falla?
- ¿Qué ocurre si falla?
- ¿Qué se puede hacer para prevenir las fallas?
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse la falla?

Son preguntas lógicas, de sentido común y que en la mayoría de los casos no requiere de alta tecnología para encontrar la respuesta. Las mejores respuestas estarán basadas en el conocimiento, ya sea tácito o explícito, que se tenga del equipo o sistema analizado. Requerirá si, un muy buen manejo de los datos y de la estructuración de cada respuesta.

---

<sup>14</sup> MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

Figura 15.-Desarrollo del método RCM.



Fuente: Mantenimiento Preventivo. GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos R.

#### **4.7. TAXONOMÍA Y FRONTERAS.<sup>14</sup>**

Cuando se trata de resolver problemas, una de las claves es conocer y definir exactamente cuál es. De la misma manera, en esta metodología se requiere definir con precisión el elemento objeto de análisis.

¿Por dónde, entonces, comenzar a la identificación del objeto de análisis?

La respuesta es: La taxonomía, definida como la “Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación; se aplica en particular, dentro de la biología, para la ordenación jerarquizada y sistemática, con sus nombres, de los grupos de animales y de vegetales” según la Real Academia Española de la Lengua, es la “herramienta que nos ayuda a visualizar mejor nuestras plantas, sistemas y equipos para concretar el objeto de análisis”.

La norma ISO 14224 la define como “systematic classification of items into generic groups based on factors possibly common to several of the items” (Clasificación sistemática de ítems dentro de un grupo genérico basado en factores posiblemente comunes a todos los ítems).

Por ello, debemos empezar desde lo macro de la planta y llegar hasta lo más bajo posible que podamos, identificando los elementos que entregan “al menos una función principal”.

Para unificar criterios sobre cada uno de los escalones de la jerarquía de sistemas y equipos, deben aplicarse las siguientes definiciones:

---

<sup>14</sup> MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

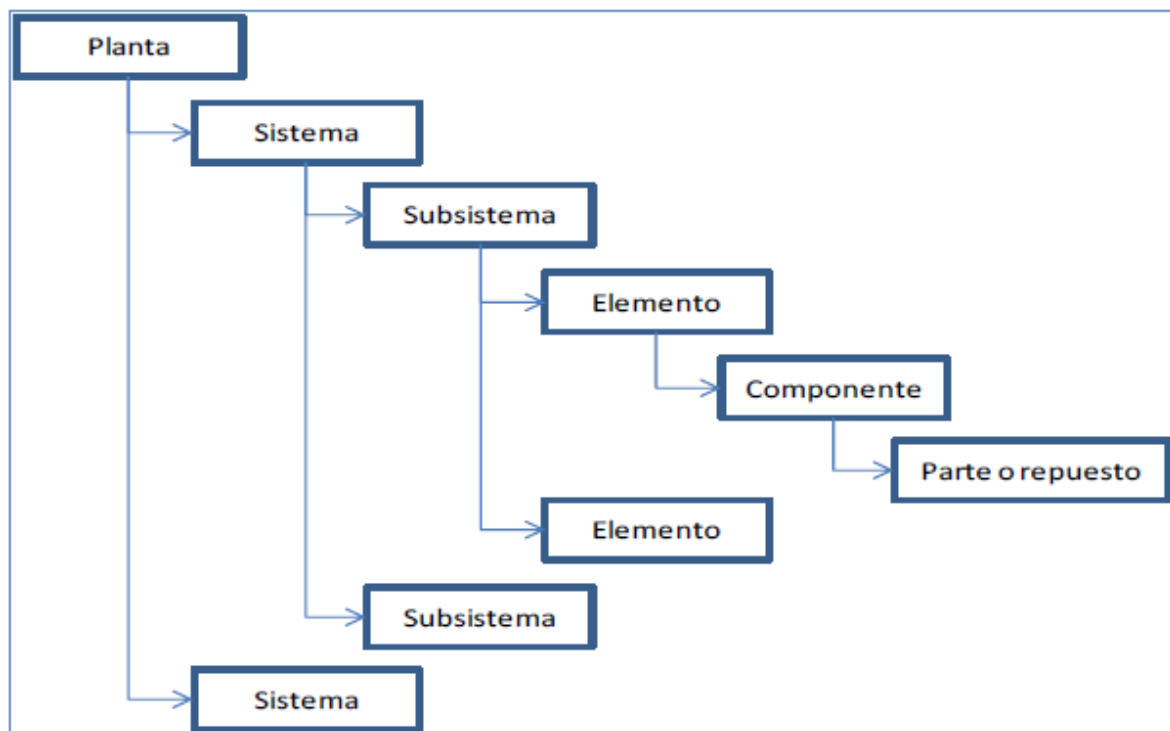
- Planta: Grupo de sistemas que funcionan conjuntamente para suministrar una salida o producto, mediante el proceso y manipulación de una materia prima o elementos almacenados. Moubray (1991), en su RCM II, se refiere a una planta como un centro de costos.
- Sistema: Grupo de subsistemas que realizan una serie de funciones claves, que pueden resumirse como una función principal que requiere una planta. (Ejemplo: suministro de agua, suministro de vapor, alimentación de agua).
- Elemento de estudio para RCM: Grupo de componentes que forman un conjunto identificable, y que realizan al menos una función importante, por sí solo. (Ejemplo: bomba, válvula, motor). En esta definición, una válvula de disparo puede ser clasificada como un objeto o elemento de estudio para RCM, pero no su actuador. El actuador solo tiene una función como parte de la válvula. Otra forma de visualizar el elemento de estudio es aquel conjunto de componentes a los cuales se les generan las órdenes de trabajo de mantenimiento.
- Componente: El menor nivel al cual un equipo puede ser desensamblado sin que se le cause daño.
- Repuesto: parte de un componente que se reemplaza tras una intervención, implicando su desarme, apertura o desacoplamiento y obliga a su detención.

Una vez establecido o definido el elemento de análisis para RCM, se prosigue con la delimitación de las fronteras y lo que a través de esas fronteras fluye (energía, líquidos, sustancias, señales, etc.). Un ejemplo de esta delimitación es la definición de si un acople se asigna al motor o a la bomba (por lo general se asigna al conducido). Conectores, bridas, borneras, acoples, son, entre otros, ejemplos de lo que identifica el límite o el comienzo de un elemento de estudio. En

el caso de los manómetros o termómetros locales, como componentes del elemento de estudio (ya que no desempeñan una función principal por si solos) deben ser incluidos dentro de la frontera.

Componentes que en ocasiones se olvidan son las acometidas (cableados) eléctricas, los cuales pueden incluirse y analizarse en algún elemento o tomar, de acuerdo con la condición y montaje, la decisión de establecerlas como un elemento particular de análisis.

Figura 16.-Diagrama Jerárquico de Equipos.



Fuente: MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

Algunas fronteras no son muy claras o identificables cuando se tratan de equipos que tienen una influencia del medio ambiente. Ante ambientes corrosivos como los marinos, una frontera puede ser la misma superficie del equipo que entra en contacto con el aire o las aguas circundantes. En esos casos, aunque no se

nombren, deben ser tenidas en cuenta porque esas condiciones implicarán en muchas ocasiones modos de falla por las cuales se pierde la función.

Las reglas generales para establecer las fronteras y las interfaces son:

- Establezca fronteras por la condición física
- Describa qué se incluye y qué no se incluye
- Algunas partes no necesariamente se están uniendo
- Los equipos o componentes que queden fuera de la frontera no van a ser de interés, serán tema o parte de otro elemento en un estudio adicional.
- Identifique interfaces sobre la base de:
  - Entradas y salidas al sistema
  - Conexiones al sistema
  - Perfectamente disponibles
  - Valorables en cada entrada o salida

#### **4.8. FUNCIONES Y PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO.<sup>15</sup>**

Cada elemento que conforma los sistemas de los equipos debe de haberse adquirido para uno o varios propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional, o sea la prioridad del equipo dentro del sistema productivo.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Las funciones del equipo se dividen en:

- Funciones primarias: Estas resumen el porqué de la adquisición del activo.<sup>16</sup>
- Funciones secundarias: las cuales reconocen que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias.<sup>16</sup>

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medio ambiente, costo operacional y seguridad.

---

<sup>15</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

<sup>16</sup> SAE JA1012 ("A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard")

#### **4.9. FALLAS FUNCIONALES.<sup>17</sup>**

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

#### **4.10. MODOS Y EFECTOS DE LAS FALLAS.<sup>17</sup>**

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

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

---

<sup>17</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

#### 4.11. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS.<sup>17</sup>

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

RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos:

- Consecuencias de las fallas no evidentes: Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata las fallas que no son evidentes, primero reconociéndolos como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- Consecuencias en la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre el medio ambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medio ambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medio ambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

---

<sup>17</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

- Consecuencias Operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cuesten sugiere cuanto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.
- Consecuencias que no son operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

#### **4.12. TAREAS DE MANTENIMIENTO.<sup>17</sup>**

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

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

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

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

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

---

<sup>17</sup> RCM II Reliability Centered Maintenance. MOUBRAY, John.

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

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

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

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

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

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

no es práctico reemplazar componentes o restaurar de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

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

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

Acciones a "falta de". Además de preguntar si las tareas sistemáticas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si vale la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccione a las consecuencias de las fallas que pretende prevenir.

Al hacer esta pregunta, el RCM combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea en un proceso único de decisión, basado en los principios siguientes:

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

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

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

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

- Una acción que signifique el prevenir una falla que tiene consecuencias en la seguridad o el medio ambiente merecerá la pena hacerla si reduce el riesgo de

esa falla en sí mismo a un nivel realmente bajo, o si lo suprime por completo. Si no se puede encontrar una tarea que reduzca el riesgo de falla a un nivel bajo aceptable, el componente debe rediseñarse.

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

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

Este enfoque gradual de “arriba-abajo” significa que las tareas sistemáticas sólo se especifican para elementos que las necesitan realmente. Esta característica del RCM normalmente lleva a una reducción significativa en los trabajos rutinarios.

También quiere decir que las tareas restantes son más probables que se hagan bien. Esto combinado con unas tareas útiles equilibradas llevará a un mantenimiento más efectivo.

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

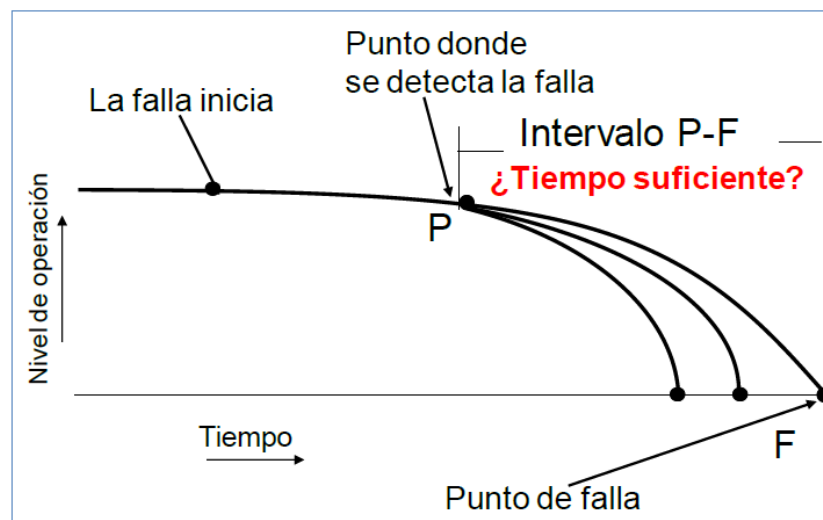
El proceso del RCM considera los requisitos del mantenimiento de cada elemento antes de preguntarse si es necesario volver a considerar el diseño. Esto es porque el ingeniero de mantenimiento que está de servicio hoy tiene que mantener los equipos como está funcionando hoy, y no como debería de estar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

#### 4.13. FRECUENCIAS Y RECURSOS.<sup>18</sup>

La definición de las frecuencias es, por supuesto, para todos los orígenes excepto el correctivo, esto es, para las actividades de monitoreo, reacondicionamiento, cambio o búsqueda de fallas. Para cada una existe un mecanismo particular los cuales se describen así:

- Determinación de frecuencia para monitoreo: El conocimiento del modo de falla debe llevar a establecer la curva P-F, con la cual se establecen los períodos cortos de tiempo menores al intervalo P-F. Su construcción se puede hacer con base en: a) la observación continua, b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo extendiéndolos poco a poco, c) la definición de intervalos arbitrarios (aunque no es el más recomendado), d) la investigación propia o con entidades especializadas y, e) la consulta a expertos en el tema.

Figura 17.-Curva P-F.



Fuente: MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

<sup>18</sup> MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

- Determinación de frecuencia para preventivos: Dado que este tipo de actividades aplica para los casos en que la probabilidad de falla aumenta abruptamente al transcurrir un intervalo de tiempo, ese intervalo se puede determinar a partir de: a) la experiencia propia que se tenga sobre los equipos bajo sus condiciones ambientales y operativas, b) la definición de los fabricantes cuando no existe ninguna otra alternativa, c) la investigación con pruebas de campo, d) la investigación con apoyo de entidades especializadas cuando se trata de la implementación de nuevas tecnologías con las cuales se pretende aumentar los intervalos ya establecidos. En todos estos casos, es necesario contar con un muy buen registro de cada intervención que amerita el reacondicionamiento o el cambio, esto es, se requiere de un sistema de información adecuado, de un procedimiento que se aplique sistemáticamente y de personal calificado y comprometido (aptitud y actitud) con el mejoramiento.
- Determinación de frecuencia para búsqueda de fallas: Para las tareas que deben desarrollar los operadores, similar a la definición de las frecuencias para el monitoreo, las frecuencias deberán estar basadas en: a) la observación continua y los registros de fallas que se tengan, b) la definición de intervalos cortos para conocer el equipo, en caso de que sean nuevos o se desconozca su comportamiento, c) la definición de intervalos arbitrarios, d) la investigación con entidades especializadas y, e) la consulta a expertos en el tema. Por experiencia, la mayoría de estas actividades de detección de fallas son de una alta frecuencia, por turno, diaria, semanal o mensual, como máximo. Muy rara vez se les definen frecuencias bajas (semestral, anual, bianual, etc.) ya que perderían su sentido.

Un elemento clave para estas actividades es el sistema de información con el cual se van a planear, programar y documentar. Por estar definidas como actividades de mantenimiento (primario, cuidado básico, primera línea, etc.) debieran estar en el mismo sistema con el cual se planean y programan las

actividades originadas por los mantenimientos correctivo, preventivo y predictivo.

Para la definición del recurso o talento humano, esta deberá basarse en las clasificaciones que se tengan del personal ejecutor y de ingeniería. Indicar que son técnicos mecánicos, técnicos electromecánicos, técnicos electricistas, técnicos de control e instrumentación, etc., es una buena práctica aunque dependerá de las definiciones de cada empresa. También podrían definirse por grupos de trabajo si esa es la condición de planeación y programación del personal de mantenimiento. Todo esto deberá estar alineado con la forma de operar el sistema de información y la forma de registrar en el mismo sistema las actividades, los tiempos y los recursos.

Por último, la definición de los materiales a utilizar corresponderá solamente a los que para el reacondicionamiento o cambio se requieran. Si se desea tener asegurada la disponibilidad de repuestos ante intervenciones originadas por los correctivos, detectivos o monitoreos, corresponderá aplicar la metodología de Repuestos Alineados con el Riesgo y la Confiabilidad.

#### 4.14. IMPLEMENTACIÓN.<sup>18</sup>

Para el desarrollo del RCM es importante la participación de los siguientes roles, para que se cumpla la premisa de trabajar con un equipo multidisciplinario:

Figura 18.-Personal Implicado.



Fuente: RCM2, Soporte & CIA LTDA

- Un facilitador, quien puede ser contratado o formado al interior de la empresa.
- Un líder de mantenimiento, quien puede ser un supervisor o un ingeniero.
- Un técnico de mantenimiento, quien debe conocer el equipo con sus modos de falla particulares (aunque no tenga la información sobre los tiempos medios entre fallas).

<sup>18</sup> MCC, Guía Práctica. ORTIZ RUIZ CONSULTORES S.A.S.

- Un técnico de mantenimiento, quien debe conocer el equipo con sus modos de falla particulares (aunque no tenga la información sobre los tiempos medios entre fallas).
- Un líder de producción (u operaciones, según sea el caso), quien puede ser un supervisor o un ingeniero de proceso que conozca los efectos y consecuencias de no contar con la funcionalidad del(los) equipo(s).
- Un operador, quien debe conocer muy bien las rutinas diarias, los parámetros operativos del proceso y los riesgos que una deficiente operación del(los) equipo(s) representa.
- De requerirse, como invitados especiales, representantes de los fabricantes que tengan conocimiento del equipo y conexión con los técnicos de la fábrica.
- Algunos invitados especiales pueden ser: administrador de inventario de repuestos, líder de seguridad y medio ambiente, representante de planeación del negocio.

Todo lo que a través de este grupo multidisciplinario se captura, analiza y produce debe tener una adecuada Gestión del Conocimiento. El RCM es tal vez uno de los ejercicios que más le aporta a este tipo de activos intangibles de la empresa, manejando y creando el soporte para la sostenibilidad y rentabilidad del negocio. Dado que la actualización del plan de mantenimiento es una actividad continua, el correcto registro de estos datos de los talleres y la adecuada gestión servirán posteriormente a quienes les corresponda la siguiente actualización.

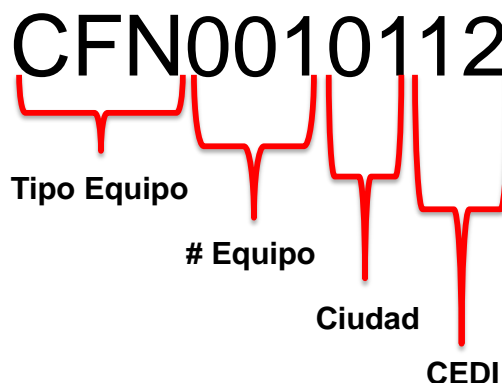
Terminados los talleres y elaborado el nuevo plan de mantenimiento, el paso de llevar dicho plan al sistema de información es tan importante como cualquiera de los anteriores. De nada vale hacer todo el esfuerzo de los talleres, de la búsqueda de información, de las definiciones de funciones y modos de falla, de las valoraciones de riesgos y del informe final con el plan de mantenimiento si este no es llevado a la práctica.

## 5. TECNICAS DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN OPEN FREEZE.

Actualmente en Open Market, se establece en el formato FGA-MT03-07 el cronograma de mantenimiento preventivo anual correspondiente para instalaciones, equipos y vehículos del año en mención. El formato se diligencia con el nombre del área, equipo o vehículo y su respectiva identificación.

La identificación es una codificación desarrollada por el área de mantenimiento para instalaciones, equipos y vehículos. Consiste en un código alfanumérico compuesto por un prefijo de tres (3) letras, un número consecutivo de tres (3) cifras y un sufijo de dos (2) dígitos que corresponden a la ciudad y dos (2) dígitos que corresponden a la bodega.

Figura 19.-Ejemplo de codificación.



Fuente: De los Autores.

Así mismo, según el tipo de instalación, equipo o vehículo existe una codificación para las rutinas de mantenimiento que corresponden a un código alfanumérico de tres (3) valores en el cual hay una letra que indica el tipo de rutina y un consecutivo de dos (2) cifras.

Tabla 1.-Cronograma de Mantenimiento FGA-MT03-07.

OPEN MARKET LTDA GERENCIA ADMINISTRATIVA ÁREA DE MANTENIMIENTO		FGA-MT03-07-02																					
CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		AÑO: 2014																					
NOMBRE	ID	IDENTIFICACIÓN	MARCA	SERIAL	ACTIVO/FUO	CUIDAD	CEI	UBICACIÓN	PERIODICIDAD	EN	FEV	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	RESPONSABLE	
Cuarto Congelacion producto	CFR002010	INGECOLD	NA	NA	MA-Q5701	Bogota	Abbott	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion de Geles	CFR008010	INGECOLD	NA	NA	MA-Q196	Bogota	Abbott	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR008010	VICTOR	NA	NA	MA-Q478	Bogota	Abbott	Almacenamiento	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR008010	INGECOLD	NA	NA	MA-Q552	Bogota	Abbott	Mazame	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR007010	INGECOLD	NA	NA	NA	Bogota	Abbott	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR008010	INGECOLD	NA	NA	MA-Q194	Bogota	Abbott	Almacenamiento	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR010012	Regis Helmeris	NA	NA	MA-Q374	Bogota	Abbott	abbie	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion producto	CFR008013	INGECOLD	NA	NA	MA-Q381	Bogota	Allegran	Pso2	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación producto	CFR014015	GRIVAN	NA	NA	MA-Q315	Bogota	Bogas	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR007015	GRIVAN	NA	NA	MA-Q314	Bogota	Bogas	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR015015	GRIVAN	NA	NA	MA-Q317	Bogota	Bogas	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR010114	GRIVAN	NA	NA	MA-Q8493	Bogota	BMS	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR010114	GRIVAN	NA	NA	MA-Q842	Bogota	BMS	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion producto	CFR012019	GRIVAN	NA	NA	MA-Q1673	Bogota	Discovery	Bodega	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion de Geles	CFR014019	GRIVAN	NA	NA	MA-Q1674	Bogota	Discovery	Bodega	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR014019	GRIVAN	NA	NA	MA-Q346	Bogota	Discovery	Bodega	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion de Geles	CFR008013	INGECOLD	NA	NA	MA-Q3722	Bogota	Epsilama	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR010012	INGECOLD	NA	NA	MA-Q1836	Bogota	Fisher	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR008012	INGECOLD	NA	NA	MA-Q1228	Bogota	Fisher	Pso2	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR003004	GRIVAN	NA	NA	MA-Q0798	Bogota	Muliclientes Bodega 4	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR012013	INGECOLD	NA	NA	MA-Q1835	Bogota	Muliclientes 13	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR013013	INGECOLD	NA	NA	MA-Q425	Bogota	Muliclientes 13	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación producto	CFR002004	GRIVAN	NA	NA	MA-Q0798	Bogota	Muliclientes 4	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR002004	INGECOLD	NA	NA	MA-Q1469	Bogota	Muliclientes 4	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion de Geles	CFR001001	GRIVAN	NA	NA	MA-Q1608	Bogota	Muliclientes 5	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR010001	GRIVAN	NA	NA	MA-Q3622	Bogota	Pfizer	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Congelacion de Geles	CFR001001	INGECOLD	NA	NA	MA-Q6621	Bogota	Pfizer	Pfizer	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Contrata
Cuarto Observación	CFR001000	INGECOLD	NA	NA	MA-Q1968	Bogota	Pfizer	Pfizer	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR004000	GRIVAN	NA	NA	MA-Q3776	Bogota	Sandoz-Ceilar	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR005007	INGECOLD	NA	NA	MA-Q416	Bogota	Sandoz-Ceilar	Pso1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Congelacion de Geles	CFR018004	GRIVAN	NA	NA	MA-Q2180	Bogota	Siemens	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento
Cuarto Observación	CFR003004	GRIVAN	NA	NA	MA-Q2179	Bogota	Siemens	Pso 1	Mensual	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	FOI	Mantenimiento

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad de Mantenimiento Open Market.

Revisión Coordinador de Mantenimiento: Carlos Cruz  
 Aprobado Jefe de Mantenimiento: Wilmer Mantilla  
 Visto bueno Aseguramiento de Calidad: Germán Camero  
 Firma: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Posterior a la identificación, se consignan los datos del fabricante (Marca–Modelo, Serie), el activo fijo, la ciudad, bodega y ubicación. Así mismo se define la periodicidad para el mantenimiento y se indican los meses del año en los que deben ser ejecutados. Por último se consigna si la ejecución es responsabilidad del personal de mantenimiento de la organización o si es realizado por un tercero (Contratista).

Una vez es diligenciado el FGA-MT03-07 y levantado el cronograma anual de mantenimiento preventivo este debe ser revisado por el Jefe de Mantenimiento, aprobado por la Gerencia Administrativa y verificado por Gestión de Calidad.

### **5.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Es ejecutado por un proveedor especializado conforme al cronograma de mantenimiento preventivo FGA-MT03-07, para los Centros de Distribución (CEDI's) que cuentan con cadena de frio, estas actividades son supervisadas por el técnico de refrigeración de mantenimiento y verificadas por el Coordinador de Mantenimiento.

Estas actividades son ejecutadas según la rutina preventiva asignada para cada equipo en el FGA-MT03-09, rutina F01 y F04, registradas en la hoja de vida del equipo en el FGA-MT03-08, en cada hoja de vida debe estar registrada la ficha técnica de cadena de frio FGA-MT09-01.

Tabla 2.-Ficha Técnica FGA-MT09-01.


 <b>FICHA TECNICA CADENA DE FRIO</b>		
CUARTO: <input type="checkbox"/>	CONGELACION: _____	REFRIGERACION: _____
CONGELADOR: <input type="checkbox"/>	VERTICAL: _____	HORIZONTAL: _____
TEMPERATURA DE TRABAJO: _____		FGA-MT09-01-02
BODEGA: _____	CEDI: _____	CIUDAD: _____
<b>INFORMACION GENERAL Y TECNICA</b>		
<b>COMPRESOR:</b>	<b>DIFUSOR:</b>	<b>TABLERO ELECTRICO:</b>
MODELO:	MODELO:	CONTACTOR
SERIE:	MARCA:	COMPRESOR:
MARCA:	ASPA:	CONTACTOR
<b>MOTOR VENTILADOR</b>	KVL. DIAMETRO:	RESISTENCIAS:
MODELO:	VALVULA DE	CONTACTOR
MARCA:	EXPANSION:	DIFUSOR:
ASPA:           VOL:	MODELO	RELEVO 8 PINES
<b>VALVULA SELENOIDE</b>	MOTOR:	VOLTIOS:
MARCA:	No MOTORES:	CONTROL DE
VOLTAJE:	VOLTAJE MOTORES:	TEMPERATURA:
DIAMETRO:	REFRIGERANTE:	BREKERMATIC:
FILTRO SECADOR:	AMPERAJE TOTAL:	2 FASES _____ 3 FASES _____
<b>COMPONENTES</b>	<b>CANTIDAD</b>	LUCES INTERNAS: _____
ALARMA VISUAL		<b>OTROS:</b> _____ _____ _____ _____ _____ _____
ALARMA SONORA		
DISCADOR		
BAIPAS		
BATERIAS 12 V.DC		
ALARMA DATANET		
ALARMA RASTREO SATELITAL		
DATA LOGGER SN		
SEMAFORO:		ACTIVO FIJO _____
ALARMA PANICO:		OTRO: _____

FECHA: \_\_\_\_\_

ELABORO: \_\_\_\_\_

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad de Mantenimiento Open Market.

Tabla 3.-Rutina Preventiva F01.

 <b>OPEN MARKET LTDA</b> GERENCIA ADMINISTRATIVA AREA MANTENIMIENTO		FGA-MT03-09-01					
CODIGO DE RUTINA		F01		NOMBRE DE RUTINA		PREVENTIVO CUARTO FRIO	
NOMBRE DEL EQUIPO		IDENTIFICACION ACTIVO FIJO PRINCIPAL BACK-UP		OBSERVACIONES		ACCIONES CORRECTIVAS	
CIUDAD		VALOR		NO		Numero de Registro	
CEDI		SI		VALOR		NO	
FECHA		VERIFICACIONES		VALOR		NO	
ITEM		VERIFICACIONES		VALOR		NO	
1	VERIFICAR Y REGISTRAR TENSION GENERAL DE ALIMENTACION, Rango: (L-N: 120 Vac +/- 15%)						
2	VERIFICAR Y REGISTRAR CORRIENTE GENERAL DE OPERACION						
3	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO EL CABLEADO Y LAS CONEXIONES ELECTRICAS?						
4	REGISTRAR TENSION DE UNIDAD CONDENSADORA Rango: (L-n: 220 Vac +/- 15%)						
5	REGISTRAR CORRIENTE DE OPERACION UNIDAD CONDENSADORA (Imedida (Im) <= nominal (In))						
6	REGISTRAR TENSION DE EVAPORADOR, Rango: (L-n: 220 Vac +/- 15%)						
7	REGISTRAR CORRIENTE DE OPERACION DE EVAPORADOR, (Imedida (Im) <= nominal (In))						
8	PRESENTA FUGAS DE GAS REFRIGERANTE EL SISTEMA ?						
9	SE ENCUENTRA EN BUEN ESTADO LA TUBERIA SUCCION, LIQUIDA Y DRENAJE						
10	REGISTRAR SET-POINT DE CORTE DE PRESION POR ALTA (SPRa), PRESION DE TRABAJO POR ALTA (PTRa)						
11	REGISTRAR SET-POINT DE PRESION DE BAJA (SPRb), DIFERENCIAL (Dfb), PRESION DE TRABAJO POR BAJA (PTRb)						
12	EL COMPRESOR TIENE MALLA DE NIVEL DE ACEITE, REGISTRAR SU VALOR (minimo=1/4)						
13	OPERA VALVULA SOLENOIDE VALVULA EXPANSION VALVULAS DE SERVICIO, LINEA LIQUIDA Y SUCCION						
14	REGISTRAR SET-POINT (SP) Y DIFERENCIAL DE CONTROLADOR DE TEMPERATURA (Dt)						
15	REGISTRAR TENSION DE BATERIAS DEL SISTEMA DE ALARMA (12Vdc +/- 20%)						
16	REALIZAR LIMPIEZA GENERAL AL SISTEMA DE REFRIGERACION, Y REGISTRAR TEMPERATURA Y HORA DE ENTREGA						

Realizado por: \_\_\_\_\_


Cargo: \_\_\_\_\_

Revisado por: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad de Mantenimiento Open Market.

Tabla 4.-Rutina Preventiva F04.

	<b>OPEN MARKET LTDA</b> GERENCIA ADMINISTRATIVA AREA MANTENIMIENTO	FGA-MT03-09-01								
<b>CODIGO DE RUTINA</b>	<b>F04</b>	<b>OPERACIÓN DE ALARMAS EQUIPOS DE REFRIGERACION</b>								
NOMBRE DEL EQUIPO		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width:50%; text-align: center;">IDENTIFICACIÓN ACTIVO FJO</td> <td style="width:50%; text-align: center;">Numero de Registro</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </table>	IDENTIFICACIÓN ACTIVO FJO	Numero de Registro						
IDENTIFICACIÓN ACTIVO FJO	Numero de Registro									
CIUDAD										
CED										
FECHA										
<b>ITEM</b>	<b>VERIFICACIONES</b>	<b>SI</b>	<b>VALOR</b>	<b>NO</b>	<b>OBSERVACIONES</b>	<b>ACCIONES CORRECTIVAS</b>				
1	Opera la activación por temperatura Alta (Hi) de alarma, registrar temperatura de activación.									
2	Opera la activación por temperatura Alta - Alta (Hi/Hi) de alarma, registrar temperatura de activación.									
3	Opera la activación de temperatura Baja (Lo) de alarma, registrar la temperatura de activación.									
4	Opera la activación de temperatura Baja-Baja (Lo/Lo) de alarma, registrar la temperatura de activación.									
5	Se activa la Baliza o licuadora en el proceso de alarma									
6	Se generaron llamadas a los celulares de Monitoreo, Mantenimiento, Jefe de CEDJ y Jefe de Almacenamiento									
7	El Botón de panico activa las alarmas									
8	Se activa la alarma por puerta Abierta, registrar tiempo de activación									
9	Visualización gráfica de alarma									
10	Se encendió la unidad de Backup al apagar el equipo principal, registrar temperatura de inicio del equipo Back-Up									
11	Se activan las alarmas por corte de energía eléctrica									
Realizado por: _____		Revisado por: _____								
Cargo: _____		Cargo: _____								

Fuente: Sistema de Gestión de Calidad de Mantenimiento Open Market.



## **6. METODOLOGIA RCM PARA LA LINEA DE OPEN FREEZE.**

### **6.1.OBJETIVO GENERAL**

Generar una metodología de mantenimiento RCM para la línea de negocio Open Freeze de la empresa Open Market.

### **6.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar e Identificar los equipos, dispositivos y partes de alta criticidad dentro del proceso.
- Determinar las funciones y validar estándares de funcionamiento de cada uno de los equipos, dispositivos y partes.
- Realizar un Análisis de Causa Raíz de las Fallas Potenciales (RCFA) y Análisis de Modos y Efectos de Fallas Funcionales (FMECA).
- Aplicar las estrategias y técnicas de la metodología RCM con el fin de establecer las labores proactivas.

### **6.3.DESARROLLO DE LA METODOLOGIA.**

#### **6.3.1. Taxonomía del sistema.**

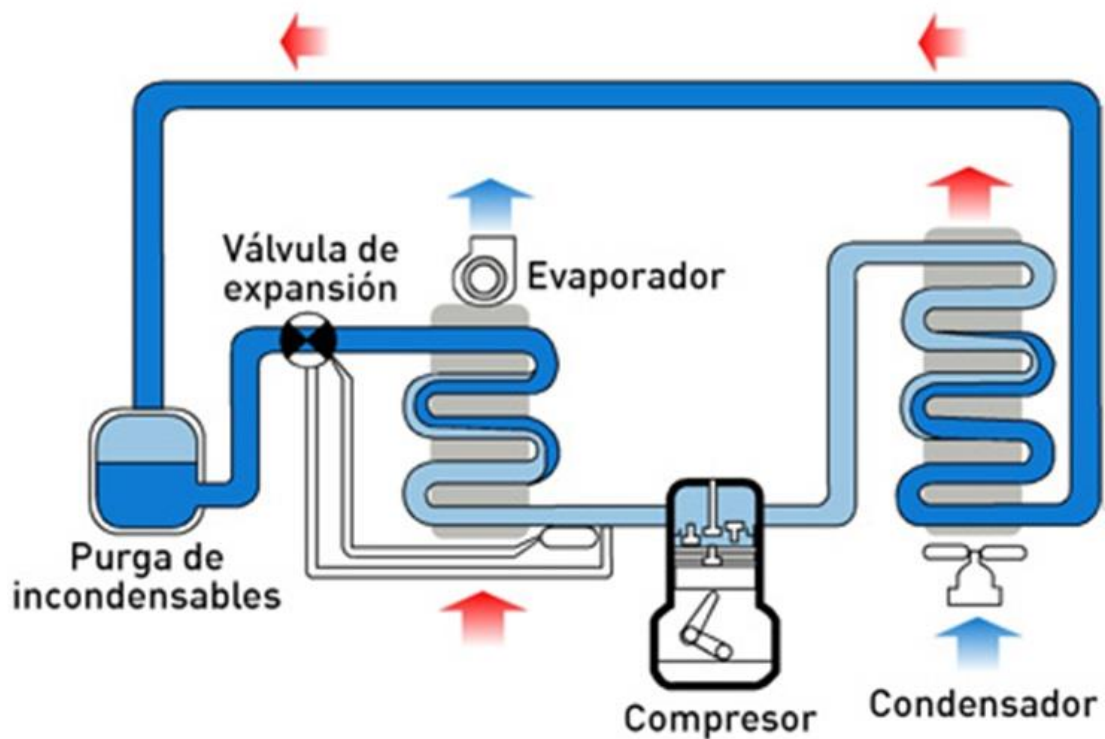
Con el fin de identificar los equipos que realizan las funciones principales para ofrecer un buen servicio de la línea Open Freeze, se procede a realizar el desglose de toda la línea. De este modo se evidencian los elementos que serán objeto de análisis para desarrollar la metodología RCM.

Figura 20.-Taxonomía de la línea Open Freeze.



Fuente: De los Autores.

Figura 21.-Diagrama del sistema de refrigeración.



Fuente: <http://www.empresaeiciente.com/es/catalogo-de-tecnologias/camaras-frigorificas-industriales#ancla>

### 6.3.2. Selección de equipos (Matriz de criticidad).

Para la selección de los equipos críticos se adoptó el método de Ciliberti<sup>19</sup>, el cual combina dos (2) matrices de criticidad; una construida desde la óptica de seguridad de los procesos y otra construida desde la óptica del impacto en producción. Ambas matrices se integran en una matriz de criticidad global, para obtener la criticidad total del equipo estudiado.

El análisis comienza evaluando las consecuencias y las probabilidades del criterio de seguridad, higiene y ambiente y el criterio de proceso del activo a ser analizado. Según los datos de entrada, los cuales son: las condiciones operacionales, probabilidad, consecuencia, pérdida de la producción, otros, los valores arrojados por el análisis se introducen en la matriz correspondiente a cada criterio (primera matriz), logrando como resultado la criticidad para el criterio de SHA. Para el criterio de proceso, estos valores se introducen en la segunda matriz para ajustar los niveles de criticidad obtenidos de la matriz anterior, con el fin de obtener el nivel de criticidad para el activo analizado. Finalmente ambos resultados se combinan en una matriz resultante.

Tabla 6.-Análisis de Criticidad.

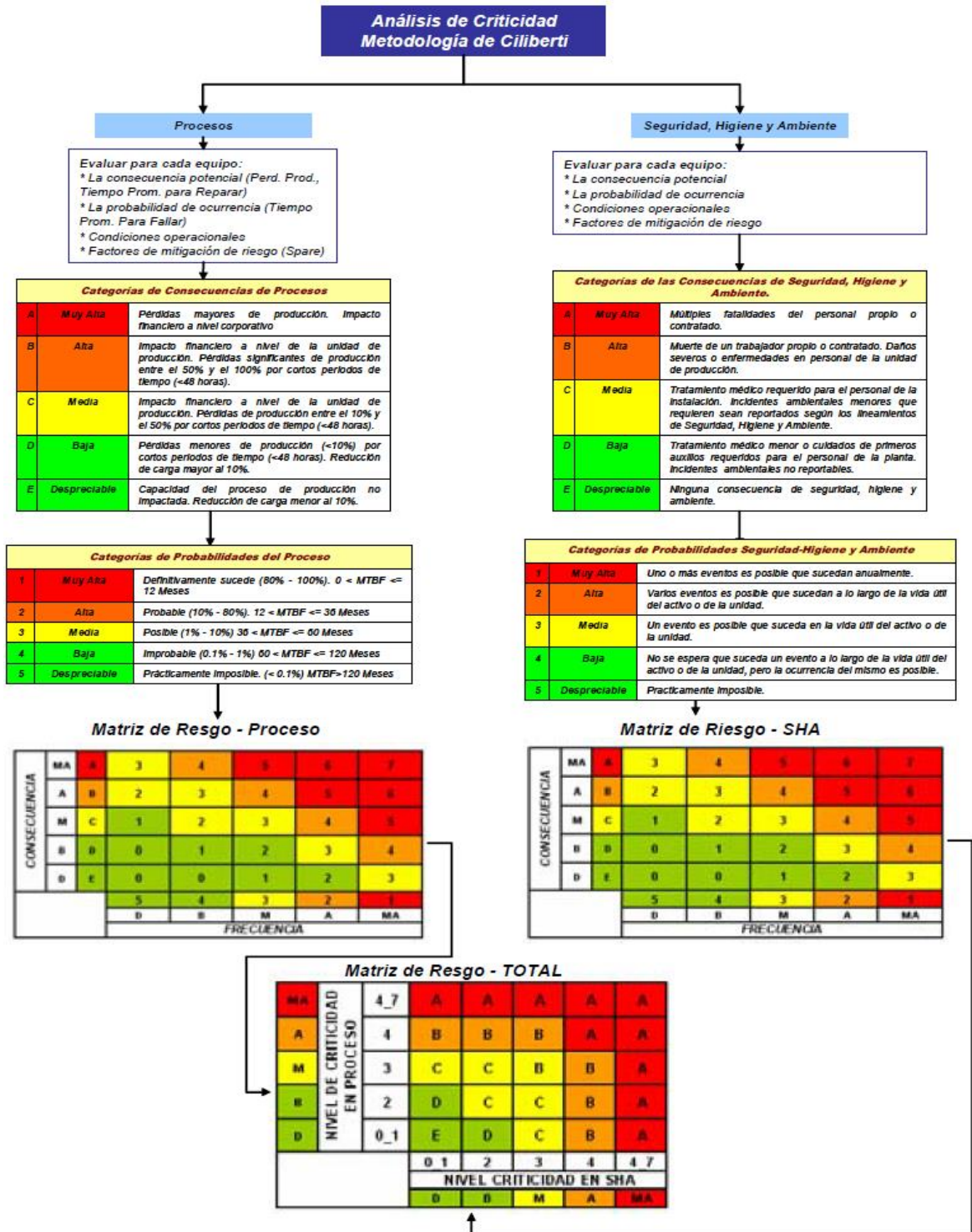
<b>Equipo</b>	<b>Nivel de Criticidad</b>
Conservación de Productos	<b>C</b>
Congelación de Geles	<b>D</b>
Congelación de Producto	<b>A</b>

Fuente: De los Autores.

---

<sup>19</sup> Análisis de Criticidad Integral de Activos, R2M. S.A Reliability and Risk Management.

Figura 22.-Análisis de Criticidad según Ciliberti.



Fuente: Análisis de Criticidad Integral de Activos, R2M. S.A Reliability and Risk Management.

### 6.3.2.1. Descripción de equipos críticos.

- **Compresor COPELAND modelo 3DB3F33KE.**

Tabla 7.-Características del Compresor.

Performance			Mechanical			
Evap(*F)/Cond(*F)	-25 / 105	-40 / 105	Number of Cylinders:	3	Disp(l/m <sup>3</sup> /Rev):	26.58
RG(*F)/Liq(*F)	65 / 105	65 / 105	Bore Size(In):	2.38	Disp(ft <sup>3</sup> /hr):	1615.11
Capacity (Btu/hr)	34000	21300	Stroke(In):	2.00		
Power (Watts):	6450	4960	Overall Length (In):	25.86	Mounting Length (In):	15.00
Current (Amps):	21.00	17.80	Overall Width (In):	14.92	Mounting Width (In):	12.00
EER (Btu/Wh):	5.30	4.30	Overall Height (In):	19.13	Mounting Height (In):	21.09 *
Mass Flow (lbs/hr):	630	386	Suction Size (In):		1 3/8 Sweat	
Sound Power (dBA):	0 Avg	0 Max	Discharge Size (In):		1 1/8 Sweat	
Vibration (mls/peak-)	0.0 Avg	0.0 Max	Oil Recharge (oz):		115	
Record Date:	2006-03-28		Initial Oil Charge (oz):		125	
			Net Weight (lbs):		385	
			Internal Free Volume (In <sup>3</sup> ):			
			Horse Power:		5.5	
			*Overall compressor height on Copeland Brand Product's specified mounting grommets.			

### Electrical

LRA-High*:	161.0	MCC (Amps):	43.0	UL File No:	SA-2337
LRA-Half Winding:		RPM:		UL File Date:	26-Jul-1985
LRA Low*:		Max Operating Current:			
RLA(=MCC/1.4;use for contactor selection):		30.7			
RLA(=MCC/1.56;use for breaker & wire size)		27.6			
*Low and High refer to the low and high nominal voltage ranges for which the motor is approved.					

### Alternate Applications

Refrigerant	Freq (Hz)	Phase	Voltage	Application
R-407C HFC	60	3	208/230	Low Temperature
R-12 CFC	50	3	200/220	
R-12 CFC	50	3	200/220	
R-22 HCFC	50	3	200/220	Low Temperature
R-502 CFC	50	3	200/220	
R-134a HFC	50	3	200/220	High Temp
R-134a HFC	50	3	200/220	
R-404A HFC	50	3	200/220	Low Temp, Low Condensing
R-507 HFC	50	3	200/220	Low Temp, Low Condensing
R-407C HFC	50	3	200/220	
R-407A HFC	50	3	200/220	Low Temp, Low Condensing

Fuente: Emerson Climate Technologies.

Figura 23.-Compresor.



Fuente: Emerson Climate Technologies.

- Condensador COPELAND modelo BMS075L6-A.

Tabla 8.-Características del Condensador.

CONDENSING UNIT MODEL	SATURATED SUCTION TEMPERATURE		CAPACITY BTU/H (WATTS) <b>R404A</b> <b>R507</b> AMBIENT TEMPERATURE °F (°C)					
	° F	° C	85 (29.4)	90 (32.2)	95 (35.0)	100 (37.8)	105 (40.6)	110 (43.3)
BMS075L6-A Compressor Model 3DB3F33KE	0 (-17.8)		63200 (18520)	60500 (17730)	57800 (16940)	55200 (16180)	52600 (15420)	50000 (14650)
	-5 (-20.6)		56900 (16680)	54500 (15970)	52100 (15270)	49800 (14590)	47500 (13920)	45200 (13250)
	-10 (-23.3)		50900 (14920)	48800 (14300)	46800 (13720)	44700 (13100)	42600 (12480)	40600 (11900)
	-15 (-26.1)		45400 (13310)	43600 (12780)	41700 (12220)	39900 (11690)	38100 (11170)	36200 (10610)
	-20 (-28.9)		40300 (11810)	38700 (11340)	37000 (10840)	35400 (10370)	33800 (9910)	32100 (9410)
	-25 (-31.7)		35600 (10430)	34100 (9990)	32700 (9580)	31200 (9140)	29700 (8700)	28200 (8260)
	-30 (-34.4)		31200 (9140)	29900 (8760)	28600 (8380)	27200 (7970)	25900 (7590)	24400 (7150)
	-35 (-37.2)		27200 (7970)	26000 (7620)	24800 (7270)	23500 (6890)	22200 (6510)	20900 (6130)
-40 (-40.0)		23500 (6890)	22400 (6560)	21200 (6210)	20000 (5860)	18700 (5480)	17400 (5100)	

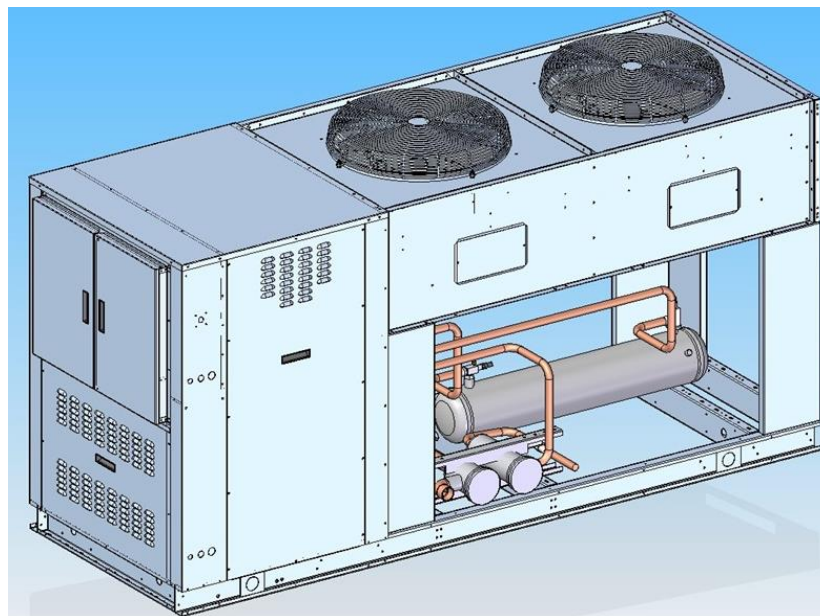
CONDENSING UNIT MODEL	COMPRESSOR MODEL NO.	POWER SUPPLY	COMPRESSOR		CONDENSER FAN MOTOR *			UNIT	
			RLA	LRA	QTY	HP	FLA	MCA	MOP
T3A-A	3DB3F33KE-TFC	208-230/3/60	30.7	161	1	3/4	3.6	42.0	70
BMS075L6-H	T4A-A	460/3/60	15.7	83	1	3/4	1.7	21.3	35
T5A-A	3DB3F33KE-TFE	575/3/60	11.0	67	1	3/4	1.4	15.2	25

CONDENSING UNIT MODEL	CONDENSER FANS	UNIT CONNECTIONS				RECEIVER CAPACITY 90% FULL *		APPROX. SHIPPING WEIGHT	
		SUCTION (OD)		LIQUID (OD)		Lbs.	Kgs	Lbs.	Kgs
		Inches	mm	Inches	mm				
BMS075L6-H**A-A	1	1 3/8	35	5/8	16	60	27.2	1255	570

Fuente: Bally.

Figura 24.-Condensador.



Fuente: Bally.

- **Evaporador BOHN modelo BML330.**

Tabla 9.-Características del Evaporador.

Modelo No.	10°FDT (5.55°C DT)		Info motor			Info resistencia				Dimensiones (cm)			Conexiones (Pulgadas)			Peso neto aprox. (Kg)		
	20°C TSS	28.89°C TSS	#	208-230/1 APC**	460/1 APC**	Watts	208-230/1 Amps.	208-230/3 Amps.	460/3 Amps.	460/1 Amps.	L	H	A	Líquido	Succión		Drenaje	
BML330	33000 BTUH	8316 Kcal/hr	198.0 m <sup>3</sup> /min	3	5.4	3.0	7750	33.7	23.2	12	16.8	242	64	55	1 1/8DE*	1 3/8DE	3/4 RTH†	106

4 ALETAS POR PULGADA

Fuente: BOHN.

Figura 25.-Evaporador.



Fuente: BOHN.

### 6.3.3. Definición de fronteras e interfaces.

Se realiza con el fin de conocer con exactitud que se estudia y que no, no traslapar sistemas consecutivos y determinar en forma confiable las entradas y salidas.

Tabla 10.-Fronteras e interfaces.

<b>ELEMENTO DE ESTUDIO</b>	<b>FRONTERAS (PLANO-DIAGRAMA)</b>	<b>INTERFASES, entradas y salidas</b>
Compresor Copeland	Salida del compresor sin incluir tubería de conexión	Tension 220 Vac
	Entrada al compresor sin incluir tubería de conexión	Corriente 19 A
	No incluye arrancador	Gas refrigerante 507
	No incluye trampa de aceite	Señales de control de 4-20 mA y 0-24 Vdc
	No incluye sistema de amortiguacion.	Calor 1200 BTU
	No incluye sistema de lubricacion.	Vibracion 7mm/sg
		Aceite 1.2 psi
	Señales visuales de monitorio 20-185 PSI	
Condensador	Salida del condensador sin incluir tubería de conexión	Tension 220 Vac
	Entrada al condensador sin incluir tubería de conexión	Corriente 3,6 A
	Incluye Ventiladores	Gas refrigerante 507
		Señales visuales de monitorio -25°C a 45°C
Evaporador	Salida del evaporador sin incluir tubería de conexión	Tension 220 Vac
	Entrada al compresor sin incluir tubería de conexión	Corriente 5,4 A
	Incluye Valvula de expansion	Gas refrigerante 507
	Incluye Ventiladores	Señales visuales de monitorio -25°C a 5°C

Fuente: De los Autores.

#### 6.3.4. Definición de funciones.

- **Compresor:** Su función es aumentar la presión del refrigerante en estado vapor e impulsarlo desde el evaporador al condensador.

Tabla 11.-Funciones del Compresor.

Cód Fun.	FUNCIONES
1	FUNCION PRINCIPAL: comprimir el gas refrigerante a una presión entre 180 psi y 210 psi
2	Contener el refrigerante
3	Succionar el gas refrigerante a una presión entre 15 psi y 25 psi.
4	Mantener la eficiencia térmica del sistema no menor a un 80%
5	Generar señales de control de baja y alta presión del sistema
6	Mantener la vibración no mayor a 7 mm/sg

Fuente: De los Autores.

- **Condensador:** Extrae el calor del fluido refrigerante en estado vapor hasta llevarlo a líquido saturado. Este calor es transferido a otro fluido que puede ser aire o agua.

Función Principal: mantener condiciones de operación del refrigerante a una temperatura de -25°C y 45°C.

- **Evaporador:** En este componente, el fluido refrigerante extrae calor de la cámara frigorífica, absorbiendo calor sensible y calor latente de vaporización hasta llegar al estado de vapor sobrecalentado.

Función Principal: conservar la temperatura del cuarto frío entre -22°C a -27°C.

- **Dispositivos y válvulas de expansión:** Ejercen una doble función.
  - Reducción de la presión en el refrigerante líquido saturado, provocando un sub-enfriamiento.
  - Regulación del caudal de paso de refrigerante.

### 6.3.5. Análisis de modos y efectos de falla.

Se realiza en una matriz integral para el componente crítico del sistema.

Tabla 12.-Identificación de Modos y Efectos de Fallas.

Cód.. Func.	Cód.. FF	Descripción Falla Funcional	Cód.. MF	Modo de Falla	Descripción Efectos
1	1A	No comprimir el gas refrigerante	1A1	Motor quemado	Motor no gira, temperatura del cuarto frio descende, sistema de respaldo se activa. Rebobinado o cambio del motor.
			1A2	Valvulas de descarga deterioradas.	Presion de descarga descende. Activacion sistema de proteccion mecanico del compresor.Motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Cambio de valvulas.
			1A3	Cigüeñal averiado	Compresor se para, motor se sobrecarga y se activan protecciones electricas. Sistema de respaldo se activa. Reparacion del compresor, cambio de aceite y pruebas al motor.
			1A4	Piston destruido	Compresor se para, motor se sobrecarga y se activan protecciones electricas. Sistema de respaldo se activa. Reparacion del compresor, cambio de aceite y pruebas al motor.
			1A5	Rodamientos dañados	Compresor se para, motor se sobrecarga y se activan protecciones electricas. Sistema de respaldo se activa. Reparacion del compresor, cambio de aceite y pruebas al motor.
			1A6	Dispositivos de control quemados	Motor no arranca o durante la operación se apaga, sistema de respaldo se activa, cambio o reparacion de repuesto.
	1B	Comprimir el gas refrigerante a una presion superior de 210 psi	1B1	Presostatos pegado	Compresor supera presion de trabajo y se activa valvula de seguridad. Protecciones mecanicas y electricas se activan, asegurando el motor. Sistema de respaldo activado. Fuga de gas refrigerante. Cambiar presostato y adicionar gas refrigerante.
			1B2	Valvula de seguridad no abre	Compresor supera presion de trabajo, presostato falla, se fisuran tapas de valvulas, y carcasa del compresor, motor se asegura. Sistema de respaldo activado. Fuga de gas refrigerante, reparacion o cambio del compresor, cambio de valvula de seguridad, cambio de presostato, recarga de gas refrigerante.
			1B3	Valvula de descarga deteriorada	Compresor supera presion de trabajo, se activan protecciones mecanicas y electricas, motor se asegura. Sistema de respaldo activado. Cambio de valvula de descarga.
			1B4	Tuberia de descarga obstruida	Compresor supera presion de trabajo, se activan protecciones mecanicas y electricas, motor se asegura. Sistema de respaldo activado. Verificar tuberia obstruida.

	1C	Comprimir el gas refrigerante a una presión inferior a 180 psi	1C1	Valvula de alivio con fugas	Compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Ajuste valvula de alivio. Recarga de gas refrigerante.
			1C2	Anillos del pistón desgastados	Compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Reparación del compresor.
			1C3	Camisa del cilindro desgastada	Compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Reparación del compresor.
			1C4	Motor con bajas revoluciones	Compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Verificación motor eléctrico y alimentación eléctrica.
			1C5	Valvula de descarga deteriorada	Compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Cambio de valvula.
2	2A	No contener el refrigerante	2A1	Empaques deteriorados	Fuga de refrigerante, compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Cambio de Empaques. Adicionar gas refrigerante.
			2A2	Valvula de alivio con fugas	Fuga de refrigerante, compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Verificación valvula de alivio, reparación o cambio. Adicionar gas refrigerante.
			2A3	Sellos deteriorados	Aumenta presión de aceite en el carter, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Verificación del compresor, cambio de sellos y recarga del sistema.
			2A4	Tuberías averiadas	Fuga de refrigerante, compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Reparación o cambio de tubería. Adicionar gas refrigerante.
			2A5	Tapas fisuradas	Fuga de refrigerante, compresor disminuye presión de trabajo, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Reparación o cambio de tapas. Adicionar gas refrigerante.
3	3A	No succionar el gas refrigerante	3A1	Valvula de succión no abre	Presión de succión disminuye, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Verificación de valvula, reparación o cambio.
			3A2	Valvula de expansión no funciona	Presión de succión disminuye, se activan protecciones mecánicas y eléctricas, motor se asegura. Sistema de respaldo se activa. Verificación de valvula, reparación o cambio.
4	4A	No mantener la eficiencia térmica del sistema no menor a un 80%	4A1	Motor eléctrico fallando	Ineficiencia en el sistema, compresor presenta ruidos anormales y funcionamiento lento. Verificación del motor eléctrico y/o red de alimentación.
			4A2	Alimentación eléctrica de potencia defectuosa	Ineficiencia en el sistema, compresor presenta ruidos anormales y funcionamiento lento. Verificación de la Red eléctrica, cambio contactores, relays, cables de alimentación, fusibles, etc.
5	5A	No generar señales de control de baja y alta presión del sistema	5A1	Instrumentos de medición defectuosos	Se activan dispositivos de seguridad mecánicos, compresor se para. Sistema de respaldo activado. Verificar instrumentos, reparación o cambio.
			5A2	Dispositivos eléctricos defectuosos	Compresor se para. Sistema de respaldo activado. Verificar alimentación eléctrica, reparación o cambio de dispositivos.
6	6A	No mantener la vibración menor a 7 mm/sg	6A1	Partes desajustadas	Ruidos anormales en el compresor, vibración excesiva. Apagar el compresor y activar sistema de respaldo. Verificar y asegurar partes desajustadas.
			6A2	Pernos de anclaje flojos	Ruidos anormales en el compresor, vibración excesiva. Apagar el compresor y activar sistema de respaldo. Verificar y asegurar pernos de anclaje.

Fuente: De los Autores.

### 6.3.6. Valoración del riesgo.

Teniendo en cuenta la matriz de riesgos, se procede a efectuar la valoración de los mismos.

Tabla 13.-Matriz de riesgos.

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

Fuente: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. ORTIZ PLATA, Daniel.

Tabla 14.-Valoracion del riesgo.

Cód.. FF	Cód.. MF	FALLA OCULTA	R. Ambiental	R. Humano	R. Económ	R. Imagen	Valor del riesgo económico
1A	1A1	NO	D5	E5	D3	D4	\$ 8.000.000,00
	1A2	SI	D5	E5	E3	D4	\$ 5.000.000,00
	1A3	SI	D5	E5	E3	D4	\$ 10.000.000,00
	1A4	SI	D5	D5	E3	D4	\$ 10.000.000,00
	1A5	SI	D5	D5	E3	D4	\$ 10.000.000,00
	1A6	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 2.000.000,00

1B	1B1	SI	D4	D2	D3	D2	\$ 5.000.000,00
	1B2	SI	D4	D1	D2	D1	\$ 15.000.000,00
	1B3	SI	D5	D5	D4	D4	\$ 3.000.000,00
	1B4	SI	D5	D5	D4	D4	\$ 2.000.000,00
1C	1C1	NO	D4	D5	D3	D4	\$ 1.500.000,00
	1C2	SI	D5	D5	D2	D4	\$ 11.000.000,00
	1C3	SI	D5	D5	D2	D4	\$ 11.000.000,00
	1C4	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 500.000,00
	1C5	SI	D5	D5	D3	D4	\$ 5.000.000,00
2A	2A1	NO	D4	D4	D3	D4	\$ 3.000.000,00
	2A2	NO	D4	D4	D3	D4	\$ 1.500.000,00
	2A3	SI	D5	D5	D3	D4	\$ 3.500.000,00
	2A4	NO	D4	D4	D3	D4	\$ 2.500.000,00
	2A5	NO	D4	D4	D3	D4	\$ 8.000.000,00
3A	3A1	SI	D5	D5	D3	D4	\$ 6.000.000,00
	3A2	SI	D5	D5	D3	D4	\$ 9.000.000,00
4A	4A1	SI	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00
	4A2	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00
5A	5A1	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00
	5A2	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00
6A	6A1	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00
	6A2	NO	D5	D5	D4	D4	\$ 1.000.000,00

Fuente: De los Autores.



Tabla 15.-Tareas, Frecuencias y Recursos.

Cód.. FF	Cód.. MF	FALLA OCULTA	TIPO DE DECISIÓN	DESCRIPCIÓN TAREA	FRECUENCIA (mes)	RECURSOS	MATERIALES	HERRAMIENTAS
1A	1A1	NO	Monitoreo	Realizar medicion de aislamiento.	Mensual	Tecnico	Ninguno	Megger
	1A2	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	1A3	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	1A4	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	1A5	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	1A6	NO	Rediseño	Verificar dispositivos durante mantenimientos preventivos y determinar cambio por dispositivos sofisticados y de ultima tecnologia	Semestral	Ingeniero o especialista	Dispositivo nuevo	Herramientas electricas y de mano.
1B	1B1	SI	Busqueda de fallas	Realizar pruebas simuladas verificando su correcto funcionamiento	Semestral	Tecnico	Ninguno	Banco de Pruebas
	1B2	SI	Rediseño	Verificar y realizar pruebas a dispositivos de seguridad durante mantenimientos preventivos determinando cambio.	Semestral	Tecnico, Supervisor	Ninguno	Banco de Pruebas
	1B3	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	1B4	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
1C	1C1	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion de los dispositivos de seguridad durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	1C2	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	1C3	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	1C4	NO	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	1C5	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno

2A	2A1	NO	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	2A2	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion visual de los dispositivos de seguridad durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	2A3	SI	Cambio	Cambiar o reparar el repuesto de acuerdo al manual preventivo del fabricante.	Ciclico de acuerdo a manual del fabricante	Tecnico, Supervisor	Kit de reparacion	Torquimetro, herraminetas de mano y especiales.
	2A4	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion visual de las tuberias del sistema durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	2A5	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion visual del compresor durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
3A	3A1	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	3A2	SI	Monitoreo	Supervisar la presion de trabajo con manometros.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
4A	4A1	SI	Monitoreo	Realizar inspeccion visual y auditiva del compresor durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	4A2	NO	Monitoreo	Verificacion de tableros de control, indicadores de voltage y corriente durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Multimetro
5A	5A1	NO	Monitoreo	Verificacion de intrumentos durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	5A2	NO	Monitoreo	Verificacion de tableros de control y dispositivos electricos durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Multimetro
6A	6A1	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion visual y auditiva del compresor durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno
	6A2	NO	Monitoreo	Realizar inspeccion visual y auditiva del compresor durante las rondas.	Diario	Tecnico	Ninguno	Ninguno

Fuente: De los Autores.

## 7. CONCLUSIONES

- Se conceptualizó la metodología de mantenimiento RCM para la línea de negocio Open Freeze de la empresa OPEN MARKET buscando la mejora de la confiabilidad operacional de los equipos, nuevas rutinas de Mantenimiento, y aumentar el conocimiento y formación del equipo de Mantenimiento de OPEN MARKET.
- Se desarrolló la metodología RCM, identificando y seleccionando los equipos críticos en conjunto con la operación del negocio Open Freeze, estableciendo sus funciones, realizando el análisis de los modos y efectos de fallas, consecuencias y valoración de los riesgos con el equipo técnico y de Ingenieros de Mantenimiento de Refrigeración de OPEN MARKET.
- Las tareas de mantenimiento generadas producto de la metodología RCM para la cadena de frío de OPEN MARKET, se integrarán al plan integral de mantenimiento-PIM existente actualmente, ajustando las frecuencias y los recursos de acuerdo al resultado final, en búsqueda del 10% del ahorro del presupuesto de Mantenimiento para la Cadena de Frío.
- Se deben realizar pruebas y verificar el correcto funcionamiento de los equipos auxiliares o back-up, ya que su no disponibilidad aumentaría las consecuencias económicas, por la pérdida de la mercancía farmacéutica de alto costo almacenada.
- Usando la metodología RCM correctamente para evaluar los requerimientos de mantenimiento de los equipos existentes, se cambiara la forma en que se percibe la función del mismo, dando como resultado un mantenimiento a menor costo, más eficiente y muy eficaz, con el objetivo de vincular a nuevos clientes en cadena de frío, y consolidar a OPEN MARKET como el mejor operador logístico de cadena de frío en COLOMBIA.

## BIBLIOGRAFIA

GONZALEZ JAIMES, Isnardo. Seminario II. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Universidad Industrial de Santander. Bogotá, 2014.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos R. Mantenimiento Preventivo. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Universidad Industrial de Santander. Bogotá, 2013.

GUTIÉRREZ, Edwin. AGÜERO, Miguel. IVANESKA, Calixto. Análisis de criticidad integral de activos. Reliability and Risk Management. Maracaibo, Venezuela, 2007.

MOUBRAY, John. RCM Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Edición en español. Asheville, North Carolina, USA: Aladon LLC, 2004.

ORTIZ PLATA, Daniel. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Escuela de Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Universidad Industrial de Santander. Bogotá, 2013.

PEREZ J, Carlos Mario. Gerencia de Mantenimiento – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Soporte y Cía. Ltda. – Colombia

PGA-MT03-06 Mantenimiento de instalaciones, equipos y vehículos, Open Market

PGA-MT09-02: Manejo, aseo y mantenimiento de cuartos fríos, Open Market.

PGA-MT11-04: Procedimiento de calibración de los instrumentos de medición, monitoreo y control, Open Market.

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

SAE JA1012, A guide to the Reliability-centered Maintenance (RCM) Standard. Society of Automotive Engineering, 2002.