

# TRABAJO FINAL

## **GENERACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

Caso: Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos  
Kellogg S.A. Maracay Estado Aragua.

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Guillen F., Zoralia A.  
para optar al Título de  
Ingeniero de Procesos Industriales

Cagua, 2015

## TRABAJO FINAL

# **GENERACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

Caso: Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos  
Kellogg S.A. Maracay Estado Aragua.

Tutor Académico: Ing. Pedro Alejandro Acosta

Tutor Industrial: Ing. Alfredo Krain

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Br. Guillen F., Zoralia A.  
para optar al Título de  
Ingeniero de Procesos Industriales

Cagua, 2015

# ACTA DE APROBACIÓN

Cagua, Octubre de 2015

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería de Procesos Industriales, para evaluar el Trabajo Final presentado por la bachiller Zoralia Alejandra Guillen Figueroa, titulado:

## **GENERACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD**

Caso: Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A. Maracay Estado Aragua.

**Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al título de Ingeniero de Procesos Industriales, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.**

---

Prof. Zagui Soret

Jurado

---

Prof. Dhoryvel Cabrera

Jurado

---

Prof. Pedro Alejandro Acosta

Tutor Académico

## **DEDICATORIA**

A Dios, a mis padres, que me dieron la vida, y muchísimas cosas más, a mi familia, a mis amigos, y a todos los que han contribuido, directa o indirectamente con mi formación académica, mi UCV, y profesional, es este el caso, gracias Alimentos Kellogg S.A.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por acompañarme,

A mis padres, Alejandro y Zoraima,

A mis hermanos, Alejandro y Azalia,

A mis abuelas, Emperatriz y Aida,

A toda mi familia, mis tíos y a mis primos, Rafa, Azalia, María Carolina y Emperatriz, y, Azamar, Aura, Kevin y Steven, respectivamente,

A mis amigos entrañables, Mario y Estebany,

A todos mis compañeros de clase, pero especialmente a mis compañeros de clase y de pasantía, Irene, Jaime y Mayerlin, porque trabajar con ustedes no fue solo trabajar, fue trabajar y divertirse día con día,

A la familia del Departamento de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A,

A mis tutores, académico e industrial, Ing. Pedro Alejandro Acosta e Ing. Alfredo Krain por compartir sus conocimientos.

## ÍNDICE GENERAL

ACTA DE APROBACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
LISTA DE ABREVIATURAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiiiiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.2 OBJETIVOS.....	7
1.2.1 Objetivo General .....	7
1.2.2 Objetivos Específicos .....	7
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
1.4 ALCANCE .....	8
CAPÍTULO II .....	10
MARCO DE REFERENCIA .....	10
2.1 ANTECEDENTES.....	10
2.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA .....	15
2.3 BASES TEÓRICAS.....	16
2.3.1 Confiabilidad.....	16
2.3.2 Mantenibilidad .....	16
2.3.3 Disponibilidad .....	17

2.3.4	Mantenimiento .....	17
2.3.5	Tipos de Mantenimiento.....	17
2.3.5.1	Mantenimiento Rutinario .....	18
2.3.5.2	Mantenimiento Programado .....	18
2.3.5.3	Mantenimiento Circunstancial .....	18
2.3.5.4	Mantenimiento Correctivo .....	19
2.3.5.5	Mantenimiento Predictivo .....	19
2.3.5.6	Mantenimiento Preventivo .....	19
2.3.5.7	Mantenimiento Proactivo .....	20
2.3.5.8	Mantenimiento por Avería o Reparación .....	20
2.3.6	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) .....	20
2.3.7	Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).....	22
2.3.7.1	Función.....	22
2.3.7.2	Falla Funcional.....	23
2.3.7.3	Modos de Fallas .....	23
2.3.7.4	Efectos de Fallas.....	23
2.3.8	Árbol Lógico de Decisión (ALD) .....	23
2.3.8.1	Consecuencias de Fallas.....	24
2.3.9	Plan de Mantenimiento.....	24
2.3.9.1	Tareas Proactivas.....	25
2.3.9.1.3	Tareas a Condición.....	25
2.3.9.1.1	Tareas de Reacondicionamiento Cíclico .....	25
2.3.9.1.2	Tareas de Sustitución Cíclica .....	26
2.3.9.2	Tareas “a falta de” .....	26
2.3.9.2.1	Búsqueda de Fallas.....	26
2.3.9.2.3	Ningún Mantenimiento Programado.....	26
2.3.9.2.2	Rediseño .....	27
2.3.10	Análisis de Causa y Efecto (ACE) .....	28
2.3.11	Análisis Funcional (AF) .....	29
2.3.11.1	Diagrama Entrada-Proceso-Salida (EPS).....	32

2.3.11.1.1	Entradas: .....	33
2.3.11.1.2	Procesos .....	33
2.3.11.1.3	Salidas .....	33
2.3.11.1.4	Entorno .....	33
2.3.11.1.5	Retroalimentación .....	33
2.3	Análisis de Criticidad (AC).....	34
2.3.13	Equipo Natural de Trabajo (ENT).....	35
2.4	MARCO CONCEPTUAL.....	36
2.5	BASES LEGALES.....	39
CAPÍTULO III.....		41
MARCO METODOLÓGICO.....		41
3.1	TIPO DE ESTUDIO.....	41
3.2	UNIDAD DE ANÁLISIS .....	43
3.3	TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	44
3.3.1	Fuentes Primarias .....	44
3.3.2	Fuentes Secundarias .....	46
3.4	TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	46
3.5	FASES METODOLÓGICAS .....	47
3.5.1	Fase I: Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.....	47
3.5.2	Fase II: Descripción de las funciones de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 .....	48
3.5.3	Fase III: Clasificación de las fallas críticas de los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 .....	49
3.5.4	Fase VI: Aplicación de un AMEF a las fallas críticas de los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1.....	49
3.5.5	Fase V: Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología de “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” .....	50



CAPÍTULO IV .....	52
RESULTADOS .....	52
4.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	52
4.1.1. Conformación del Equipo Natural de Trabajo .....	52
4.1.2. Análisis de Causa y Efecto.....	53
4.1.3. Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A. ....	55
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES .....	60
4.2.1 Estructura Arbórea .....	60
4.2.2 Listado y Codificación .....	64
4.2.3 Ficha Técnica .....	65
4.2.4 Diagrama de Entrada-Proceso-Salida (EPS).....	70
4.3 CATEGORIZACIÓN DE LAS FALLAS CRÍTICAS .....	70
4.4 DETERMINACIÓN DE LAS FALLAS POTENCIALES Y LOS EFECTOS DE LAS FALLAS CRÍTICAS .....	76
4.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	79
CAPÍTULO V .....	84
ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	84
5.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	84
5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES .....	85
5.3 CATEGORIZACIÓN DE LAS FALLAS CRÍTICAS .....	85
5.4 DETERMINACIÓN DE LAS FALLAS POTENCIALES Y LOS EFECTOS DE LAS FALLAS CRÍTICAS .....	86
5.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	87
CONCLUSIONES .....	91
RECOMENDACIONES .....	93
REFERENCIAS .....	94
ANEXOS .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

1.	Método de las “5M” para bienes o “5P” para servicios.....	29
2.	Miembros del equipo natural de trabajo .....	43
3.	Miembros del equipo natural de trabajo de la empresa Alimentos Kellogg S.A.....	52
4.	Ponderación de las “5M”. .....	55
5.	Herramienta para la Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.....	58
6.	Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A .....	59
7.	Parámetros para el cálculo de la frecuencia de las fallas.....	72
8.	Parámetros para el cálculo del impacto de las fallas .....	73
9.	Herramienta para la evaluación del análisis de criticidad .....	74
10.	Criticidad de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 .....	75
11.	Resultados por componentes críticos del AMEF.....	77
12.	AMEF del Sistema de Empujadores de la Encartonadora Superior.....	78
13.	Resultados de la evaluación de consecuencias por componentes críticos.....	80
14.	Resultados de la evaluación de las tareas proactivas por componentes críticos.....	81
15.	PM del Sistema de Empujadores de la Encartonadora Superior .....	82
16.	Plan de Mantenimiento a los componentes del sistema de empujadores de la Encartonadora Superior .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Tipos de mantenimiento .....	20
2.	Tipos de planes de mantenimiento .....	27
3.	Diagrama de causa y efecto .....	28
4.	Diagrama de bloque.....	31
5.	Jerarquía del activo (izq.) y jerarquía del activo con la jerarquía funcional (der.) .....	31
6.	Diagrama entrada-proceso-salida .....	32
7.	Diagrama entrada-proceso-salida desglosado.....	34
8.	Matriz de criticidad 5 x 5.....	35
9.	Esquema del equipo natural de trabajo.....	36
10.	Esquema del equipo natural de trabajo de la empresa Alimentos Kellogg S.A. ....	53
11.	Diagrama de causa y efecto de la situación actual de la gestión de mantenimiento. ....	54
12.	Jerarquía de la Encartonadora Superior.....	61
13.	Jerarquía de la Encartonadora Superior con la Jerarquía Funcional.....	62
14.	Diagrama de bloque de la Encartonadora Superior .....	63
15.	Diagrama de bloque de la Encartonadora Superior con fotografías .....	63
16.	Listado y codificación de los componentes de la Encartonadora Superior .....	64
17.	Leyenda de colores .....	65
18.	Ficha técnica de la Encartonadora Superior del sistema MP2.....	65
19.	Ficha técnica de la Encartonadora Superior .....	66
20.	Diagrama de entrada – proceso – salida .....	70
21.	Hoja de información de RCM II para la determinación del AMEF .....	76
22.	Hoja de información de RCM II para la determinación del PM.....	79

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

1.	Horas de indisponibilidad de las líneas de proceso y de empaque .....	4
2.	Horas de indisponibilidad de los activos físicos de la línea de empaque .....	5
3.	Ponderación de las “5M”.....	55
4.	Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A .....	58
5.	Frecuencia de las fallas de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 .....	71
6.	Criticidad de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 .....	75
7.	Porcentaje de las “5M” del diagrama de Ishikawa .....	84
8.	Porcentaje de las “5M”de la Norma COVENIN 2500-93 .....	85
9.	Porcentaje de los componentes críticos del análisis de criticidad .....	86
10.	Porcentaje de fallas funcionales y modos de fallas del AMEF .....	87
11.	Porcentaje de las consecuencias de las fallas del PM.....	88
12.	Porcentaje de las tareas proactivas del PM.....	88
13.	Porcentaje de frecuencias (intervalo inicial) de tareas proactivas del PM .....	89
14.	Porcentaje de ejecutores (a realizar por) de tareas proactivas del PM .....	90

## LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Análisis de Criticidad
ACE	Análisis de Causa y Efecto
AF	Análisis Funcional
ALD	Árbol Lógico de Decisión
AMEF	Análisis de Modos y Efectos de Fallas
ENT	Equipo Natural de Trabajo
EPS	Diagrama Entrada-Proceso-Salida
MCC	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
PCC	Punto Crítico de Control
PM	Plan de Mantenimiento
SGM	Sistema de Gestión de Mantenimiento
SHA	Seguridad, Higiene y Medio Ambiente
TGS	Teoría General de los Sistemas
TMEF	Tiempo Medio Entre Fallas

**Zoralia Guillen**

**GENERACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
BASADO EN LA METODOLOGÍA DE  
MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD  
Caso: Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa  
Alimentos Kellogg S.A. Maracay Estado Aragua.**

**Tutor Académico: Ing. Pedro A. Acosta. Tutor Industrial: Ing. Alfredo Krain.  
Trabajo Final. Cagua, UCV. Facultad de Ingeniería. Escuela de  
Ingeniería de Procesos Industriales. Ingeniería de Procesos Industriales.  
Alimentos Kellogg S.A. Año 2015, 151 p.**

**Palabras Claves:** Plan de Mantenimiento, Mantenimiento Centrado en  
Confiabilidad.

**Resumen:** El presente trabajo de grado tuvo como objetivo generar un nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A. La investigación inició con el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento a través de la aplicación de las herramientas del diagrama de Ishikawa y de la Norma COVENIN 2500-92, seguidamente se realizó el análisis funcional, donde se elaboraron las jerarquías, el diagrama de bloque y el diagrama de Entrada - Proceso - Salida, además de la ficha técnica del activo físico. Consecutivamente se llevó a cabo el análisis de criticidad a fin de determinar los componentes críticos a aplicar el estudio, y por último, en conjunto con el equipo natural de trabajo, se elaboró el análisis de modos y efectos de fallas y el plan de mantenimiento a los componentes críticos de la Encartonadora Superior a través de la aplicación de la herramienta del árbol lógico de decisión, generándose un total de 144 tareas de mantenimiento.

## INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas la gestión del mantenimiento ha experimentado diversos cambios, los mismos responden a las exigencias del cumplimiento de nuevas tendencias como la preservación de la integridad de las personas y de su medio ambiente, el mejoramiento de la calidad, la optimización de la eficacia y la eficiencia de la producción a través de la maximización de la disponibilidad de los activos físicos y la minimización de los costos, y el aumento en números y complejidad de los activos físicos.

Lo anterior, obliga a los gerentes de mantenimiento, desde el punto de vista de prestadores de un servicio, a satisfacer las necesidades de sus clientes internos, representados por las personas y/o los departamentos dentro de la empresa que adquieren un resultado de un proceso del departamento de mantenimiento como recurso para la ejecución de un proceso aparte, a través del cumplimiento de las nuevas normativas de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA), y de calidad, del cumplimiento de los requerimientos del producto, del mejoramiento de la confiabilidad de sus procesos de producción, y por lo tanto, de sus activos físicos, la gestión de los activos físicos y la reducción de los costos indirectos, todo ello con el objetivo de mejorar la ventaja competitiva de las empresas.

Alimentos Kellogg S.A. es una empresa multinacional dedicada a la elaboración de cereales y de barras listas para consumir, bajo la licencia de Kellogg Company. En 1961 Kellogg's® inaugura su planta en Venezuela ubicada en Maracay, Estado Aragua, la misma emplea actualmente a más de 550 personas y produce 75% de los cereales listos para comer que se comercializan en el país. Hoy, es la compañía líder en la elaboración de cereales para el desayuno a nivel mundial, y Venezuela, después de México, es el segundo mercado más importante en América Latina.

Actualmente, la gestión del mantenimiento se encuentra en la necesidad de responder a los cambios mencionados anteriormente. Hoy por hoy, Alimentos Kellogg S.A., efectúa un plan de mantenimiento planificado a los activos físicos de las líneas de producción, pero, la cantidad de actividades a ejecutar no permite el fiel cumplimiento del mismo. Además del mantenimiento preventivo, también se efectúa el mantenimiento predictivo. A pesar de ejecutar los mantenimientos mencionados anteriormente, los activos físicos de Alimentos Kellogg S.A. presentan fallas, dichas fallas generan paradas no programadas, o la indisponibilidad de las líneas de producción. Dentro de ellas, se observa que la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 es el activo físico que posee las mayores horas de indisponibilidad.

Es por esto que Alimentos Kellogg S.A. ha decidido aplicar la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A. con la finalidad de desarrollar un nuevo plan de mantenimiento que permita maximizar la confiabilidad de los activos físicos, aumentando la disponibilidad de los mismos y disminuyendo los costos. Asimismo se desea reducir la exposición al riesgo del personal, lugar de trabajo o medio ambiente.

La presente investigación se encuentra dividida en cinco capítulos. En el Capítulo I se establece el problema de la investigación. En el Capítulo II se desarrolla el marco de referencia. En el Capítulo III se desarrolla el marco metodológico. En el Capítulo IV y Capítulo V se presentan los resultados y el análisis de los resultados, respectivamente. Por último se presentan las conclusiones y recomendaciones.



# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

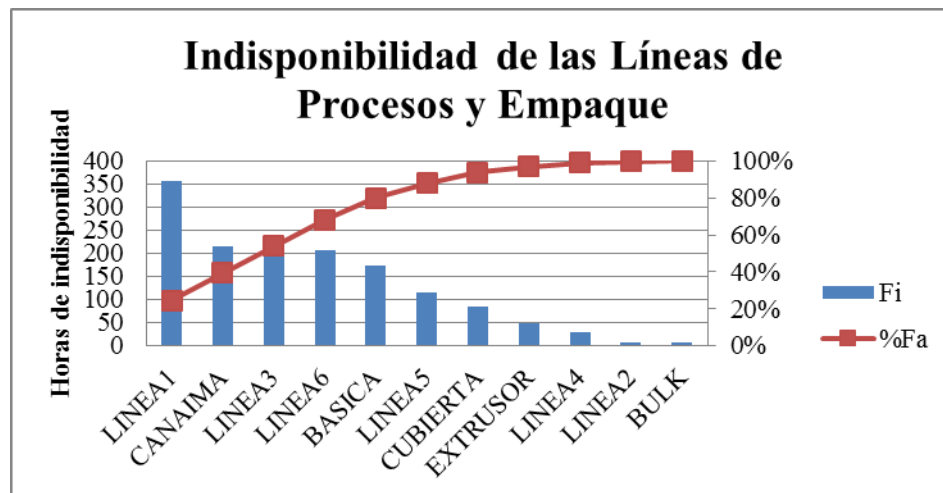
Actualmente, la gestión del mantenimiento tiene el objetivo del aumento de la productividad, a través de la maximización de la confiabilidad de los activos físicos, disminuyendo los costos y aumentando la disponibilidad de los mismos. La importancia de la disponibilidad radica en tener a los activos físicos operativos en el lugar y en el momento adecuado de acuerdo a lo establecido en los planes de producción, por lo tanto, la indisponibilidad de los mismos no solo afecta a lo anterior, sino, que también afecta al alcance de los objetivos del departamento de mantenimiento, consecuente con los objetivos de la empresa.

Según Báez (2012), los retos que enfrentan en la actualidad las industrias venezolanas se enfocan en optimizar la utilización de los recursos, para la obtención de productos de calidad de acuerdo a las cantidades establecidas, es por esto que es necesario que las mismas entiendan que a través de la gestión del mantenimiento se puede llegar a garantizar la disponibilidad de los activos físicos para la elaboración de productos de calidad, donde, cuando y cuanto se necesite.

Una de las industrias venezolanas interesadas en llegar a garantizar la disponibilidad de los activos físicos es Alimentos Kellogg S.A, dicha empresa es parte de un grupo de empresas multinacionales dedicadas, principalmente, a la producción de cereales y barras para comer. El proceso productivo de la mencionada planta se puede dividir en dos procedimientos, el proceso de elaboración del producto, y el proceso de empaque del producto.

Actualmente, el Departamento de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A. efectúa un plan de mantenimiento planificado a los activos físicos de las nombradas líneas de procesos y empaque, basado en los manuales de los fabricantes, además del mantenimiento preventivo, también se efectúa el mantenimiento predictivo.

A pesar de efectuar los mantenimientos mencionados anteriormente, los activos físicos de Alimentos Kellogg S.A. presentan fallas que pueden llegar a atentar contra la seguridad y la salud de los trabajadores, lugar de trabajo y/o medio ambiente, estas fallas son reportadas por los supervisores de mantenimiento, diariamente, a través de un registro de fallas (Registro de Actividades de Mantenimiento) en el que se observan las indisponibilidades de las líneas de procesos y las líneas de empaque. De acuerdo a los registros de fallas del año 2014 de los meses de enero a junio, las indisponibilidades de las líneas de procesos y empaque se encuentran en la Gráfica 1.



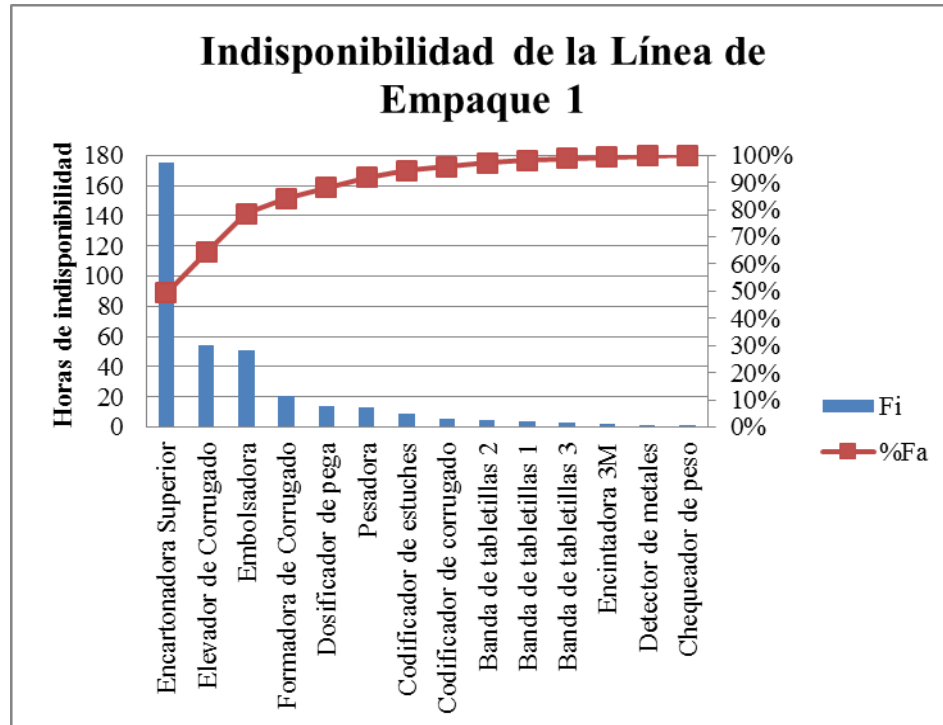
Gráfica1. Horas de indisponibilidad de las líneas de proceso y de empaque.

Fuente: Reporte de Novedades de Alimentos Kellogg, 2014.

En la Gráfica 1 se puede apreciar que la línea de empaque 1 es aquella línea que posee el mayor número de horas de indisponibilidad, representando un 25% de las horas de paradas no programadas de toda la planta, con 355 horas, lo

que equivale a aproximadamente 14 días (dos semanas) de paradas no programadas en el primer semestre del año 2014.

Las indisponibilidades de los activos físicos de la línea de empaque anteriormente mencionada, se encuentran en la Gráfica 2.



Gráfica 2. Horas de indisponibilidad de los activos físicos de la línea de empaque 1.

Fuente: Reporte de Novedades de Alimentos Kellogg, 2014.

A su vez, en la Gráfica 2 se puede apreciar que de la línea de empaque 1 la Encartonadora Superior es el activo físico que posee el mayor número de horas de indisponibilidad, representando un 50% de las horas de paradas no programadas de toda la línea, con 175 horas, lo que equivale a aproximadamente 7 días (una semanas) de paradas no programadas en el primer semestre del año 2014.

La Encartonadora Superior empaca a una velocidad aproximada de 50 estuches por minuto, equivalente a 72.000 estuches por día, al encontrarse en

una línea de producción, la línea de empaque 1, en promedio, produce 21,76 T de cereales listos para comer.

Los valores anteriormente mencionados tienen importancia gracias a que un día de parada en la línea de empaque 1 representan 21,76 T de cereales que no se empacaron, por lo tanto, los 7 días de paradas no programadas atribuidas a las fallas del activo físico de acuerdo a los registros de fallas del año 2014 de los meses de enero a junio representan 152,32 T de cereales que se dejaron de empacar debido a la indisponibilidad de la Encartonadora Superior.

Por lo anterior, la indisponibilidad de la Encartonadora Superior no sólo afecta a la planificación de la producción y a su cumplimiento, sino que también afecta a la logística y a la cadena de suministro a la hora de la entrega de productos en el lugar, en el momento y al costo adecuado, las fallas en la planificación de la producción y en la logística se traducen en pérdidas económicas y de mercado, respectivamente, que afectan la rentabilidad de la empresa, importante para la sostenibilidad económica de la misma.

Actualmente las actividades de mantenimiento de la empresa son más del tipo correctivo que del tipo predictivo y/o preventivo. Como anteriormente se mencionó, la empresa posee un plan de mantenimiento, pero, la cantidad de actividades a ejecutar no permite el fiel cumplimiento del mismo. Es por esto que Alimentos Kellogg se encuentra en la necesidad de desarrollar un nuevo plan de mantenimiento que permita atender de forma proactiva las fallas, asegurando la confiabilidad de sus activos físicos.

De acuerdo a lo anterior ¿Cuál es el plan de mantenimiento que permita que se disminuya la indisponibilidad de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo General

Generar un Plan de Mantenimiento basado en la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

1.2.2.1 Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la empresa Alimentos Kellogg S.A.

1.2.2.2 Describir las funciones de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A. a través de un análisis funcional.

1.2.2.3 Categorizarlas fallas críticas de los componentes de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A. a través de un análisis de criticidad.

1.2.2.4 Determinar las fallas potenciales y los efectos de las fallas críticas de los componentes de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A.

1.2.2.5 Diseñar un plan de mantenimiento basado en la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

La aplicación de la metodología de “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” permitió al personal contar con un ambiente de trabajo de mayor

seguridad, gracias a que con la elaboración del Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y del Plan de Mantenimiento (PM) se obtuvieron los datos del funcionamiento, las fallas y las consecuencias de las fallas del equipo, lo que permitió prevenir los riesgos que ocasionen daños al personal, al lugar de trabajo o al medio ambiente, consecuente con el cumplimiento de las nuevas normativas de seguridad, higiene y medio ambiente (SHA).

Con la disminución de los tiempos de paradas no programadas del activo físico se mejoró la satisfacción de los requerimientos de los clientes debido a la entrega de productos de calidad, en el lugar, en el momento y al costo adecuado, y, permitió el fiel cumplimiento de los planes de producción, es por esto, que la mejora a la confiabilidad de los equipos permitió la reducción de los costos de mantenimiento asociados a los costos por pérdidas de calidad en el producto y los costos por pérdidas de producción, atribuidas al mal funcionamiento de los activos físicos.

La presente investigación afianzó los conocimientos teóricos/prácticos, sobre la Encartonadora Superior, en los operarios y trabajadores de la empresa Alimentos Kellogg S.A., y sirvió como capacitación y/o entrenamiento del personal del departamento de mantenimiento a la hora de realizar las actividades del plan de mantenimiento.

#### 1.4 ALCANCE

El presente trabajo de investigación abarcó el desarrollo de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad en la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A. ubicada en San Jacinto, Maracay, Estado Aragua, No incluyó otro proceso productivo u otro activo físico dentro de la empresa.

No formó parte del proyecto la implementación del plan de mantenimiento propuesto, será Alimentos Kellogg S.A. quien determine si lo propuesto es viable a ejecutar.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO DE REFERENCIA**

#### **2.1 ANTECEDENTES**

Montenegro Alex (2008). **Implementar un Análisis de Modos y Efectos de Fallos (AMEF) como Herramienta Primordial de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) en 4 Áreas Críticas de Pastaca.** Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Universidad Nacional Experimental del Táchira como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

La referida investigación se desarrolló en la empresa Pasteurizadora Táchira C.A., específicamente en cuatro áreas críticas de la planta ubicada en San Cristóbal, Estado Táchira, Venezuela, con la finalidad de la elaboración de un nuevo plan de mantenimiento que mejorara la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos seleccionados. En dicha investigación de tipo descriptiva, documental y de campo, se utilizó la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). En la investigación, el autor llevo a cabo la conformación de un equipo de trabajo multidisciplinario, que permitió que se definieran los sistemas y sub-sistemas que componen el área de servicios, se realizaron los diagramas de entrada-proceso-salida, los análisis de criticidad y análisis de modos y efectos de fallas, determinando las fallas y las consecuencias de las fallas de los equipos, para luego generar las tareas del plan de mantenimiento basado en la metodología de MCC.

El mencionado trabajo de grado significó un aporte a esta investigación gracias a que en el trabajo estudiado se utilizó la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad con la finalidad de diseñar un nuevo plan de



mantenimiento, también se estudiaron las herramientas de los diagramas entrada-proceso-salida, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas, presentes en el mismo.

Castro Leonardo e Ibáñez Humberto (2012). **Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para la Empresa Alfarería Doña Flor**. Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Universidad Nacional Experimental del Táchira como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico.

La señalada investigación se desarrolló en la empresa Alfarería Doña Flor C.A. ubicada en Rubio, Estado Táchira, Venezuela, con el objetivo de elaborar un plan de mantenimiento que garantizara la confiabilidad de los activos físicos que conforman sus procesos productivos. El trabajo de grado se inició con el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 2500-93, con la finalidad de identificar las oportunidades de mejora del departamento de mantenimiento de la empresa, posteriormente, y de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 3049-93, se codificaron e inventariaron los equipos y se procedió a elaborar sus respectivas fichas técnicas.

Seguidamente se realizó el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas, lo que permitió jerarquizar a las áreas y los equipos de acuerdo a su criticidad en el proceso, e identificar las fallas y las consecuencias de las mismas a los equipos críticos en el proceso, para luego generar las actividades de mantenimiento y elaborar la cuantificación del personal requerido para la realización de dichas actividades de mantenimiento. En dicha investigación de tipo descriptiva, documental y de campo, se generaron actividades de mantenimiento adaptadas a las necesidades reales de los equipos de la empresa Alfarería Doña Flor C.A.

La anterior investigación contribuyó a la hora de elaborar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento, gracias a que dicho diagnóstico se

llevó a cabo de acuerdo a la misma metodología de la Norma COVENIN 2500-93: Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria.

Cánchica Verónica (2007). **Diseño de un Plan de Mantenimiento Basado en la Metodología del “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad” para la Flota de Equipos de Carga “Palas Hidráulicas O&K” de la Mina Paso Diablo de Carbones del Guasare, S.A.** Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Universidad Rafael Urdaneta como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

El nombrado trabajo de grado se realizó en la empresa Carbones Guasare S.A., específicamente en las palas hidráulicas O&K, de la Mina Paso Diablo, ubicada en la cuenca de Guasare, Estado Zulia, Venezuela, con el objetivo del aumento de la disponibilidad de los equipos mencionados anteriormente, y, mejorar con ello, el proceso de extracción de material estéril.

La investigación de tipo descriptiva/explicativa, documental y de campo, se inició con la elaboración del diagnóstico de la situación actual, a través de la cual se establecieron los datos referentes a la indisponibilidad de la flota de estudio, seguidamente se tomó la información de las fallas que afectan a los activos físicos, después de ello, se realizaron los análisis funcionales y los diagramas de entrada-proceso-salida de cada uno de los equipos que conforman las palas hidráulicas O&K, con la finalidad de conocer sus requerimientos y sus funcionamientos.

Luego se llevó a cabo el análisis de criticidad y el análisis de modo y efectos de fallas, para el primero se establecieron criterios que permitieron que se clasificaran a los sistemas más críticos de forma decreciente, y para el segundo se elaboraron los análisis de causa y efecto a las fallas más críticas y con ello se consiguió la información para la elaboración del AMEF. Terminado el AMEF, se establecieron las actividades de mantenimiento para la flota de palas hidráulicas O&K.

Este trabajo de grado significó un aporte a esta investigación gracias a que en el trabajo consultado se utilizó la misma metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, también se estudiaron las bases teóricas de dicho trabajo de grado como las herramientas de los diagramas entrada-proceso-salida, el análisis de criticidad y el análisis de modos y efectos de fallas.

Macedo Jesús (2012). **Implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a Líneas de Producción en Pepsi-Cola Venezuela**. Informe de Pasantía. Presentado ante la ilustre Universidad Simón Bolívar como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Mecánico.

El señalado informe de pasantía se realizó en las líneas de producción, específicamente en las líneas 1 y 2 de envasado, de la empresa Pepsi-Cola C.A., ubicada en Valencia, Estado Carabobo, Venezuela. El objeto de la pasantía industrial es la implementación del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad para la consolidación de los planes de mantenimiento. Luego de las inducciones, entrenamientos y/o capacitaciones de la metodología a aplicar, se llevaron a cabo siete (7) fases para la ejecución de los objetivos de la investigación, dichas fases abarcaron las siguientes actividades: familiarización con los procesos productivos, levantamiento de información de los equipos y elaboración de los contextos operacionales de los mismos, creación de árboles de componentes, elaboración de análisis de paradas, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de fallas, y generación de nuevos planes de mantenimiento para cada uno de los equipos, basados en los resultados del análisis de criticidad. La finalidad de la elaboración de estos nuevos planes de mantenimiento es de minimizar la indisponibilidad de los equipos.

La contribución de dicha investigación ayudó a la presente tesis por sus bases teóricas, las mismas son la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, análisis funcional, análisis de criticidad, análisis de modos y efectos de fallas, y por último la elaboración de los nuevos planes de mantenimiento.

Rodríguez José (2011). **Evaluación de la Organización del Departamento de Mantenimiento de Aluminio PIANMECA de acuerdo a la Norma Venezolana COVENIN 2500-93**. Trabajo Especial de Grado. Presentado ante la ilustre Universidad Nacional Experimental de Guayana como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

La citada investigación se llevó a cabo en el departamento de mantenimiento de la empresa Aluminio Pianmecca, ubicada en Puerto Ordaz, Estado Bolívar, Venezuela, con el objetivo de elaborar el proceso de auditoría del sistema de mantenimiento, lo que permitirá que se determine la situación actual de dicho sistema de mantenimiento.

El trabajo de grado se inició con el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento de acuerdo a lo establecido en la Norma COVENIN 2500-93, con la finalidad de identificar las mejoras del departamento de mantenimiento de la empresa, para ello se elaboró una matriz FODA para determinar de este modo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas existentes en dicho departamento de mantenimiento, posteriormente se diseñó un sistema de gestión de mantenimiento (SGM) para los activos físicos del área de producción de la empresa, dicho SGM comprendió la codificación e inventario de los equipos, las respectivas fichas técnicas, despieces, y los planes de mantenimiento, todo ello con el objeto de facilitar la eficiencia de los procedimientos. La metodología de la investigación se estableció como de tipo descriptiva, documental y de campo.

La contribución del reseñado trabajo de grado al desarrollo de la presente investigación fueron las bases teóricas del mismo, específicamente la elaboración del diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento bajo la Norma COVENIN 2500-93: Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria.

## 2.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

En 1898, en un intento fallido por la fabricación de granola, el fundador de la empresa, W.K. Kellogg, y su hermano, el Dr. John Harvey Kellogg, crearon un nuevo desayuno cuando accidentalmente hicieron hojuelas de trigo. W.K. siguió experimentando hasta que se hicieron hojuelas de maíz, y elaboró la deliciosa receta de Corn Flakes de Kellogg's®.

En 1906 W.K. Kellogg abrió la "Battle Creek Toasted Corn Flake Company" y seleccionó a sus primeros 44 empleados. Juntos hicieron la producción inicial de Corn Flakes de Kellogg's® y dieron vida a la visión de W.K. de alimentos para un desayuno nutritivos y de gran sabor. En 1914, Corn Flakes de Kellogg's® comenzó a comercializarse en otros países como Canadá, un año después de esto, Kellogg's® presentó Bran Flakes, el primer cereal con alto contenido de fibra, rápidamente seguido por la introducción de All-Bran® de Kellogg's®.

Kellogg Company se convirtió en la primera de las empresas de alimentos, en contratar a una nutrióloga Mary Barber para 1923, y posteriormente se convirtió en una de las primeras empresas en la información nutricional en los empaques.

Para 1930 la economía de Estados Unidos pasaba por un periodo de depresión y fue justamente cuando W.K. Kellogg declaró: "Invertiré en las personas". También fundó La Fundación W.K. Kellogg, cuya misión: ayudar a los niños lograr sus metas, ello complementa lo que Kellogg Company es hoy por hoy.

En 1961 Kellogg's® inaugura su planta en Venezuela ubicada en Maracay - Estado Aragua, la misma emplea actualmente a más de 550 personas y produce 75% de los cereales listos para comer que se comercializan en el país. Venezuela, después de México, es el segundo mercado más importante en América Latina para Kellogg's®.

En el país, los cereales para el desayuno han sido fuertemente aceptados por los consumidores de todas las edades, por la gran variedad de formas, colores y sabores. Por otra parte, la adición de vitaminas, minerales y proteínas ha dado lugar a productos de gran valor nutricional.

El portafolio de Kellogg's® en el país comprende a los cereales listos para comer para toda la familia: Corn Flakes®. Cereales para niños: Zucaritas®, Froot Loops®, Choco Krispis®, Choco Zucaritas® y Corn Pops®. Y para adultos: Special K®, All Bran® y la línea Müsli®. También el portafolio de Kellogg's® en el país comprende a las barras. Hoy por hoy los cereales y las barras listas para comer de Kellogg's® se producen en más de 180 países en el mundo.

## 2.3 BASES TEÓRICAS

### 2.3.1 Confiabilidad

Confiabilidad, según la Norma Venezolana COVENIN 3049-93, es la probabilidad de que un activo físico no presente fallas en un momento determinado bajo condiciones establecidas (p. 5). Según Amendola (2002) confiabilidad es la capacidad de que un activo físico lleve a cabo su función de acuerdo a los parámetros de funcionalidad (p. 11).

### 2.3.2 Mantenibilidad

Según la Norma Venezolana COVENIN 3049-93, mantenibilidad es la probabilidad de que un activo físico sea restaurado a condiciones normales de operación, dentro de un periodo de tiempo dado, cuando las actividades de mantenimiento se llevaron a cabo de acuerdo a procedimientos establecidos (p. 5).

### 2.3.3 Disponibilidad

Disponibilidad, según la Norma Venezolana COVENIN 3049-93, es la probabilidad de que un activo físico se encuentre en la capacidad de continuar cumpliendo con su misión (que no presente fallas), en un momento determinado bajo condiciones establecidas (p. 5).

Sexto (2012, p.1) define a la disponibilidad como la probabilidad de que un activo físico lleve a cabo su función de acuerdo a los parámetros de funcionalidad, en el lugar (dentro de su contexto operacional), y en el momento adecuado (dentro del requerimiento de producción).

El autor también señala que la disponibilidad depende de cuan frecuente se establecen las fallas en determinado lugar y momento (confiabilidad) y del tiempo que se requiere para que se corrijan las fallas (mantenibilidad). Por lo tanto, la indisponibilidad es la negación de la disponibilidad.

### 2.3.4 Mantenimiento

La Norma Venezolana CONVENIN 3049-93 define mantenimiento como “un conjunto de acciones, que permiten conservar o restablecer un SP a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado”(p. 5). La misma Norma Venezolana define SP como “son aquellas siglas que identifican a los Sistemas Productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento” (p. 5).

### 2.3.5 Tipos de Mantenimiento

La Norma Venezolana CONVENIN 3049-93 clasifica a los tipos de mantenimiento según:

#### 2.3.5.1 Mantenimiento Rutinario

Comprende a las actividades de rutina o diarias de los activos físicos como inspecciones, lubricaciones, limpiezas, ajustes, calibraciones, etc. de frecuencia de ejecución semanal y/o mensual, realizado, generalmente, por los operarios de los activos físicos con la finalidad de prolongar la vida útil de los mismos y evitar su desgaste (p. 1).

#### 2.3.5.2 Mantenimiento Programado

Tiene como fundamento las recomendaciones de manuales de procedimiento de los fabricantes y las experiencias de los usuarios de los activos físicos, a fin de determinar los ciclos de revisión y/o sustitución para los componentes y/o elementos de los mismos, con el objetivo de determinar la carga de trabajo a programar, de frecuencia de ejecución que abarca desde la quincenal a la anual, realizado por las cuadrillas de mantenimiento (p. 1).

#### 2.3.5.3 Mantenimiento Circunstancial

Este tipo de mantenimiento viene de la mezcla de los mantenimientos rutinarios, programados, por avería y correctivo, gracias a que a través del mantenimiento circunstancial se llevan a cabo actividades rutinarias que no tienen un punto fijo de tiempo de inicio para ejecutarse, debido a que los activos físicos funcionan intermitentemente; se llevan a cabo actividades programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de tiempo de inicio para ejecutarse debido a la razón anterior; se atienden las averías cuando los activos físicos se detienen, existiendo otros activos físicos que los sustituyan en el cumplimiento de sus funciones, es decir, el estudio detallado de la falla permite la programación de la eliminación de la avería correctivamente a mediano plazo. Trabajar bajo este tipo de mantenimiento no depende de la organización, sino de otros entes de la organización



relacionados a cambios de procesos, aumento y/o disminución de la capacidad de producción, reducción de personal y/o turnos de trabajo.

#### 2.3.5.4 Mantenimiento Correctivo

También llamado como “mantenimiento reactivo”, es aquel trabajo que comprende a una cantidad determinada de tareas de reparaciones no programadas, pero planificadas a mediano plazo, con el propósito del restablecimiento de la función de un activo físico una vez ocurridas las fallas que ocasionaran paradas no programadas. Las causas que se atribuyen a una parada no programada son: desperfectos no detectados durante las actividades de inspección, ausencia de tareas de mantenimiento predictivas o preventivas, errores operacionales, y la estrategia de “reparar cuando falle”. Este tipo de estrategia de “reparar cuando falle” generalmente genera costos mayores a los generados por inspeccionar y realizar las tareas de mantenimiento predictivas o preventivas a tiempo para mitigar o eliminar las fallas. Es llevado a cabo por las cuadrillas de mantenimiento o proveedores (p. 2).

#### 2.3.5.5 Mantenimiento Predictivo

Es aquel mantenimiento programado que se fundamenta en el análisis a través de las distintas herramientas tecnológicas, para, adelantarse a los sucesos de las fallas, es decir, es un tipo de mantenimiento programado que detecta las fallas (p. 2).

#### 2.3.5.6 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel que utiliza todos los medios disponibles, incluyendo a los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones y de las demás actividades de mantenimiento. Su objetivo es el de adelantarse a la aparición de las fallas, para asegurar la funcionalidad del activo físico en su contexto operacional dentro de su vida útil (p. 2).

### 2.3.5.7 Mantenimiento Proactivo

Es aquel mantenimiento que engloba a los mantenimientos predictivo y preventivo, que busca la identificación y corrección de las causas raíces que originan las fallas en los activos físicos (p. 2).

### 2.3.5.8 Mantenimiento por Avería o Reparación

Son el conjunto de acciones necesarias para devolver a un sistema y/o equipo las condiciones normales operativas, luego de la aparición de una falla. Generalmente no se planifica o programa, debido a que la falla ocurre de manera imprevista. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos activos físicos, minimizando los tiempos de paradas no programadas. Es ejecutado por las cuadrillas de mantenimiento (p. 2).

Los tipos de mantenimiento se encuentran en la Figura 1:

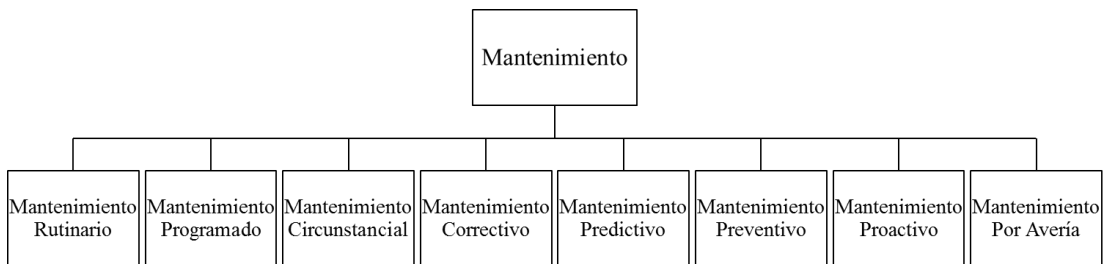


Figura 1. Tipos de mantenimiento.

### 2.3.6 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)

El mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) se aplicó en principio en la industria aeronáutica, su éxito ha permitido que otras empresas, como por ejemplo las que conforman a la industria manufacturera, se interesen en la implementación de la metodología del MCC. El MCC, según Smith (2011) es:

Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema (p. 1).

El objetivo del MCC es maximizar la confiabilidad de los activos físicos, aumentando la disponibilidad de los mismos y disminuyendo los costos.

Moubray (2004), define el mantenimiento como un proceso utilizado para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan, asimismo, define el MCC como un proceso utilizado para que se determine que deben de hacer para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan dentro de su contexto operacional actual (p. 7).

Según Moubray (2004) la metodología del MCC establece procedimientos que permiten que se identifiquen las necesidades reales de la gestión del mantenimiento de los activos físicos dentro de su contexto operacional (p. 7), a través del análisis de las siete preguntas de la metodología del MCC:

1. ¿Cuál es la función o los parámetros de funcionamiento asociados a los activos físicos en su contexto operacional actual?
2. ¿De qué manera el activo físico puede dejar de cumplir con sus funciones?
3. ¿Qué origina cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla funcional?
5. ¿De qué manera afecta cada falla funcional?
6. ¿Qué debe de hacerse para predecir o prevenir cada falla funcional?
7. ¿Qué debería de hacerse si no se pueden hallar tareas preventivas o predictivas adecuadas?

Para dar respuestas a las siete preguntas se utilizan las herramientas del análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), ver apartado 2.3.7, y del árbol lógico de decisión (ALD) o diagrama de decisión del MCC, ver apartado 2.3.8.

La primera herramienta (AMEF) define a las preguntas 1, 2, 3 y 4, relacionadas con los contextos operacionales y las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla, los efectos de falla, respectivamente, y la segunda herramienta (ALD), define a las preguntas 5, 6 y 7, relacionadas con las consecuencias, las tareas proactivas (predictivas y preventivas) y las tareas a falta de, respectivamente.

### 2.3.7 Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF)

Según Moubrey (2004), el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) es una herramienta que permite que se identifiquen las funciones, las fallas, los modos y/o consecuencias, y los efectos de las fallas de determinado activo físico dentro de su contexto operacional (p. 56). A partir de la presente herramienta, se obtienen las respuestas a las cuatro primeras preguntas de la metodología del MCC.

Los elementos que conforman a un AMEF, según la SAE JA 1011 (1999) y 1012 (2002) son los siguientes:

2.3.7.1 Función: es lo que determinado dueño o usuario desea que lleve a cabo un sistema o activo físico. Se redacta de acuerdo a la siguiente fórmula: verbo, más objeto, más estándar de funcionamiento (p. 6) y se clasifican en:

- Función Evidente: una función cuya falla aislada se vuelve evidente al personal de operaciones bajo circunstancias normales (p. 6).
- Función Oculta: una función cuya falla aislada no se vuelve evidente al personal de operaciones bajo circunstancias normales (p. 6).

- **Función Primaria:** la(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el sistema o activo físico es adquirido (p. 6).
- **Función Secundaria:** las funciones que un sistema o activo físico tiene que cumplir aparte de sus función(es) primaria(s), así como aquellas que necesitan cumplir con los requerimientos regulatorios o a las cuales conciernen problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia energética y estructura (p. 6).

2.3.7.2 **Falla Funcional:** es el estado en el que un sistema o activo físico no se encuentra en la capacidad para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado. Se redacta de acuerdo a la siguiente fórmula: verbo, más objeto, más estándar de funcionamiento, pero en sentido negativo, es decir, negar a la función (p. 6).

2.3.7.3 **Modos de Fallas:** un evento único, que causa una falla funcional. Una falla funcional, se puede originar por más de un modo de falla, asimismo, un modo de falla ocasionará ciertos efectos (p. 7).

2.3.7.4 **Efectos de Fallas:** lo que pasa cuando ocurre un modo de falla (p. 6).

### 2.3.8 Árbol Lógico de Decisión (ALD)

Un árbol lógico de decisión o diagrama de decisión de RCM, es una herramienta que permite que se determinen las consecuencias de las fallas y las tareas de mantenimiento a seleccionar para determinado activo físico (Ver Anexo 3).

A partir de la presente herramienta, se obtienen las respuestas a las preguntas 5, 6 y 7 de la metodología del MCC.

### 2.3.8.1 Consecuencias de Fallas

Según Moubray (2004), las consecuencias de las fallas se dividen en cuatro grupos:

- Consecuencias de Fallas Ocultas: las fallas ocultas no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a las fallas múltiples con consecuencias serias, y posiblemente, catastróficas. (Se encuentran asociadas a sistemas de protección sin seguridad)(p. 115).
- Consecuencias Ambientales y para la Seguridad: una falla tiene como consecuencias ambientales si infringen en alguna normativa ambiental tanto corporativa, como regional, nacional, o internacional. Una falla tiene como consecuencias para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte a alguna persona (p. 98).
- Consecuencias Operacionales: una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción (cantidad, calidad, atención al cliente, o costos operacionales además de los costos directos de la reparación) (p. 107).
- Consecuencias No-Operacionales: las fallas que caen en la presente categoría no afectan a la seguridad, medio ambiente, y/o producción solo implican los costos directos de la reparación (p. 112).

### 2.3.9 Plan de Mantenimiento

Un plan de mantenimiento son un conjunto de actividades de mantenimiento programado aplicables a los activos físicos. Tiene como fundamento la elaboración del cronograma de las tareas a ejecutar, a fin de determinar los ciclos de revisión y/o sustitución para los componentes y/o elementos de los mismos, además de los recursos, con el objetivo de determinar la carga de trabajo a programar, de frecuencia de ejecución que abarca desde la quincenal a la anual, realizado por las cuadrillas de mantenimiento.

Según Moubray (2004) las actividades de mantenimiento se establecen en tareas proactivas y tareas “a falta de”(p. 133).

#### 2.3.9.1 Tareas Proactivas

Las tareas proactivas son tareas que se llevan a cabo antes que ocurra una falla, con la finalidad de predecir o prevenir que los componentes o que los elementos de determinado activo físico, lleguen a un estado de falla. Dichas tareas proactivas comprenden a los mantenimientos predictivos y preventivos, y se dividen en tres categorías: tareas a condición, tareas de reacondicionamiento cíclico y tareas de sustitución cíclica. Responde a la pregunta 6 del MCC.

##### 2.3.9.1.3 Tareas a Condición

Son actividades de mantenimiento predictivo, es decir, busca adelantarse a los sucesos de las fallas. Moubray (2004) define a las tareas a condición como aquellas que consisten en chequear las fallas potenciales, para actuar y prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional. Se llaman tareas a condición gracias a que los elementos inspeccionados siguen en servicio a condición de que continúen cumpliendo con los parámetros de funcionalidad (p. 149).

##### 2.3.9.1.1 Tareas de Reacondicionamiento Cíclico

Según Moubray (2004) “el reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento” (p. 138), es decir, consiste en restablecer las condiciones de determinado elemento o componente, a su condición original, en un periodo de tiempo establecido. La frecuencia de la tarea está determinada por la edad en la que el elemento o componente muestra determinado incremento en la probabilidad condicional de la falla. Entran en la categoría de mantenimiento preventivo.

#### 2.3.9.1.2 Tareas de Sustitución Cíclica

Según Moubray (2004) “la sustitución cíclica consiste en descartar un elemento o un componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento” (p. 139). Las tareas de sustitución cíclica buscan “sustituir” las piezas usadas por nuevas, para llevar a determinado elemento o componente, a su condición original, en un periodo de tiempo establecido. La frecuencia de la tarea, igualmente, está determinada por la edad en la que el elemento o componente muestra determinado incremento en la probabilidad condicional de la falla. Entran en la categoría de mantenimiento preventivo.

#### 2.3.9.2 Tareas “a falta de”

Las tareas “a falta de” son aquellas tareas que se llevan a cabo si no se encuentran las tareas proactivas adecuadas. Dichas tareas “a falta de” se dividen en tres categorías: búsqueda de fallas, rediseño y ningún mantenimiento programado. Responde a la pregunta 7 del MCC.

##### 2.3.9.2.1 Búsqueda de Fallas

Si no puede encontrarse una tarea productiva que reduzca el riesgo de la falla múltiple asociada con la función oculta a un nivel tolerablemente bajo, entonces se debe de realizar periódicamente una tarea de búsqueda de falla. Si no puede encontrarse una tarea de búsqueda de falla apropiada, la decisión “a falta de” entra en la posibilidad de rediseño.

##### 2.3.9.2.3 Ningún Mantenimiento Programado

Si no puede encontrarse una tarea productiva que cueste menos, en un periodo de tiempo, que una falla que tiene consecuencias operacionales, la decisión



“a falta de” inicial es no realizar mantenimiento programado. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión “a falta de” secundaria nuevamente es el rediseño).

Si no puede encontrarse una tarea productiva que cueste menos, en un periodo de tiempo, que una falla que tiene consecuencias operacionales, la decisión “a falta de” inicial es no realizar mantenimiento programado. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, y los costos elevados, entonces la decisión “a falta de” secundaria nuevamente es el rediseño).

### 2.3.9.2.2 Rediseño

Si no puede encontrarse una tarea productiva que reduzca el riesgo de la falla múltiple asociada con riesgos a la seguridad y/o medio ambiente a un nivel tolerablemente bajo, entonces, obligatoriamente, se debe de rediseñar el elemento o componente o cambiar el proceso productivo.

Los tipos de planes de mantenimiento se encuentran en la Figura 2:

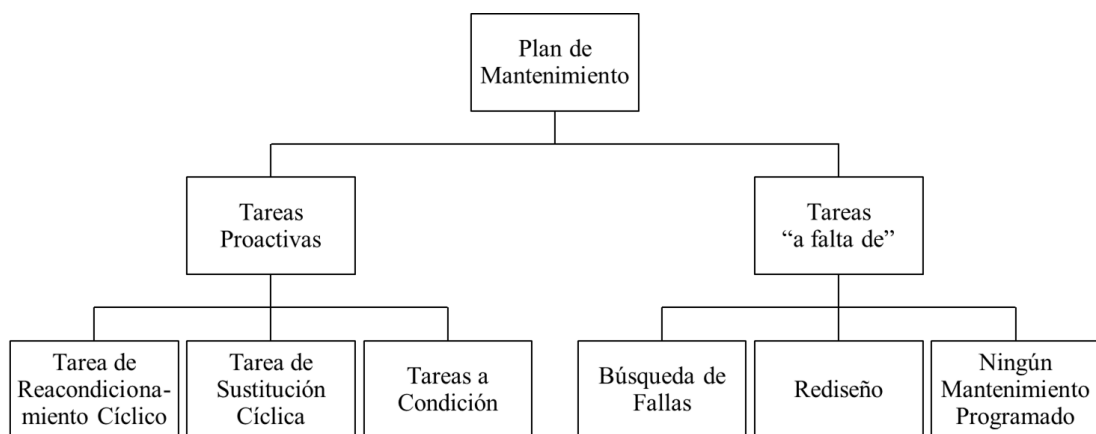


Figura 2. Tipos de planes de mantenimiento.

### 2.3.10 Análisis de Causa y Efecto (ACE)

El diagrama de causa y efecto, o diagrama de Ishikawa, llamado así gracias a su creador, es una representación gráfica que busca la relación que tiene algún efecto (problema) con las causas que originan dicho efecto.

Dicho diagrama recuerda a una espina de pescado, donde la cabeza, en el lado derecho, representa el efecto o problema a tratar, y el resto del esqueleto con sus espinas, en el lado izquierdo, representan las causas responsables que originan mencionado efecto, agrupadas de acuerdo a su similitud en ramas o en subramas (Figura 3).

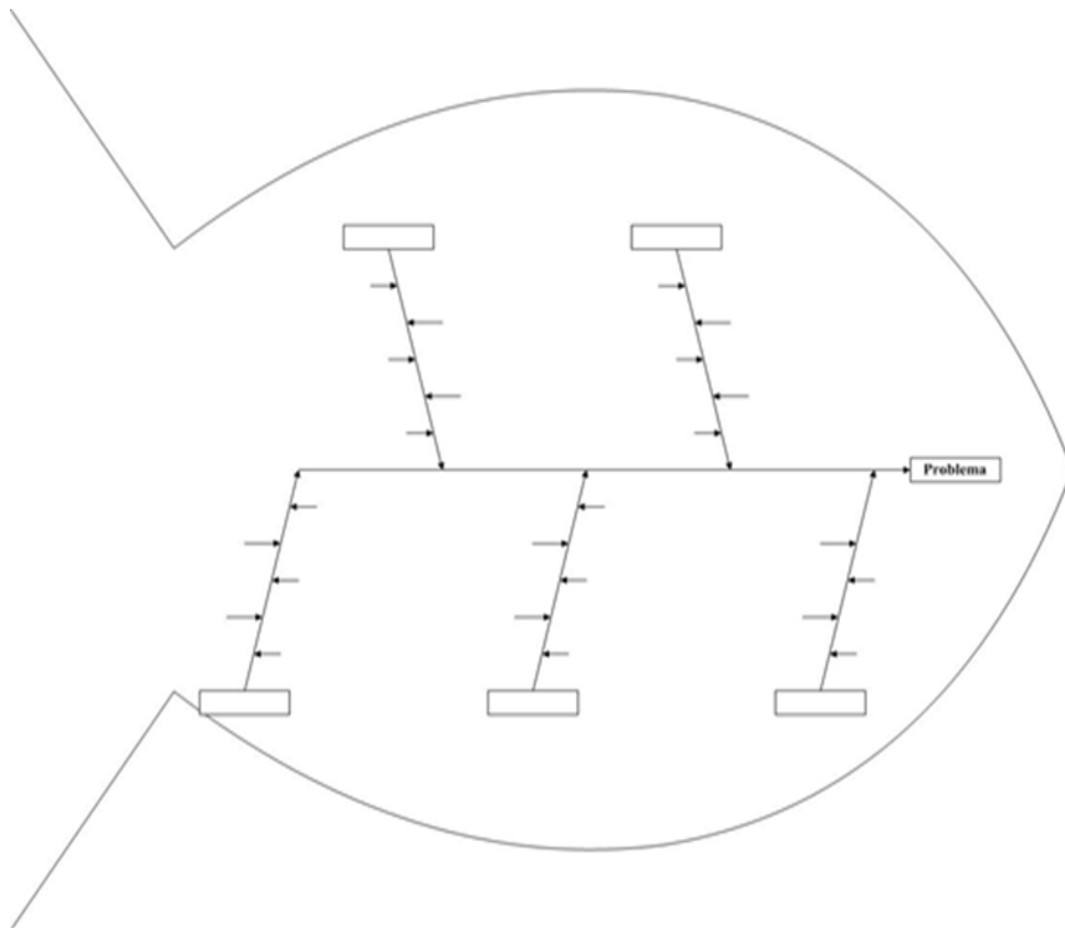


Figura 3. Diagrama de causa y efecto.

Las ramas son líneas inclinadas que llegan hasta la línea horizontal o “eje central”, dichas ramas representan un grupo de causas primarias que afectan a determinado problema y se pueden seleccionar a través del método de las “5M” para bienes o “5P” para servicios (Tabla 1). Las subramas son líneas horizontales que llegan hasta las líneas inclinadas (ramas), dichas subramas representan un subgrupo de causas secundarias (Figura 3).

Tabla 1. Método de las “5M” para bienes o “5P” para servicios.

Fuente: Fundibeq, 2015.

<b>Bienes (del inglés “5M”)</b>	<b>Servicios (del inglés “5P”)</b>
• Mano de Obra	• Personal
• Materiales	• Provisiones (Suministros)
• Métodos	• Procedimientos
• Máquinas	• Puestos
• Medio Ambiente	• (Clientes)

### 2.3.11 Análisis Funcional (AF)

El análisis funcional es una técnica utilizada para identificar las competencias inherentes a una función. Tal función puede estar definida a nivel de empresa, grupos de empresas o todo un sector de bienes o de servicios. Esta técnica no es una técnica exacta, se inicia definiéndose un propósito principal de la función, y posteriormente, se pregunta sucesivamente que funciones se tienen que llevar a cabo para que las siguientes funciones se desempeñen.

Para la elaboración de un análisis funcional, se deben de seguir ciertas reglas, la primera, es que se ejecuta de lo general a lo específico, y la segunda, es que se redacta de acuerdo a lo establecido por Moubray (2004) “la definición de una función

consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario” (p. 23).

### *Verbo + Objeto + Estándar de Funcionamiento*

El análisis funcional se representa gráficamente a través de un árbol de componentes o de un diagrama funcional de bloque.

Un árbol de componentes es una representación gráfica de un desglose de objetivos, necesarios para la visualización de determinadas metas. Se denomina “árbol de componentes” debido a su forma de árbol, donde, se empieza con la meta primaria (tronco) y las demás metas o metas secundarias (ramas) se establecen en los siguientes niveles. Dichas metas secundarias (ramas) constituyen los medios para alcanzar a la meta primaria (tronco). Un diagrama funcional de bloque es una herramienta utilizada para la descripción de las funciones de un activo físico, donde, se observan los flujos (entradas y salidas) y la interacción de dichos activos físicos con sus componentes o con otros activos físicos (Figura 4).

Según Moubray (2004) un árbol de componentes del activo físico se asemeja a una jerarquía del activo físico, donde, se establece a la empresa como tronco y a los activos físicos como ramas, dichas ramas llegan a determinado nivel de estudio (activo físico de estudio)(p. 25).

Para alcanzar los objetivos de las empresas es necesario que los activos físicos de dichas empresas cumplan con los parámetros de funcionalidad. Una jerarquía del activo físico con la correspondiente jerarquía funcional muestra los parámetros de funcionalidad de las empresas y los activos físicos (Figura 4). Un diagrama funcional de bloque muestra los parámetros de funcionalidad de las empresas y los activos físicos de determinado nivel (Figura 5).

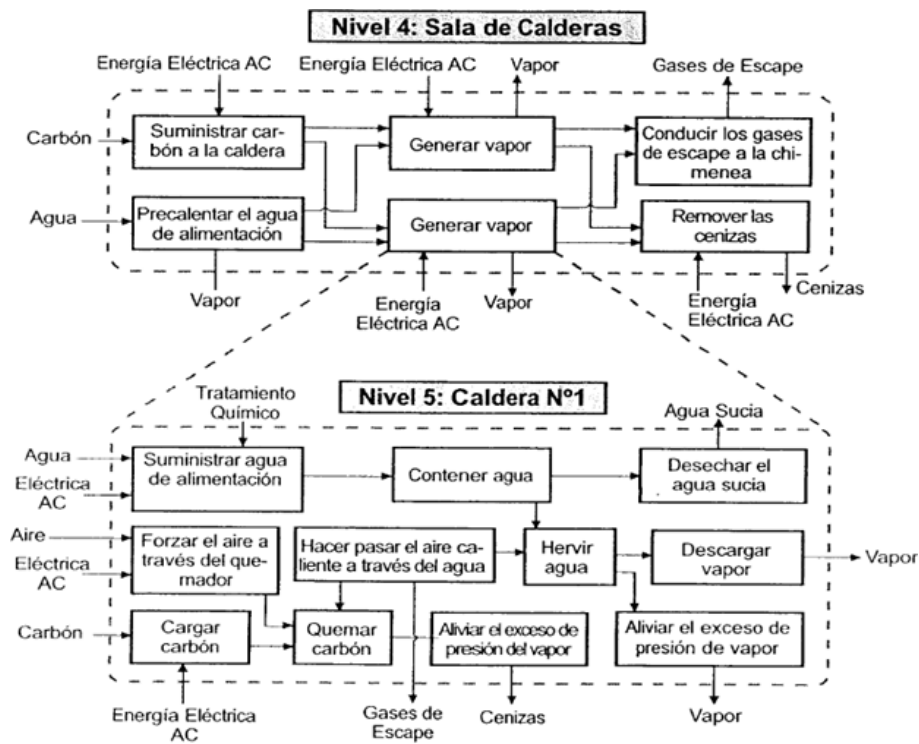


Figura 4. Diagrama de bloque.

Fuente: RCM II, 2004.

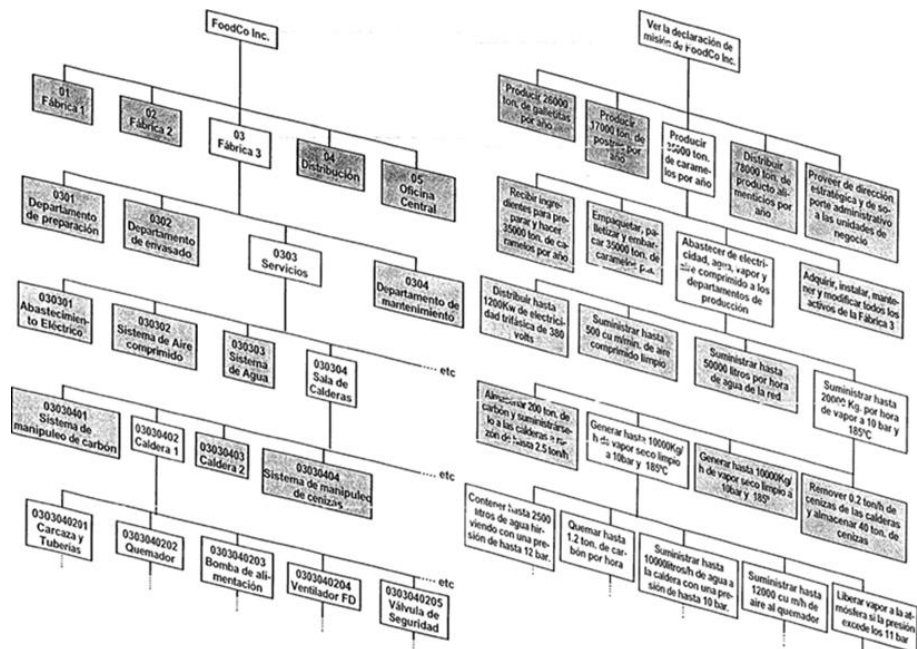


Figura 5. Jerarquía del activo y jerarquía del activo con la jerarquía funcional.

Fuente: RCM II, 2004.

### 2.3.11.1 Diagrama Entrada-Proceso-Salida (EPS)

Un diagrama entrada-proceso-salida (EPS) es una representación gráfica que permite la visualización del contexto operacional del activo físico.

Desde el punto de vista de un Enfoque Sistemático, y de acuerdo a la Teoría General de los Sistemas (TGS), en un diagramas EPS (Figura 6) se establecen a los activos físicos, desde el punto de vista holístico, como sistemas compuesto a su vez por sub-sistemas que se relacionan interna (con los sub-sistemas) y externamente (con el entorno), estas relaciones o interacciones se inician por una necesidad que alimenta a los sistemas o sub-sistemas con insumos (entradas) y que luego, tras un proceso de transformación se convierten en productos, bienes o servicios (salidas), dichas salidas pueden en determinado momento volver a alimentar los sistemas o sub-sistemas como insumos (retroalimentación). Un diagrama EPS se observa en la Figura 7.



Figura 6. Diagrama entrada-proceso-salida.

Fuente: Confiabilidad Operacional, 2014

Un diagrama EPS consta de las siguientes partes:

2.3.11.1.1 Entradas: lo que ingresa a dicho sistema (input). Se pueden clasificar en cuatro:

- **Materia Prima:** son los recursos que deben de ser transformados.
- **Servicios:** son los recursos utilizados por el proceso productivo (electricidad, agua, vapor, etc.)
- **Controles de Alarmas:** van asociados a las funciones de protección y control del sistema.
- **Desechos:** desperdicios generados por las entradas.

2.3.11.1.2 Procesos: descripción de la función a ejecutar por dicho sistema.

2.3.11.1.3 Salidas: lo que egresa de dicho sistema (output). Se pueden clasificar en cinco:

- **Productos Primarios:** productos primarios, constituyen los propósitos principales del sistema.
- **Productos Secundarios:** productos secundarios, no constituyen los propósitos principales del sistema pero son derivados de la misma.
- **Servicios:** son los recursos utilizados por el proceso productivo (electricidad, agua, vapor, etc.)
- **Controles de Alarmas:** van asociados a las funciones de protección y control del sistema.
- **Desechos:** desperdicios generados por la salidas.

2.3.11.1.4 Entorno: contexto operacional donde se establece dicho sistema.

2.3.11.1.5 Retroalimentación: salidas que egresan del sistema, e ingresan al mismo como entradas.



Figura 7. Diagrama entrada-proceso-salida desglosado.

Fuente: Confiabilidad Operacional, 2014

### 2.3 Análisis de Criticidad (AC)

El análisis de criticidad es una metodología que permite que se establezca la jerarquía de los procesos productivos y/o los activos físicos, con la finalidad de determinar las áreas prioritarias y apoyar a la toma de decisiones efectivas para direccionar los recursos a dichas áreas prioritarias.

Desde un punto de vista matemático, la criticidad, se puede llegar a expresar de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencias}$$

donde, la frecuencia representa la frecuencia de las fallas del activo físico, o la indisponibilidad, y las consecuencias representan las consecuencias o los impactos de las fallas del activo físico en la seguridad, seguridad alimentaria, calidad, producción y costos.

$$\textit{Criticidad} = \textit{Frecuencia} \times \textit{Consecuencia} \left[ \begin{array}{l} \textit{Seguridad} + \\ \textit{Seguridad Alimentaria} + \\ \textit{Calidad} + \\ \textit{Producción} + \\ \textit{Costos} \end{array} \right]$$



Para la determinación de la criticidad, se le asigna a la frecuencia un valor de una escala del 1 al 5, donde 1 significa baja frecuencia y 5 alta frecuencia, asimismo, se le asigna a cada una de las consecuencias un valor de una escala del 1 al 5, donde 1 significa baja consecuencia y 5 alta consecuencia, las últimas se suman y se multiplican por la frecuencia.

FRECUENCIA	5	25	50	75	100	125
	4	20	40	60	80	100
	3	15	30	45	60	75
	2	10	20	30	40	50
	1	5	10	15	20	25
		1	2	3	4	5
		CONSECUENCIAS				

Figura 8. Matriz de criticidad 5 x 5.

Fuente: Confiabilidad Operacional, 2014

Los resultados se presentan en la matriz de criticidad 5 x 5 (Figura 8), donde, en el eje vertical se establecen los cinco niveles de frecuencia y en el eje horizontal los cinco niveles de consecuencias, y, de acuerdo a la ponderación se especifican en las categorías de bajamente crítico (verde o esquina inferior izquierda), medianamente crítico (amarillo o línea media) y altamente crítico (rojo o esquina superior derecha).

### 2.3.13 Equipo Natural de Trabajo (ENT)

Un equipo natural de trabajo es un conjunto de personas de diferentes departamentos y con diferentes conocimientos, y formaciones académicas y/o profesionales, además de funciones, dentro de una organización, que se reúnen, en un periodo de tiempo de trabajo, con el propósito del cumplimiento de determinado objetivo.

La conformación de un equipo natural de trabajo (ENT) se encuentra en la Figura 9 e incluye a un facilitador, encargado de la metodología del MCC, a los especialistas, representados por los expertos de los departamentos involucrados, a un supervisor de mantenimiento y un supervisor de operaciones, a un mantenedor y a un operador.

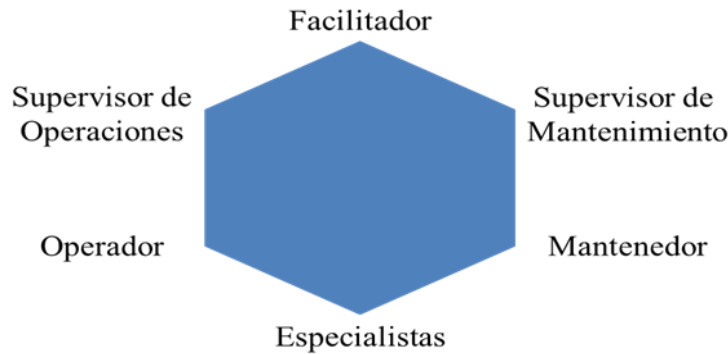


Figura 9. Esquema del equipo natural de trabajo.

Fuente: RCM II, 2004.

## 2.4 MARCO CONCEPTUAL

- 2.4.1. Activo: Término contable con el que se define a cualquiera de los recursos que posee una persona natural o una persona jurídica que tiene un valor y un flujo de caja. Son tangibles o intangibles.
- 2.4.2. Activo Físico: Término contable con el que se define a cualquiera de los recursos que posee una persona natural o una persona jurídica que tiene un valor y un flujo de caja. Son tangibles como infraestructura, vehículos, equipos, etc.
- 2.4.3. Capacidad Inicial: El nivel de operación del activo físico en el momento en el que entra en servicio.
- 2.4.4. Contexto Operacional: Las circunstancias en las que se espera que opere el activo físico.

- 2.4.5. Desempeño Deseado: El nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo físico.
- 2.4.6. Dueño: Una persona u organización que puede sufrir o acarrear la responsabilidad de las consecuencias de un modo de falla por la propiedad del activo físico.
- 2.4.7. Longevidad: Medición de exposición al esfuerzo calculada desde el momento en el que un elemento o componente entra en servicio nuevo o entra en servicio después de una tarea de signada para restaurar su capacidad inicial (reacondicionamiento cíclico).
- 2.4.8. Multidisciplinario: un conjunto de personas, con diferentes conocimientos y formaciones académicas y/o profesionales, que se reúnen, en un periodo de tiempo de trabajo, con el propósito del cumplimiento de determinado objetivo.
- 2.4.9. Proceso Productivo Línea de Empaque 1:
- 2.4.9.1 Alimentación de Producto: El proceso de la línea de empaque 1 empieza con la alimentación del cereal, dicha alimentación se realiza a través de bandas transportadoras o de carros tanques que transportan el producto del área de proceso al área de empaque y es resguardado en tolvas.
- 2.4.9.2 Pesado: Después de ello, el producto pasa de la alimentación (tolva) a la pesadora, la misma posee unas balanzas de pesaje que de forma electrónica dosifican el producto y realizan el llenado de las bolsas de acuerdo al tamaño de estuche a empacar (180g, 185g, 250g, 300g, 325g, 340g, 380g y 510g)
- 2.4.9.3 Aspirador de Finos: Un aspirador de finos retira las partículas pequeñas o polvo.
- 2.4.9.4 Embolsado: La empaquetadora (denominada embolsadora en la planta con la finalidad de diferenciarla del resto de las empaquetadoras) forman, llenan y sellan las bolsas con el producto de forma automática, luego realiza el sellado superior e inferior de la bolsa a

través de unas mordazas (empacado del producto en contenedores primarios).

2.4.9.5 Detección de Metales: Después las bolsas pasan a través de un detector de metales, punto crítico de control (PCC) que descarta las bolsas de producto con partículas metálicas ferrosas o no ferrosas de 1,5 y 2 mm que se insertan accidentalmente en el proceso productivo del empaque. Las bolsas rechazadas son empujadas a una caja de bolsas rechazadas, a través de la acción de un cilindro neumático.

2.4.9.6 Encartonado: Después las bolsas llenas van a la encartonadora, las mismas son transportadas por un sistema de cangilones horizontal, luego un sistema de toma estuches, toma a los mismo depositados en el magazine (o porta estuche) de forma plana a través de un brazo mecánico y los coloca en los rieles de la encartonadora en donde un sistema de sopladores le da a los estuches la forma de estuche y un sistema de confiadores les da a las bolsa llenas la forma de estuche, un sistema de empujadores las introduce en los mismos y un sistema de pateadores de orejas cierra las solapas superior e inferior, previamente engomadas gracias a un dosificador de pega (empacado del producto en contenedores secundarios). (Ver Anexo 2).

2.4.9.7 Chequeo de Peso: Luego los estuches pasan a través de un chequeador de peso, que descarta a aquellos que no se encuentren en el rango del peso. Los estuches rechazados son empujados a una caja de estuches rechazados, a través de la acción de un cilindro neumático.

2.4.9.8 Codificado de Estuches: Posteriormente se lleva a cabo el codificado de estuches, primero un sensor de posición determina la presencia de estuches y manda una señal para imprimir, en él se graba en la parte superior la fecha de vencimiento, la hora y el número de la línea de empaque.

2.4.9.9 Formado de Corrugado: Seguido se realiza el formado del corrugado, procedimiento en el que se introducen los estuches en las cajas de

cartón corrugado con la ayuda del operador (empacado del producto en contenedores secundarios).

2.4.9.10 Encintado de Corrugado: Seguido se sellan las solapas superior e inferior de las cajas de cartón corrugado a través de una maquina encintadora con la colocación de cinta adhesiva.

2.4.9.11 Codificado de Corrugado: Posteriormente se lleva a cabo el codificado de corrugado, primero un sensor de posición determina la presencia de estuches y manda una señal para imprimir, en él se graba en la parte lateral la fecha de vencimiento, la hora y el número de la línea de empaque.

2.4.9.12 Paletizado: Por último se paletiza las cajas de cartón corrugado de forma manual.

2.4.9.13 Traslado a Almacén de Producto Terminado: Las cajas de cartón corrugado son trasladadas a almacén de producto terminado. (Ver Anexo 1).

2.4.10. Reacondicionamiento Cíclico: Una tarea que restaura la capacidad inicial de operación de un elemento o un componente a una edad determinada (o antes de la misma) sin importar el estado en el que se encuentre en ese momento.

2.4.11. Sustitución Cíclica: Una tarea que descarta de operación un elemento o un componente a una edad determinada (o antes de la misma) sin importar el estado en el que se encuentre en ese momento.

2.4.12. Usuario: Una persona u organización que puede sufrir o acarrear la responsabilidad de las consecuencias de un modo de falla.

2.4.13. Vida Útil: El periodo de tiempo en el que un activo físico cumple un objetivo determinado de trabajo, bajo un costo aceptado por la organización.

## 2.5 BASES LEGALES

El Artículo 127, del Capítulo IX de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999), referente a los derechos ambientales señala:

Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y grupal a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado... (p. 20)

El citado Artículo 127 es relevante para este trabajo de grado gracias a que con la elaboración del PM se espera minimizar los riesgos que ocasionen daños al personal, al lugar de trabajo o al medio ambiente.

La norma venezolana COVENIN 3049-93 (1993), elabora el marco conceptual de la función de mantenimiento con la finalidad de tender a la unificación de principios básicos y criterios de dicha función de mantenimiento.

La norma venezolana COVENIN 2500-93 (1993), presenta un método cuantitativo para la evaluación de sistemas de mantenimiento en la industria.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 TIPO DE ESTUDIO**

El presente trabajo de grado, tuvo como objetivo la elaboración de un nuevo Plan de Mantenimiento basado en la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad a la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la Empresa Alimentos Kellogg S.A., es por esto, que el nivel de la investigación se estableció como descriptivo y explicativo, y el diseño de la investigación se enmarcó en la modalidad de proyecto factible, apoyado en la investigación de campo y documental, o investigación mixta, de tipo no experimental transeccional.

De acuerdo a Arias (2006) la investigación descriptiva se fundamenta en la caracterización de los hechos, fenómenos, individuos o grupos con la finalidad de establecer la estructura o comportamiento de los mismos (p. 24), dicha caracterización, se realizó a la hora del diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento y en el momento de la elaboración del análisis funcional y del análisis de criticidad. De la misma forma, la investigación se estableció como explicativa;, de acuerdo al mismo autor, la investigación explicativa busca los porqués de los hechos a través de relaciones causa-efecto, estas relaciones causa-efecto se realizaron para la elaboración del análisis de modos y efectos de fallas, en el que se definieron las causas y los efectos de las fallas que afectan a la disponibilidad del activo físico, para luego, elaborarse el plan de mantenimiento.

Después de establecer el tipo de investigación de acuerdo a su nivel, se debe de establecer el tipo de investigación de acuerdo a su diseño, según Arias (2006) “el

diseño de la investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado”(p. 26).

El estudio fue enmarcado en una investigación de campo gracias a que se desarrolló en el contexto operacional de la empresa Alimentos Kellogg S.A., Arias (2006) la define de la siguiente manera “es aquella que consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna” (p. 31). El autor también señala que se utilizan datos secundarios, principalmente, los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elaborará el marco teórico, sin embargo, son los datos primarios los obtenidos a través de una investigación de campo, los necesarios para la elaboración de la tesis.

Tamayo (2003) define a una investigación documental “cuando recurrimos a la utilización de datos secundarios, es decir, aquellos que han sido obtenidos por otros y nos llegan elaborados y procesados de acuerdo a los fines de quienes inicialmente los elaboraron” (p. 109).

Asimismo, la investigación se estableció como un Proyecto Factible, El Manual de Trabajos de Grado de la UPEL (2006), señala que se basa “en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales” (p. 12). Igualmente, el proyecto debe de tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades, como es el caso de este trabajo.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2006) una investigación no experimental es la que se elabora sin la manipulación deliberada de los datos (p. 15). De acuerdo con lo mencionado anteriormente, la presente investigación proyecto fue no experimental, debido a la ausencia de la manipulación de los datos gracias a que



los activos físicos se observaron en su contexto operacional, y se estableció como transeccional gracias a que la investigación ocupó en conjunto un lapso corto de desarrollo, comprendido de los meses enero a junio del año 2014.

### 3.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

Hernández, Fernández y Baptista (2006) definen a la unidad de estudio o de análisis como “aquella que se examina, es decir, en la que se busca la información, su naturaleza depende de los objetivos del estudio” (p. 55).

Es por esto que en el presente proyecto de grado la unidad de análisis comprendió a una unidad de análisis poblacional conformada por los miembros del equipo natural de trabajo (Tabla 2) y a una unidad de análisis del activo físico, conformada por la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg, gracias a que el mismo es el activo físico con los mayores tiempos de indisponibilidad.

Tabla 2. Miembros del equipo natural de trabajo.

<b>Departamento</b>	<b>Cargo</b>	<b>Cantidad</b>
Mantenimiento	Jefe	1
	Planificador de Empaque	1
	Supervisor de Empaque	1
	Mecánico de Empaque	1
	Electricista de Empaque	1
Seguridad	Supervisor	1
Seguridad Alimentaria	Supervisor	1
Calidad	Supervisor	1
Producción	Supervisor	1
	Operador del Activo Físico	1
Total		10

### 3.3 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas para la recolección de información, son aquellos procedimientos que se utilizan para la obtención de datos o de información. Después de la aplicación de una técnica para la recolección de datos es necesaria la elaboración de un medio que permita que los mismos puedan ser procesados y analizados. A dicho medio se le denomina instrumento.

Arias (2006) define a los instrumentos de recolección de datos como cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o en forma digital) que se utilizan para obtener o almacenar la información (p. 69).

Como se mencionó anteriormente, los datos, de acuerdo a la manera en la que se recogen, se pueden dividir en dos grupos, los datos o fuentes primarias y los datos o fuentes secundarias.

#### 3.3.1 Fuentes Primarias

La observación es una técnica que consiste en obtener información a través de la visualización de la realidad que queremos estudiar.

Según Arias (2006) en la observación directa participante “el investigador pasa a formar parte de la realidad de estudio” (p. 70), es decir, el investigador comparte con los investigados en su contexto, con la finalidad de conocer de forma directa la información que tienen los objetos de su propia realidad de estudio.

Para la presente investigación, se utilizó a la observación directa a la hora de visualizar a la Encartonadora Superior en su contexto operacional. Los instrumentos utilizados fueron la libreta o cuaderno de nota, la cámara fotográfica y la cámara de video.

La entrevista según Sabino (1992) consiste en una interacción entre dos personas, una de estas dos personas, el investigador o entrevistador, formula determinadas preguntas acerca del tema de investigación, mientras la otra persona, el investigado o entrevistado, proporciona verbalmente o por escrito la información solicitada (p. 122).

Según Arias (2006) en la entrevista semi-estructurada a pesar de la existencia de una guía de preguntas, el entrevistador puede realizar otras no contempladas inicialmente, esto es gracias a que una respuesta puede dar origen a una pregunta adicional (p. 74).

Se utilizó la entrevista en el momento de la recolección de la información para la elaboración del análisis funcional, del análisis de criticidad, del AMEF y del PM, dichas entrevistas se le realizaran a los supervisores, los planificadores, y jefe de mantenimiento, como a los operadores de la Encartonadora Superior. Los instrumentos utilizados son la grabadora y la cámara de video.

La encuesta es una técnica destinada a la obtención de datos de varias personas, cuyas respuestas a distintas preguntas interesan al investigador. En la encuesta escrita, a diferencia de la entrevista, se utiliza un listado de preguntas escritas que se entregan a los sujetos, a fin de obtener respuestas, igualmente, escritas. A dicho listado de preguntas o instrumento de recolección de datos se le denomina cuestionario.

Arias (2006) define a un cuestionario como la modalidad de encuesta que se lleva a cabo de forma escrita a través de un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas (p. 74). El autor también señala que “se le denomina cuestionario autoadministrado porque debe de ser llenado por el encuestado, sin intervención del encuestador”.

Para la presente investigación, se utilizó como cuestionario a la Norma Venezolana COVENIN 2500-93 “Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria” aplicado a los planificadores del departamento de mantenimiento, con el objetivo de determinar el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

### 3.3.2 Fuentes Secundarias

Sabino (1992) define a los datos secundarios como “registros escritos que proceden también de un contacto con la práctica, pero, que ya han sido recogidos, y muchas veces procesados por otros investigadores”(p. 132).

Las técnicas para la recolección de información destinadas a la obtención de datos secundarios consisten en libros, revistas, periódicos y documentos en general. Entre dichas técnicas se establecieron la ficha y el análisis de documentos como los instrumentos para la recolección de la información para la presente investigación.

Según Sabino (1992) la ficha es una unidad de registro de información. Son fichas las que se hacen en las cartulinas, pero también deben de considerarse como tales los registros que se realicen en cualquier clase de papel o en archivos específicos de los procesadores de textos de las computadoras o en bases de datos específicos para guardar dichos registros(p. 134).

## 3.4 TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Luego de la obtención de los datos, tras aplicar las técnicas e instrumentos para la recolección de la información, se debió de proceder a aplicar las técnicas e instrumentos para analizar y presentar la información, es decir, tras la recolección de los datos, los mismos se procedieron a codificar y tabular, para luego ser analizados

e interpretados, esto último es gracias a la presentación adecuada de los resultados, gracias a las herramientas de la informática para la elaboración de tablas y graficas estadísticas.

Según Hurtado (2000) el propósito del análisis es el de aplicar un conjunto de estrategias y técnicas que permitan que el investigador obtenga el conocimiento que buscaba a partir del adecuado tratamiento de los datos recogidos (p. 115). Por lo anterior, dentro de las técnicas para el análisis de la información utilizadas en la presente investigación, se encuentran el análisis cuantitativo y el análisis cualitativo.

Sabino (1992) señala que el análisis cuantitativo “se efectúa, naturalmente, con toda la información numérica resultante de la investigación”(p. 152). Luego del procesamiento de los datos, los mismos se presentaran como un conjunto de cuadros tablas y gráficas, presentados convenientemente. De acuerdo al mismo autor, el análisis cualitativo se refiere al análisis que procedemos a hacer con la información de tipo verbal, que, de modo general, se ha recogido a través de fichas (p. 154).

La técnica para la presentación de la información a utilizada fue la estadística descriptiva, a través de la elaboración de las tablas de doble entrada, en las que se especificaran las frecuencias y los porcentajes de los resultados, y de los gráficos. Para la presentación de la información, se utilizó a la computadora como instrumento de aplicación de determinados programas informáticos para la elaboración de tablas y graficas estadísticas

### 3.5 FASES METODOLÓGICAS

#### 3.5.1 Fase I: Diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

En esta primera fase se realizaron los recorridos por la planta, con la finalidad de propiciar la familiarización con los procesos productivos y sus activos físicos,

posteriormente se realizó la recopilación de la información de los archivos de la empresa como: misión, visión, objetivos, políticas, políticas de mantenimiento, etc. y la revisión de la bibliografía referente a la metodología de MCC.

Seguidamente se realizó la conformación del Equipo Natural de Trabajo, se elaboró un análisis de causa y efecto sobre la función de mantenimiento, y posteriormente se consultó la bibliografía de la Norma COVENIN 3049-93 y la Norma COVENIN 2500-93 para la elaboración del formato de evaluación de la función del mantenimiento, consecutivamente se procedieron a efectuar las entrevistas a los planificadores, supervisores, mecánicos y electricistas del departamento de mantenimiento, como también a los operadores del activo físico, con el objeto de la aplicación del formato de evaluación de la función de mantenimiento se procedieron a efectuar las entrevistas a los planificadores, por último se analizaron los resultados y se emitieron las conclusiones.

Esta fase se llevó a cabo a través de la implementación de las técnicas de recolección de la información como la observación directa, las entrevistas y los cuestionarios, y de las técnicas de análisis y presentación de los resultados como el diagrama de causa y efecto y el formato de evaluación de la función de mantenimiento, mencionados anteriormente.

### 3.5.2 Fase II: Descripción de las funciones de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1

En esta fase se realizó la revisión bibliográfica de la información relacionada con el activo físico seleccionado, en este caso en específico: los manuales de fabricantes, y, de la herramienta a utilizar, posteriormente se efectuaron las entrevistas a planificadores, supervisores, mecánicos y electricistas del departamento de mantenimiento, como también a los operadores del activo físico con el objeto de determinar el contexto operacional del mismo, primero se elaboró la

estructura arbórea, se realizó el listado y codificación de los componentes del activo físico y la elaboración de la ficha técnica, seguidamente se identificaron las fronteras, entradas y salidas, para luego proceder a la elaboración del diagrama de entrada-proceso-salida (EPS)

Por último se analizaron los resultados y se emitieron las conclusiones. Esta fase se llevó a cabo a través de la implementación de las técnicas de recolección de la información como la observación directa y las entrevistas, y de las técnicas de análisis y presentación de los resultados como el diagrama de entrada-proceso-salida.

### 3.5.3 Fase III: Clasificación de las fallas críticas de los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1

Para esta fase se realizó la revisión bibliográfica de la información relacionada con la elaboración del análisis de criticidad, luego se establecieron los parámetros de criticidad a evaluar, adecuándolos a la situación de estudio, para posteriormente elaborarse el formato de evaluación del análisis de criticidad, con las entrevistas a los involucrados en el equipo natural de trabajo, se determinaron las criticidades de los componentes del activo físico y su clasificación a través de la aplicación del formato de evaluación del análisis de criticidad, por último se analizaron los resultados y se emitieron las conclusiones. Se utilizaron como técnicas de recolección de la información la observación directa, y las entrevistas, y como técnicas de análisis y presentación de los resultados el análisis de criticidad.

### 3.5.4 Fase VI: Aplicación de un AMEF a las fallas críticas de los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la Línea de Empaque 1.

Para esta fase se utilizaron como técnicas de recolección de la información la observación directa y las entrevistas, y como técnicas de análisis y presentación de los resultados el análisis de modos y efectos de fallas. Se realizó la revisión

bibliográfica de la información relacionada con la elaboración del análisis de modos y efectos de fallas, posteriormente se elaboró el formato de evaluación del análisis de modos y efectos de fallas de acuerdo al formato de evaluación establecido por Jhon Moubray en el libro RCM II gracias a que es el propuesto por la metodología a aplicar en la presente investigación.

Luego se procedió a realizar las entrevistas a planificadores, supervisores, mecánicos y electricista del departamento de mantenimiento, como también a los operadores del activo físico y seguidamente se consultó la data histórica, se determinarán las fallas funcionales, los modos de fallas, y las consecuencias de las fallas de los componentes seleccionados en el análisis de criticidad a través de la aplicación del formato de evaluación del análisis de modos y efectos de fallas, por último se analizaron los resultados y se emitieron las conclusiones.

#### 3.5.5 Fase V: Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología de “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad”

Para esta fase se utilizaron como técnicas de recolección de la información la observación directa y las entrevistas, y como técnicas de análisis y presentación de los planes de mantenimiento basados en MCC. Se realizó la revisión bibliográfica de la información relacionada con la elaboración de planes de mantenimiento basados en MCC, posteriormente se elaboró el formato del plan de mantenimiento de acuerdo al formato del plan de mantenimiento establecido por Jhon Moubray en el libro RCM II gracias a que es el propuesto por la metodología a aplicar en la presente investigación.

Luego se procedió a realizar las entrevistas a planificadores, supervisores, mecánicos y electricistas del departamento de mantenimiento, como también a los operadores del activo físico y seguidamente se consultó la data histórica, se determinaron las actividades del plan de mantenimiento obtenidas mediante la



elaboración del análisis de modos y efectos de fallas a través de la aplicación del formato de plan de mantenimiento, por último se analizaron los resultados y se emitieron las conclusiones.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

##### 4.1.1. Conformación del Equipo Natural de Trabajo

Primeramente, se llevó a cabo la creación del Equipo Natural de Trabajo (ENT). La conformación del ENT se encuentra en la Tabla 4 y la Figura 10, e incluye a un facilitador, encargado de la metodología del MCC, a los especialistas, representados por los expertos de los departamentos involucrados de mantenimiento, seguridad, seguridad alimentaria, calidad y producción, a un supervisor de mantenimiento y un supervisor de operaciones, a un mantenedor mecánico y eléctrico y a un operador.

Tabla 4. Miembros del ENT de la empresa Alimentos Kellogg S.A.

<b>Departamento</b>	<b>Cargo</b>	<b>Nombre y Apellido</b>	<b>Cantidad</b>
Mantenimiento	Jefe	Ing. Robert Chancón	1
	Planificador de Empaque	Ing. Rafael Ocando	1
	Supervisor de Empaque	TSU Carlos Concepción	1
	Mecánico de Empaque	TSU Alexander Escalona	1
	Electricista de Empaque	TSU Douglas Mora	1
Seguridad	Supervisor	Ing. Vanessa Rodríguez	1
Seguridad Alimentaria	Supervisor	Ing. Mayorly González	1
Calidad	Supervisor	Ing. Doris Picón	1
Producción	Supervisor	Tec. Francisco Osorio	1
	Operador del Activo Físico	Tec. José Roa	1
Total			10

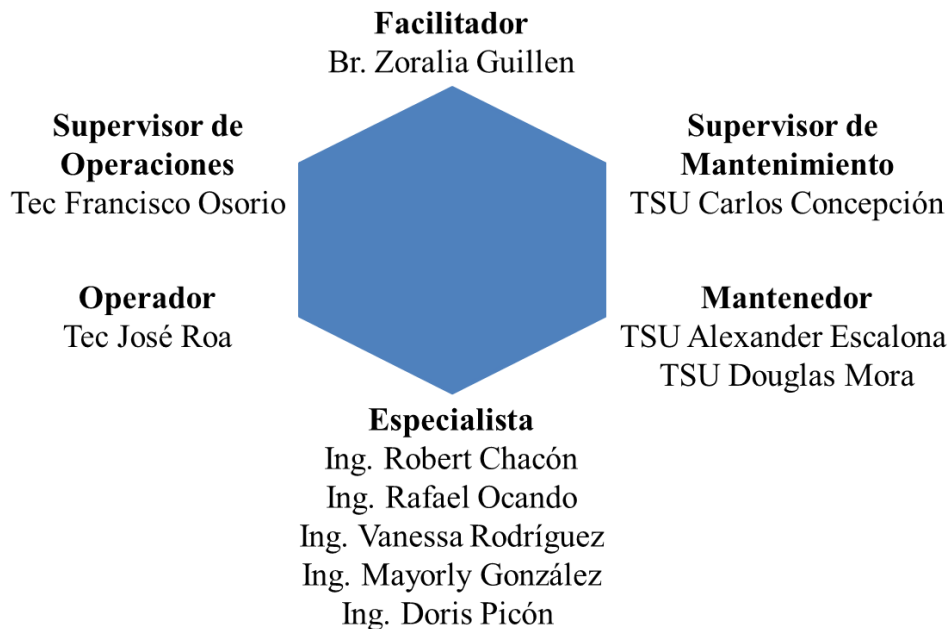


Figura 10. Esquema de los miembros del ENT de la empresa Alimentos Kellogg S.A.

#### 4.1.2. Análisis de Causa y Efecto

Para la evaluación cualitativa del diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento se aplicó el instrumento del análisis de causa y efecto, a través de entrevistas en conjunto con el planificador de mantenimiento de proceso y el planificador de mantenimiento de empaque.

La construcción del diagrama de Ishikawa inició con la identificación de las causas a través del método de las “5M” (mano de obra, máquinas, materiales, medio ambiente y métodos). Luego de la elaboración del mencionado diagrama de Ishikawa (Figura 11) se estableció la ponderación de las “5M” para la determinación de la importancia de las mismas, la ponderación de las “5M” se observa en la Tabla 4. De acuerdo a la Grafica 3, las “M” que más afectan a la situación actual de la gestión de mantenimiento de la empresa Alimentos Kellogg S.A. son Materiales, Métodos y Máquinas (en orden descendente de importancia) representando el 80% del total.

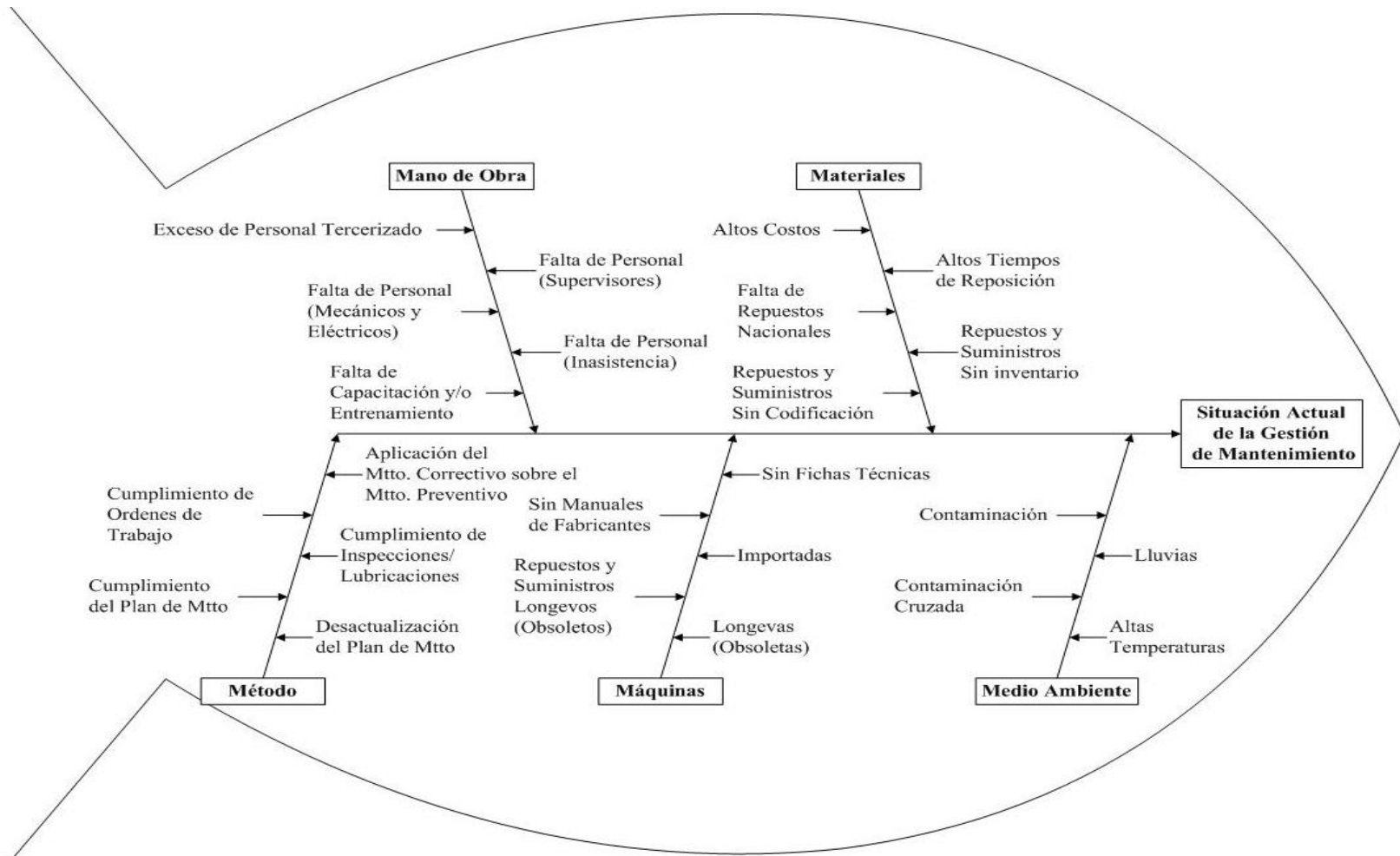


Figura 11. Diagrama de causa y efecto de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

Tabla 4. Ponderación de las “5M”.

Causas	Cuantificación de las Causas	Fi	%Fa
Métodos	40	40%	40%
Mano de Obra	20	20%	60%
Materiales	20	20%	80%
Máquinas	10	10%	90%
Medio Ambiente	10	10%	100%
TOTAL	100	100%	

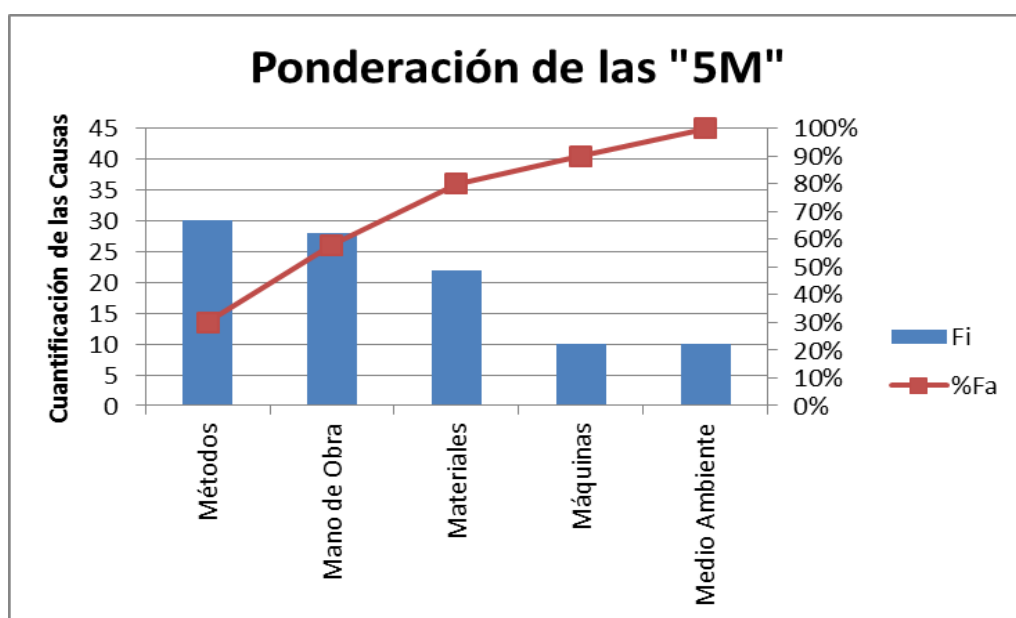


Gráfico 3. Ponderación de las “5M”.

#### 4.1.3. Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.

Para la evaluación cuantitativa del diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento se aplicó el instrumento del cuestionario de la Norma de la Comisión Venezolana de las Normas Industriales, la Norma COVENIN 2500-93, a través de entrevistas en conjunto con el planificador de mantenimiento de proceso y el planificador de mantenimiento de empaque.

Los resultados de las puntuaciones, las puntuaciones obtenidas y las puntuaciones porcentuales obtenidas de las 12 áreas evaluadas se encuentran en la Tabla 5 y 6, y la Grafica 4. Los mencionados resultados se detallan a continuación:

- I. y II. Organización de la Empresa y Organización de Mantenimiento (Pts. 73%): la organización tiene organigramas, además de descripciones de cargo, pero, no tiene mecanismos que eviten que la información errada sea detectada de forma oportuna.
- III. Planificación de Mantenimiento (Pts. 68%): se observa correlación entre los objetivos de la empresa y los objetivos de mantenimiento, pero, no se observa la existencia de inventarios de catálogos de componentes y/o elementos de los activos físico.
- IV. Mantenimiento Rutinario (Pts. 52%): se establece un programa de mantenimiento rutinario, además de sus ejecutores, sin embargo, no se cumple de acuerdo a la frecuencia estipulada gracias a que no se asignan a un día en específico.
- V. Mantenimiento Programado (Pts. 59%): al igual que en el área precedente, en el mantenimiento rutinario, se establece un programa de mantenimiento programado, además de sus ejecutores, sin embargo, no se cumple de acuerdo a la frecuencia estipulada gracias a que no se asignan a un día en específico.
- VI. Mantenimiento Circunstancial (Pts. 66%): no se tiene relación entre el departamento de producción y el departamento de mantenimiento para la coordinación de la ejecución de las actividades de mantenimiento circunstancial a pesar de encontrarse en plan.

- VII. Mantenimiento Correctivo (Pts. 82%): el área se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la Norma COVENIN 2500-93, pero, no se tiene establecido prioridades, en conjunto con el departamento de producción, para la ejecución de las actividades de mantenimiento correctivo. Es el área con la máxima puntuación.
- VIII. Mantenimiento Preventivo (Pts. 37%): se tienen fallas en la planificación y la programación del mantenimiento preventivo, debido a que las tareas se establecen en plan pero no se asignan a un día en específico y no se estipulan holguras para los ajuste de la programación.
- IX. Mantenimiento por Avería (Pts. 75%): se posee un buen sistema para la recolección de la información y el análisis del origen de las fallas, pero, se poseen debilidades en el análisis del origen de las fallas para la generación de las tareas de mantenimiento preventivo.
- X. Personal de Mantenimiento (Pts. 52%): se observan deficiencias en los mecanismos de incentivos del personal de mantenimiento, pero, se tienen supervisores y mecánicos y/o electricista formados con conocimientos en las áreas involucradas.
- XI. Apoyo Logístico (Pts. 65%): no se tiene apoyo en el desarrollo del proceso administrativo, pero, si se tiene apoyo de la organización en general.
- XII. Recursos (Pts. 32%): la organización no tiene un buen tiempo de reposición de inventarios de stocks de repuestos y suministros de mantenimiento, además de que los mismos no se encuentran en el almacén codificados. Es el área con la mínima puntuación.

Tabla 5. Herramienta para la Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.

Fuente: Norma COVENIN 2500-93, 1993.

SISTEMA DE MANTENIMIENTO  
FICHA DE EVALUACIÓN

Empresa: Alimentos Kellogg S.A. Fecha: 05/05/2015  
Evaluador: Ing. Alfredo Krain / Ing. Rafael Ocando  
Inspección N°: 1

A	B	C	D (D1+D2+...Dn)	E	F	%G														
						10	20	30	40	50	60	70	80	90	100					
ÁREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	DEMÉRITOS	TOTAL DEMÉRITOS	PTS															
I Organización de la Empresa	1. Funciones y Responsabilidades	60	(17+15+17)	49	11															
	2. Autoridad y Autonomía	40	(9+7+7+7)	30	10															
	3. Sistemas de Información	50	(10+3+3+3+7+5)	31	19															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>150</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>110</b>	<b>40</b>															
II Organización de Mantenimiento	1. Funciones y Responsabilidades	80	(12+12+15+8+7+12)	66	14															
	2. Autoridad y Autonomía	50	(12+13+9+8)	42	8															
	3. Sistemas de Información	70	(12+12+3+2+3+5)	37	33															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>200</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>145</b>	<b>55</b>															
III Planificación de Mantenimiento	1. Objetivos y Metas	70	(17+16+13+13)	59	11															
	2. Políticas para Planificación	70	(14+9+11+11)	45	25															
	3. Control y Evaluación	60	(4+9+1+2+5+5+2+3)	31	29															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>200</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>135</b>	<b>65</b>															
IV Mantenimiento Rutinario	1. Planificación	100	(2+2+3+13+8+5)	33	67															
	2. Programación e Implementación	80	(12+7+3+6+3+8+8+4)	51	29															
	3. Control y Evaluación	70	(1+10+4+7+4+4+16)	46	24															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>130</b>	<b>120</b>															
V Mantenimiento Programado	1. Planificación	100	(11+10+8+12+4+4+4)	53	47															
	2. Programación e Implementación	80	(18+4+3+8+6+15)	54	26															
	3. Control y Evaluación	70	(15+5+2+4+2+3+10)	41	29															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>148</b>	<b>102</b>															
VI Mantenimiento Circunstancial	1. Planificación	100	(18+17+5+16+2)	58	42															
	2. Programación e Implementación	80	(15+17+12+13+9)	66	14															
	3. Control y Evaluación	70	(9+8+7+8+10)	42	28															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>166</b>	<b>84</b>															
VII Mantenimiento Correctivo	1. Planificación	100	(29+29+12+19)	89	11															
	2. Programación e Implementación	80	(12+15+13+17)	57	23															
	3. Control y Evaluación	70	(14+12+16+16)	58	12															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>204</b>	<b>46</b>															
VIII Mantenimiento Preventivo	1. Determinación de Parámetros	80	(17+14+14+9+7)	61	19															
	2. Planificación	40	(13+4)	17	23															
	3. Programación e Implementación	70	(5+11+6+8+7)	37	33															
	4. Control y Evaluación	60	(14+9+5+11)	39	21															
<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>93</b>	<b>157</b>																
IX Mantenimiento por Avería	1. Atención a las Fallas	100	(18+19+6+3+13+13)	72	28															
	2. Supervisión y Ejecución	80	(16+7+6+7+3+5+4+8)	56	24															
	3. Información sobre las Averías	70	(18+9+17+16)	60	10															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>250</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>188</b>	<b>62</b>															
X Personal de Mantenimiento	1. Cuantificación de las Necesidades de Personal	70	(17+16+4)	37	33															
	2. Selección y Formación	80	(9+7+6+8+9+4+9+7)	59	21															
	3. Motivación e Incentivos	50	(2+2+0+4)	8	42															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>200</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>104</b>	<b>96</b>															
XI Apoyo Logístico	1. Apoyo Administrativo	40	(5+7+3+1+1)	17	23															
	2. Apoyo Gerencial	40	(9+9+10+3+1)	32	8															
	3. Apoyo General	20	(7+9)	16	4															
	<b>Total Obtenido</b>	<b>100</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>65</b>	<b>35</b>															
XII Recursos	1. Equipos	30	(4+4+1+1+3+2)	15	15															
	2. Herramientas	30	(8+3+3+3+2)	19	11															
	3. Instrumentos	30	(4+4+2+4+4+2)	20	10															
	4. Materiales	30	2+2+2+2+2+1+0+1+1+1	14	16															
	5. Repuestos	30	2+2+2+1+1+2+0+1+1+2	14	16															
<b>Total Obtenido</b>	<b>150</b>	<b>Total Obtenido</b>	<b>48</b>	<b>102</b>																
		<b>2500</b>		<b>1536</b>																

PUNTUACIÓN PORCENTUAL GLOBAL 61%



Tabla 6. Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.

N°	ÁREA	PTS	PTS OBT	%
I	Organización de la Empresa	150	110	73%
II	Organización de Mantenimiento	200	145	73%
III	Planificación de Mantenimiento	200	135	68%
IV	Mantenimiento Rutinario	250	130	52%
V	Mantenimiento Programado	250	148	59%
VI	Mantenimiento Circunstancial	250	166	66%
VII	Mantenimiento Correctivo	250	204	82%
IIV	Mantenimiento Preventivo	250	93	37%
IV	Mantenimiento por Avería	250	188	75%
X	Personal de Mantenimiento	200	104	52%
XI	Apoyo Logístico	100	65	65%
XII	Recursos	150	48	32%
Total		2500	1536	61%

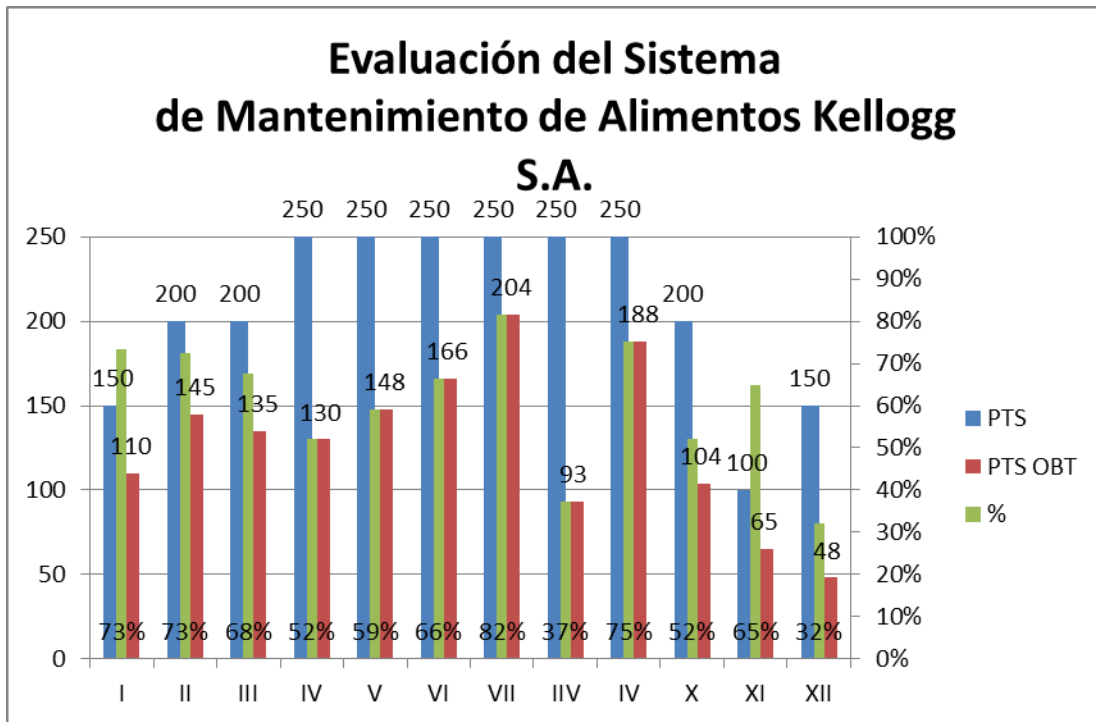


Gráfico 4. Evaluación del Sistema de Mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.

## 4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES

### 4.2.1 Estructura Arbórea

Con el objetivo del conocimiento del contexto operacional de los activos físicos involucrados en el presente estudio se estableció la elaboración de la jerarquía de la Encartonadora Superior, la jerarquía de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional, el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior y el diagrama de entrada - proceso - salida.

La construcción de la jerarquía de la Encartonadora Superior (Figura 12) y la jerarquía de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional (Figura 13) inició con la elaboración de la estructura arbórea de la organización, donde, se establece a la empresa Alimentos Kellogg S.A. como tronco y a los otros niveles como ramas, dichas ramas llegan a determinado nivel de estudio o nivel de estudio del activo físico, para los efectos del trabajo el nivel de estudio del activo físico comprenderá a los componentes de la Encartonadora Superior.

La diferencia entre la jerarquía de la Encartonadora Superior y la jerarquía de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional, es necesariamente, las descripciones de las funciones primarias de la estructura arbórea de la organización, la primera, permite visualizar la relación de los activos físicos, y la segunda, permite visualizar la relación de los activos físicos y las funciones primarias de los mismos.

En la figura 14 y figura 15, se encuentra el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior, y el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior con fotografías. En un diagrama funcional de bloque se observa el flujograma del proceso en el nivel de estudio del activo físico.

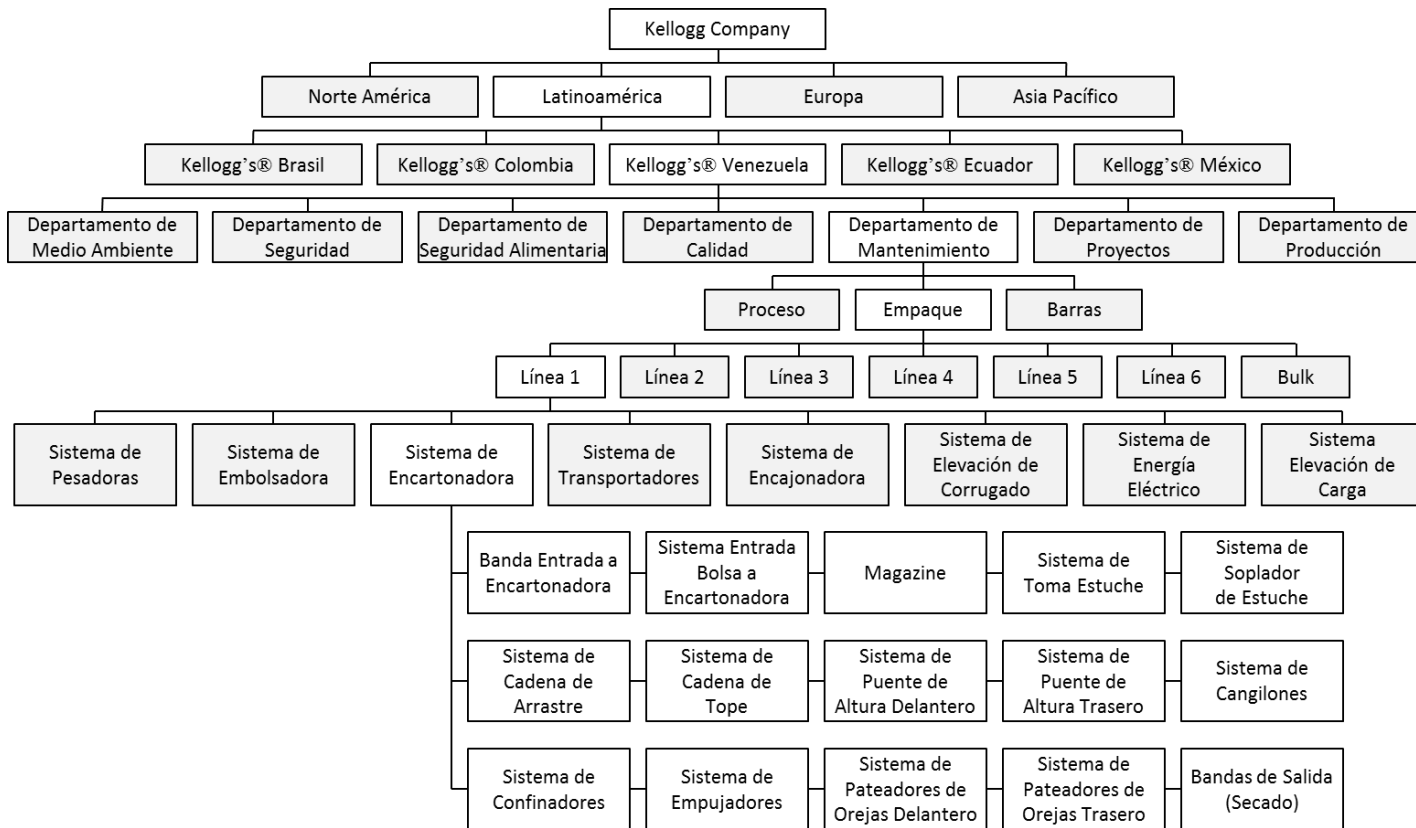


Figura 12. Jerarquía de la Encartonadora Superior.

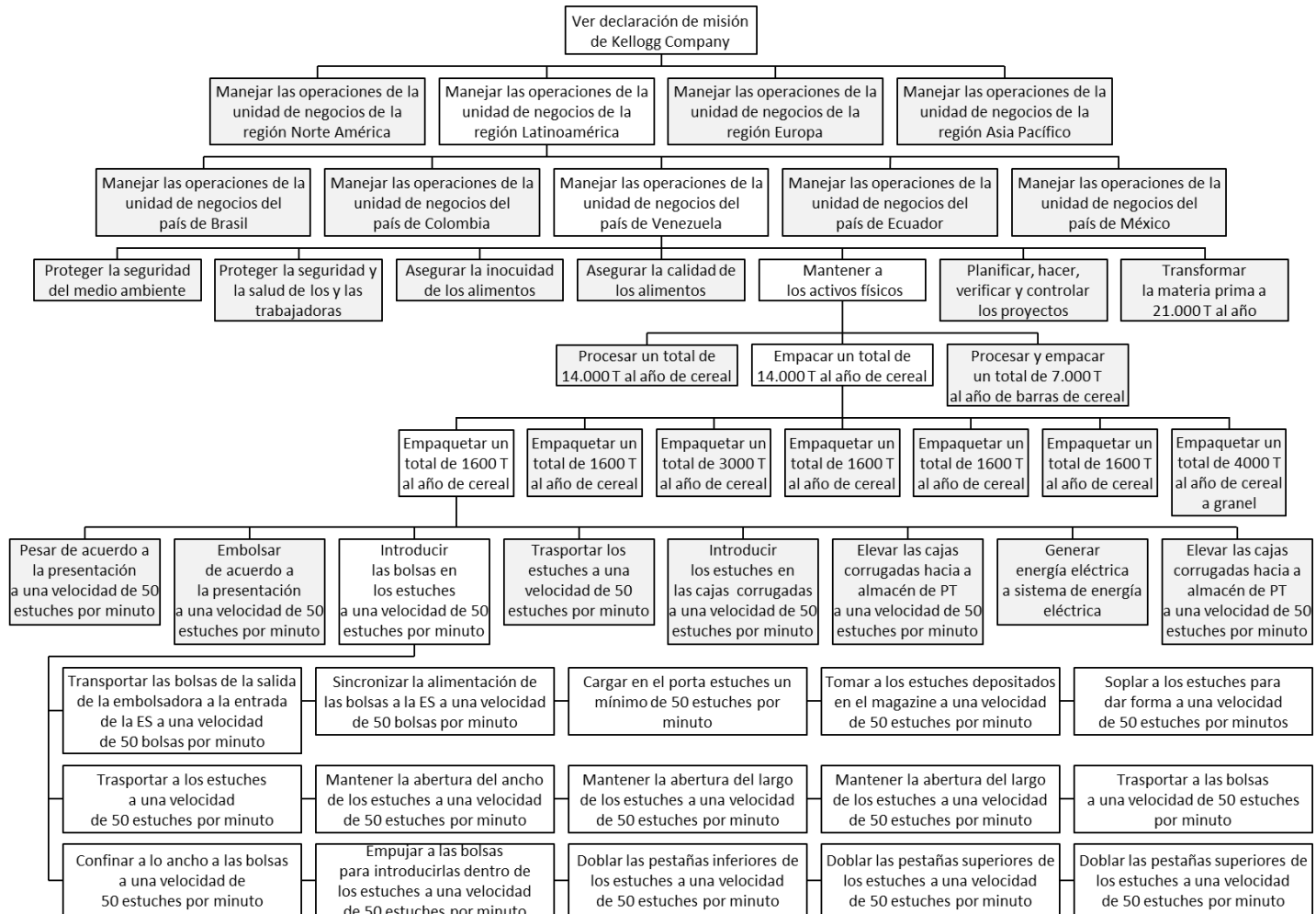


Figura 13. Jerarquía de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional.

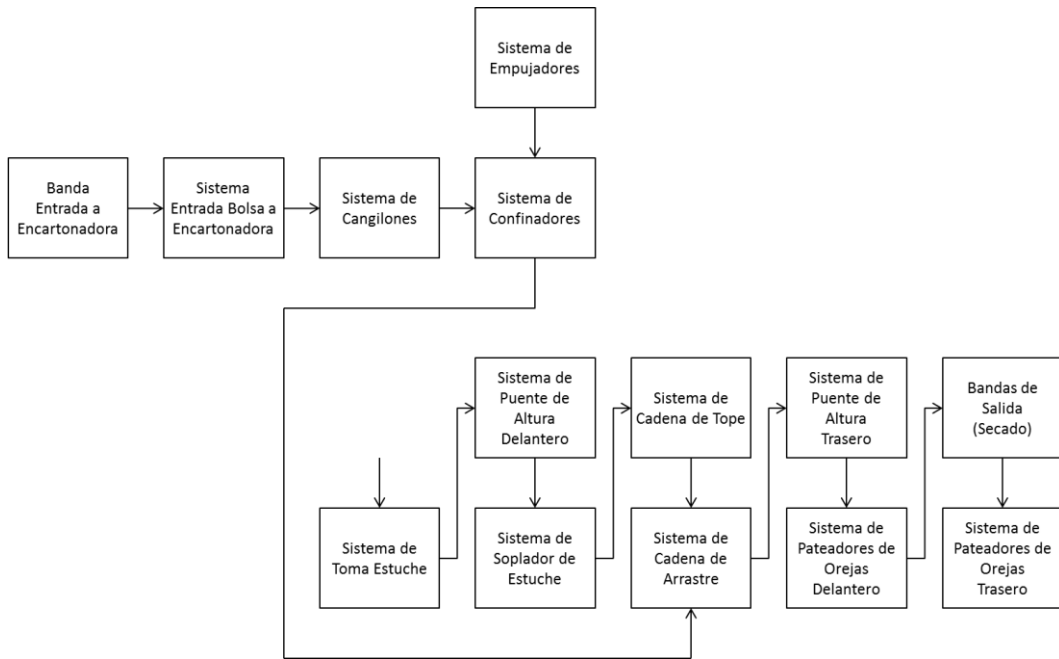


Figura 14. Diagrama de bloque de la Encartonadora Superior.

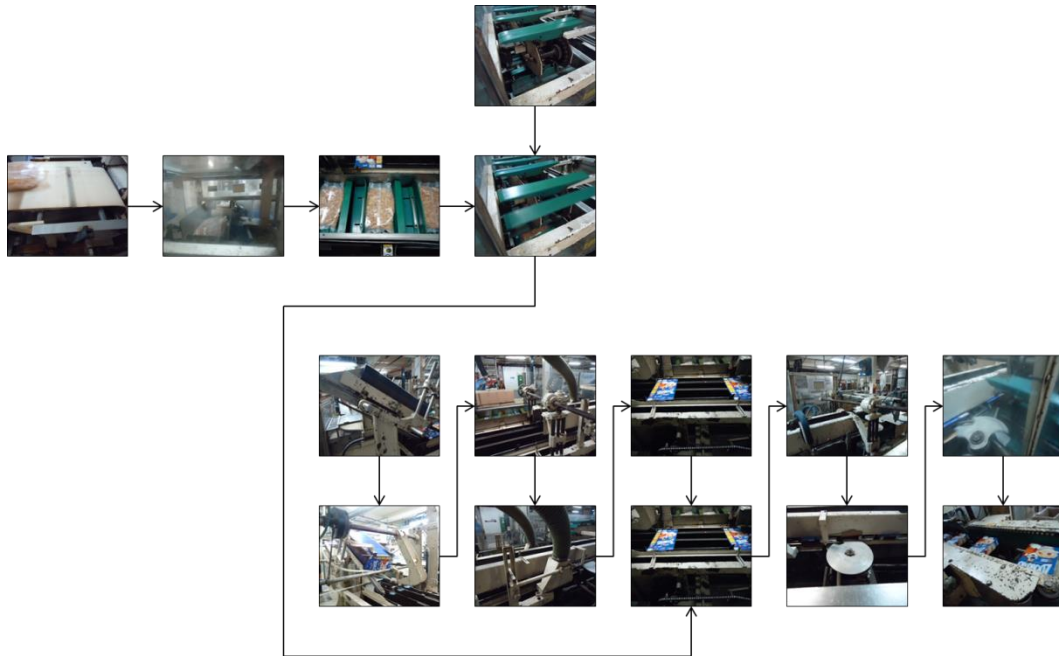


Figura 15. Diagrama de bloque de la Encartonadora Superior con fotografías.

#### 4.2.2 Listado y Codificación

Luego de identificados los diferentes niveles de estudio del activo físico se estableció un listado y una codificación para los componentes de la Encartonadora Superior para el software del sistema SAP (Figura 16). En la figura 17 se observa la Leyenda de Colores aplicada a la creación de la estructura arbórea.

The screenshot shows the SAP 'Functional Location Structure: Structure List' interface. The main table displays a hierarchical structure of functional locations. The root node is '0388 Maracay Plant KLVZ'. Underneath, there are several levels of sub-nodes, including '0388-MTTO MANTENIMIENTO A PLANTA' and '10095621 ENCARTONADORA (SUPERIOR)'. The table columns include 'Functional loc.', 'Description', 'Material', 'Plant', 'PM\_MTTT', and 'Quantity'. The '10095621' node is expanded, showing a list of 20 sub-components with their respective descriptions and quantities.

Functional loc.	Description	Material	Plant	PM_MTTT	Quantity
0388	Maracay Plant KLVZ				
0388-MTTO	MANTENIMIENTO A PLANTA				
0388-MTTO-BULKS1	LINEA EMPAQUE BULK				
0388-MTTO-BASICA	LINEA BASICA				
0388-MTTO-CANAIM	LINEA CANAIMA				
0388-MTTO-EXTRUS	LINEA EXTRUSOR DX				
0388-MTTO-CUBIER	LINEA DE CUBIERTA				
0388-MTTO-LINEA1	LINEA EMPAQUE 1				
0388-MTTO-LINEA1-PESADORAS	SISTEMA DE PESADORAS				
0388-MTTO-LINEA1-EMBOLSADORA	SISTEMA DE EMBOLSADORA				
0388-MTTO-LINEA1-ENCARTONADORA	SISTEMA DE ENCARTONADORA				
10095621	ENCARTONADORA (SUPERIOR)				
2400000000125460	88 BANDA ENTRADA A ENCARTONADORA	I			1.000 EA
2400000000125461	88 SISTEMA ENTRADA BOLSA A ENCARTONADORA	I			1.000 EA
2400000000125462	88 MAGAZINE (PORTA ESTUCHE)	I			1.000 EA
2400000000125463	88 SISTEMA TOMA ESTUCHE	I			1.000 EA
2400000000125464	88 SISTEMA SOPLADOR DE ESTUCHE	I			1.000 EA
2400000000125465	88 SISTEMA CADENA DE ARRASTRE	I			1.000 EA
2400000000125466	88 SISTEMA CADENA DE TOPE	I			1.000 EA
2400000000125467	88 SISTEMA PUENTE DE ALTURA DELANTERO	I			1.000 EA
2400000000125468	88 SISTEMA PUENTE DE ALTURA TRASERO	I			1.000 EA
2400000000125469	88 SISTEMA DE CANGILONES	I			1.000 EA
2400000000125470	88 SISTEMA DE CONFINADORES	I			1.000 EA
2400000000125471	88 SISTEMA DE EMPUJADORES	I			1.000 EA
2400000000125472	88 SISTEMA PATEADORES OREJAS DELANTERO	I			1.000 EA
2400000000125473	88 SISTEMA PATEADORES OREJAS TRASERO	I			1.000 EA
2400000000125474	88 BANDAS DE SALIDAS (BANDA DE SECADO)	I			1.000 EA
2400000000125376	88 MOTOR PRINCIPAL	I			1.000 EA
2400000000125475	88 CAJA REDUCTORA PRINCIPAL	I			1.000 EA
2400000000125476	88 CAJAS TRANSMISIÓN PRINCIPALES	I			1.000 EA
2400000000125477	88 CAJAS TRANSMISIÓN - BARREDOR	I			1.000 EA
2400000000125478	88 CAJAS TRANSM - BANDA DE SECADO	I			1.000 EA
2400000000125479	88 SISTEMA ELECTRICO PRINCIPAL	I			1.000 EA
2400000000125480	88 SISTEMA NEUMATICO PRINCIPAL	I			1.000 EA
2400000000125481	88 GUARDAS - PROTECCIONES - MICROS	I			1.000 EA
2400000000125415	88 ESTRUCTURA DEL EQUIPO	I			1.000 EA

Figura 16. Listado y codificación de los componentes de la Encartonadora Superior.



Figura 17. Leyenda de colores.

Fuente: Sistema SAP.

#### 4.2.3 Ficha Técnica

Luego de la revisión bibliográfica de la información relacionada con la Encartonadora Superior, en este caso en específico: los manuales de fabricantes, y las entrevistas efectuadas a planificadores, supervisores, mecánicos y electricista del departamento de mantenimiento, como también a los operadores de la Encartonadora Superior, se elaboró la ficha técnica de la Encartonadora Superior (Figura 19). En la Figura 18 se observa la ficha técnica de la Encartonadora Superior del sistema de mantenimiento MP2.

Descripción: {L1-09} ENCARTONADORA 60 G/MIN SUPERIOR 30	
Localización: \ PLANTA SUR, CEREALES\ PLANTA SUR, EMPAQUE DE CEREALES.	
Datos Generales	Campos Personalizados   Proveedor   Notas   Imágenes   Archivos Adjuntos
Producto: <b>ENCARTONADORA</b>	Capacidad: <b>60 G/MIN</b>
Marca: <b>SUPERIOR</b>	Modelo: <b>30</b>
Identificador, Serie, Placas: <b>30/512</b>	Otro 1:
Otro 2:	Código: <b>L1-09</b>
Prioridad: <b>Alta</b>	Clasificación 1: <b>LINEA 1</b>
Tipo de Equipo: <b>ENCARTONADORA.</b>	Clasificación 2:
Equipo Padre:	
Centro de Costo: <b>3600055 L1</b>	<b>Family Line 1</b>
Total 4 Registros	

Figura 18. Ficha técnica de la Encartonadora Superior del sistema MP2.

Fuente: Sistema MP2, 2015.


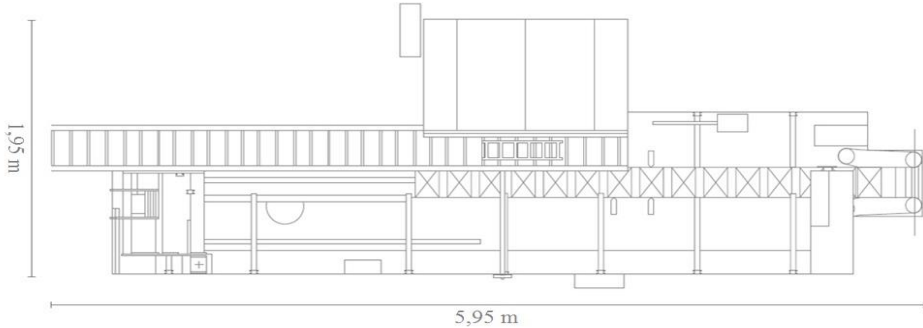

		Alimentos Kellogg S.A. FICHA TÉCNICA		Código	
1	4	1	01	06	2015
Hoja N°	De N°	N°	Día	Mes	Año
					
Descripción del Equipo			Dimensiones		
Nombre del Equipo:	Encartonadora Superior		Largo:	5,95 m	
Proveedor:	SuperiorPackagingEquipmentCorp		Ancho:	1,95 m	
Dirección:	625 GothamPkwy, Carlstadt, NJ 07072		Alto:	2 m	
País:	USA				
Teléfono:	(201) 438-4500				
Dirección web:	<a href="http://www.superiorpack.com">www.superiorpack.com</a>				
Marca:	Superior				
Modelo:	30				
Serial:	30/512				
Código SAP:	10095621				
Código MP:	L1-09				
Fecha de Compra:	1974				
N° Activo Físico:	P01251				
Velocidad Máxima:	60 estuches por minuto		<b>Descripción del Activo Físico</b> Trabaja a partir de estuches plegados. Lleva a cabo automáticamente los procedimientos de apertura, cierre de la parte inferior, llenado, cierre de la parte superior, encolado y secado de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto.		
Velocidad Mínima:	40 estuches por minuto				
Energía:	3/60/230V				
Sistema de Lubricación:	Lincoln				
Sistema de Pega:	Nordson 2303		<b>Función del Activo Físico</b>		
Centro de Costos:	3600055		Introducir las bolsas en los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto.		

Figura 19. Ficha técnica de la Encartonadora Superior.



Figura 19. (cont.).










		Alimentos Kellogg S.A. FICHA TÉCNICA		Código	
2	4	1	01	06	2015
Hoja N°	De N°	N°	Día	Mes	Año
<b>Sub Equipo</b>					
Banda Entrada a Encartonadora					
<b>Función</b>					
Transportar las bolsas de la salida de la embolsadora a la entrada de la ES a una velocidad de 50 bolsas por minuto					
<b>Código SAP</b>					
2400000000125460					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Entrada Bolsa a Encartonadora					
<b>Función</b>					
Sincronizar la alimentación de las bolsas a la ES a una velocidad de 50 bolsas por minuto					
<b>Código SAP</b>					
2400000000125461					
<b>Sub Equipo</b>					
Magazine (Porta Estuche)					
<b>Función</b>					
Cargar en el porta estuches un mínimo de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b>					
2400000000125462					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Toma Estuche					
<b>Función</b>					
Tomar a los estuches depositados en el magazine a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b>					
2400000000125463					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Soplador de Estuche					
<b>Función</b>					
Soplar a los estuches para dar forma a una velocidad de 50 estuches por minutos					
<b>Código SAP</b>					
2400000000125464					

Figura 19. (cont.).



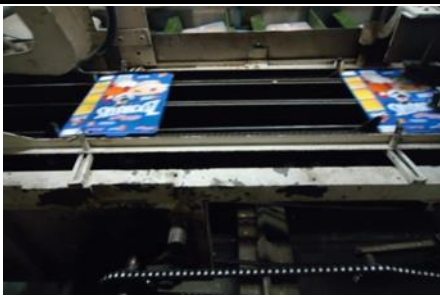






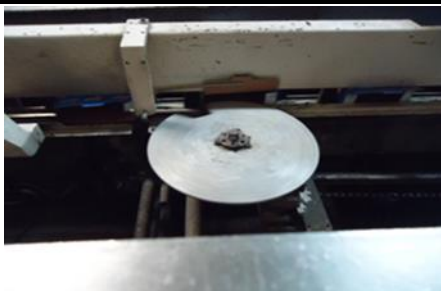


		Alimentos Kellogg S.A. FICHA TÉCNICA		Código	
3	4	1	01	06	2015
Hoja N°	De N°	N°	Día	Mes	Año
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Cadena de Arrastre					
<b>Función</b>					
Transportar a los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125465					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Cadena de Tope					
<b>Función</b>					
Mantener la abertura del ancho de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125466					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Puente de Altura Delantero					
<b>Función</b>					
Mantener la abertura del largo de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125467					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Puente de Altura Trasero					
<b>Función</b>					
Mantener la abertura del largo de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125468					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema de Cangilones					
<b>Función</b>					
Transportar a las bolsas a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125469					

Figura 19. (cont.).

		Alimentos Kellogg S.A. FICHA TÉCNICA		Código	
5	4	1	01	06	2015
Hoja N°	De N°	N°	Día	Mes	Año
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema de Confinadores					
<b>Función</b>					
Confinar a lo ancho a las bolsas a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125470					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema de Empujadores					
<b>Función</b>					
Empujar a las bolsas para introducirlas dentro de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125471					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Pateadores Oreja Delantero					
<b>Función</b>					
Doblar las pestañas inferiores de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125472					
<b>Sub Equipo</b>					
Sistema Pateadores Oreja Trasero					
<b>Función</b>					
Doblar las pestañas superiores de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125473					
<b>Sub Equipo</b>					
Bandas de Salida					
<b>Función</b>					
Mantener las solapas de los estuches cerradas a una velocidad de 50 estuches por minuto					
<b>Código SAP</b> 2400000000125474					

#### 4.2.4 Diagrama de Entrada-Proceso-Salida (EPS)

En la Figura 20 se encuentra el diagrama de Entrada - Proceso - Salida. En un diagrama de entrada – proceso – salida se observa las entradas, los procesos y las salidas en el nivel de estudio del activo físico (los componentes de la Encartonadora Superior).

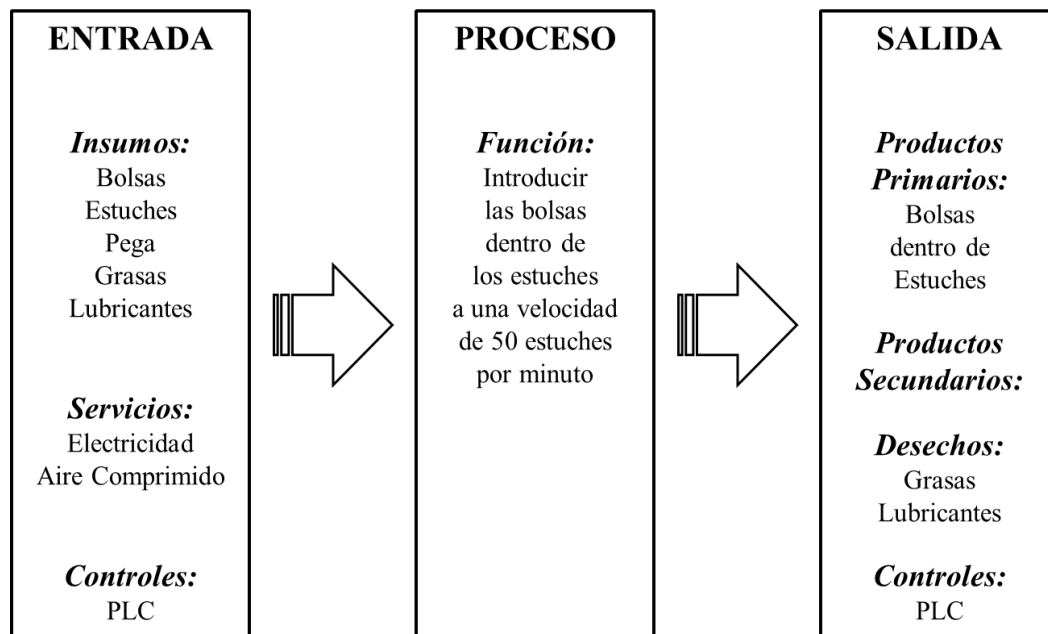
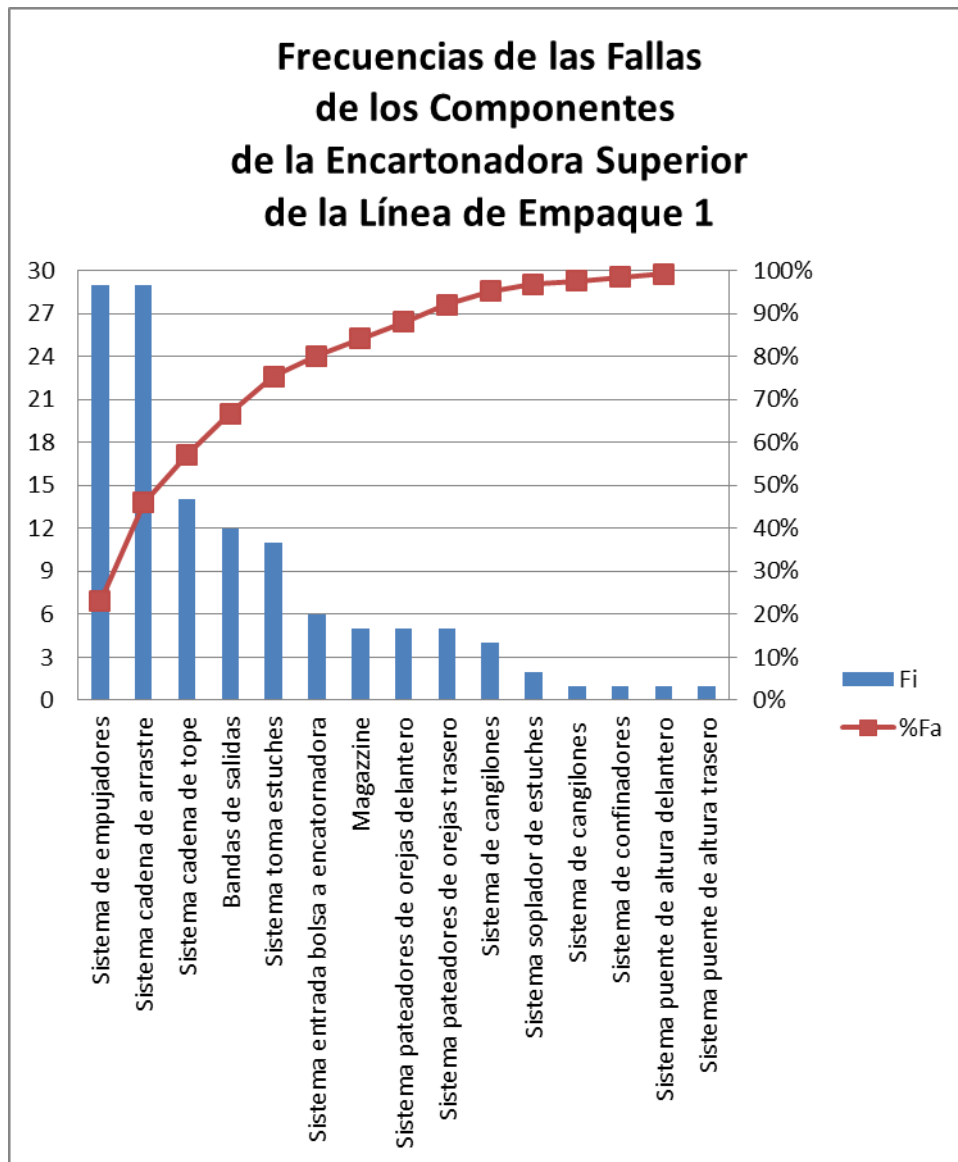


Figura 20. Diagrama de entrada – proceso – salida.

### 4.3 CATEGORIZACIÓN DE LAS FALLAS CRÍTICAS

Para la categorización de las fallas críticas se aplicó un análisis de criticidad. Primeramente se establecieron las frecuencias de las fallas reportadas por los supervisores de mantenimiento, diariamente, a través de un registro de fallas (Registro de Actividades de Mantenimiento) en el que se observan las frecuencias de las fallas de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1. De acuerdo a los registros de fallas del año 2014 de los meses de enero a junio, las frecuencias de las fallas de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 se encuentran en la Gráfica 5.



Grafica 5. Frecuencia de las fallas de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1.

Fuente: Reporte de Novedades de Alimentos Kellogg, 2014.

Luego de determinadas las frecuencias de las fallas se elaboró el cálculo de las ponderaciones de las frecuencias de las fallas y el cálculo de las ponderaciones del impacto de las fallas en SHA, seguridad alimentaria, calidad, producción y costos, de acuerdo a los parámetros, definidos previamente en las entrevistas realizadas en conjunto con el ENT, que, se observan en la Tabla 7 y la Tabla 8.



Tabla 7. Parámetros para el cálculo de la frecuencia de las fallas.

Fuente: ENT, 2015

	<b>Categoría</b>	<b>Seguridad, Higiene y Ambiente</b>	<b>Seguridad Alimentaria</b>	<b>Calidad</b>	<b>Producción</b>	<b>Costos</b>
<b>Alta</b>	5	Afecta a la seguridad del personal y del medio ambiente, ocasionando muerte, incapacidad total, enfermedades y daños severos que violan las leyes regulatorias en la materia	Afecta a la inocuidad del producto, ocasionando parada de la línea, y contaminación que viola las leyes regulatorias del área	Afecta a la calidad del producto, ocasionando parada de la línea y producto desechado por encontrarse fuera de las especificaciones	Afecta a la productividad de la planta, ocasionando una parada de la línea de producción mayor a 4 horas o una pérdida de la producción mayor a 100.000,01 Bs	Más de 100.001,00 Bs
<b>Media Alta</b>	4	Afecta a la seguridad del personal y del medio ambiente, ocasionando incapacidad parcial, enfermedades y daños severos que posiblemente violen las leyes regulatorias en la materia	Afecta a la inocuidad del producto, ocasionando parada de la línea, y contaminación que posiblemente viole las leyes regulatorias del área	Afecta a la calidad del producto, ocasionando producto desechado por encontrarse fuera de las especificaciones	Afecta a la productividad de la planta, ocasionando una parada de la línea de producción mayor a 2 horas o una pérdida de la producción entre 75.001,00 Bs y 100.000,00 Bs	Entre 75.001,00 Bs y 100.000,00 Bs
<b>Media</b>	3	Afecta a la seguridad del personal y del medio ambiente, ocasionando enfermedades y daños severos que posiblemente violen las leyes regulatorias en la materia	Afecta a la inocuidad del producto, ocasionando contaminación que posiblemente viole las leyes regulatorias del área	Afecta a la calidad del producto, ocasionando producto fuera de las especificaciones con retrabajo	Afecta a la productividad de la planta, ocasionando una parada de la línea de producción menor a 2 horas o una pérdida de la producción entre 50.001,00 Bs y 75.000,00 Bs	Entre 50.001,00 Bs y 75.000,00 Bs
<b>Media Baja</b>	2	Afecta a la seguridad del personal y del medio ambiente, ocasionando daños moderados y/o leves (primero auxilios) que no violan las leyes regulatorias en la materia	Afecta a la inocuidad del producto, ocasionando contaminación que no viola las leyes regulatorias del área	Afecta a la calidad del producto, ocasionando producto fuera de las especificaciones sin retrabajo	Afecta a la productividad de la planta, ocasionando una parada de la línea de producción menor a 2 horas o una pérdida de la producción menor de 25.001,00 Bs	Entre 25.001,00 Bs y 50.000,00 Bs
<b>Baja</b>	1	No afecta la seguridad del personal y del medio ambiente	No afecta a la inocuidad del producto	No afecta a la calidad del producto	No afecta a la productividad de la planta	Menos de 0 y 25.000,00 Bs

Tabla 8. Parámetros para el cálculo del impacto de las fallas.

Fuente: ENT, 2015.

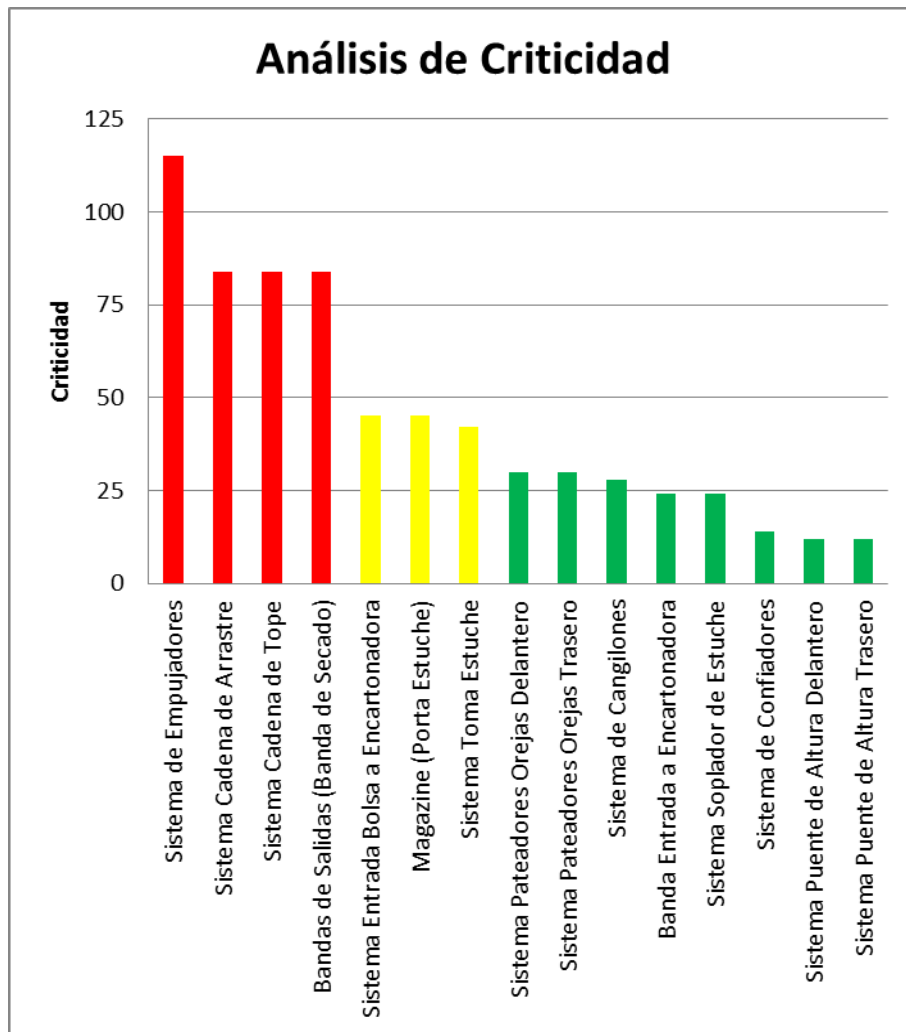
	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tiempo Medio Entre Fallas (TMEF)</b>
<b>Alta</b>	5	Fallas diarias	TMEF > diarias
<b>Media Alta</b>	4	Fallas diarias y semanales	semanales $\leq$ TMEF < diarias
<b>Media</b>	3	Fallas semanales y mensuales	mensuales $\leq$ TMEF < semanales
<b>Media Baja</b>	2	Fallas mensuales y trimestrales	trimestrales $\leq$ TMEF < mensuales
<b>Baja</b>	1	Fallas trimestrales y semestrales	semestrales $\leq$ TMEF < trimestrales

Tabla 9. Herramienta para la evaluación del análisis de criticidad.

Fuente: ENT, 2015.

Equipo	F = Frecuencia	C = Consecuencias					ΣC = ΣConsecuencias	CRITICIDAD = F * (ΣC)
		Seguridad	Seguridad Alimentaria	Calidad	Producción	Costos		
Sistema de Empujadores	5	4	4	5	5	5	23	115
Sistema Cadena de Arrastre	4	4	3	5	4	5	21	84
Sistema Cadena de Tope	4	4	3	5	4	5	21	84
Bandas de Salidas (Banda de Secado)	4	4	3	5	4	5	21	84
Sistema Entrada Bolsa a Encartonadora	3	2	2	3	4	4	15	45
Magazine (Porta Estuche)	3	3	1	4	4	3	15	45
Sistema Toma Estuche	3	3	1	4	2	4	14	42
Sistema Pateadores Orejas Delantero	2	4	3	3	1	4	15	30
Sistema Pateadores Orejas Trasero	2	4	3	3	1	4	15	30
Sistema de Cangilones	2	3	3	3	1	4	14	28
Banda Entrada a Encartonadora	2	2	2	3	1	4	12	24
Sistema Soplador de Estuche	2	3	1	3	1	4	12	24
Sistema de Confiadores	1	3	3	3	1	4	14	14
Sistema Puente de Altura Delantero	1	2	2	3	1	4	12	12
Sistema Puente de Altura Trasero	1	2	2	3	1	4	12	12





Gráfica 6. Criticidad de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1.

Fuente: ENT, 2015.

Tabla 10. Criticidad de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1.

Fuente: ENT, 2015.

Criticidad	N° de Componentes
Criticidad Alta	4
Criticidad Media	3
Criticidad Baja	8
Total	15

Los resultados de las puntuaciones obtenidas de los 15 componentes evaluados se encuentran en la Tabla 9. La categorización de los 15 componentes evaluados se encuentran en la Gráfica 6 y la Tabla 10. Los componentes clasificados dentro de la criticidad alta (rojo) y la criticidad media (amarillo), son aquellos componentes que se seleccionaron para aplicar el AMEF y el PM.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DE LAS FALLAS POTENCIALES Y LOS EFECTOS DE LAS FALLAS CRÍTICAS

Luego de categorizar las fallas críticas a través del análisis funcional se procedió a determinar los modos y los efectos de las fallas críticas a través del análisis de modos y efectos de fallas, es por esto que se diseñó una hoja de acuerdo a la hoja de información de RCM II de Moubray, en la figura 21, se muestran las características de la hoja diseñada.

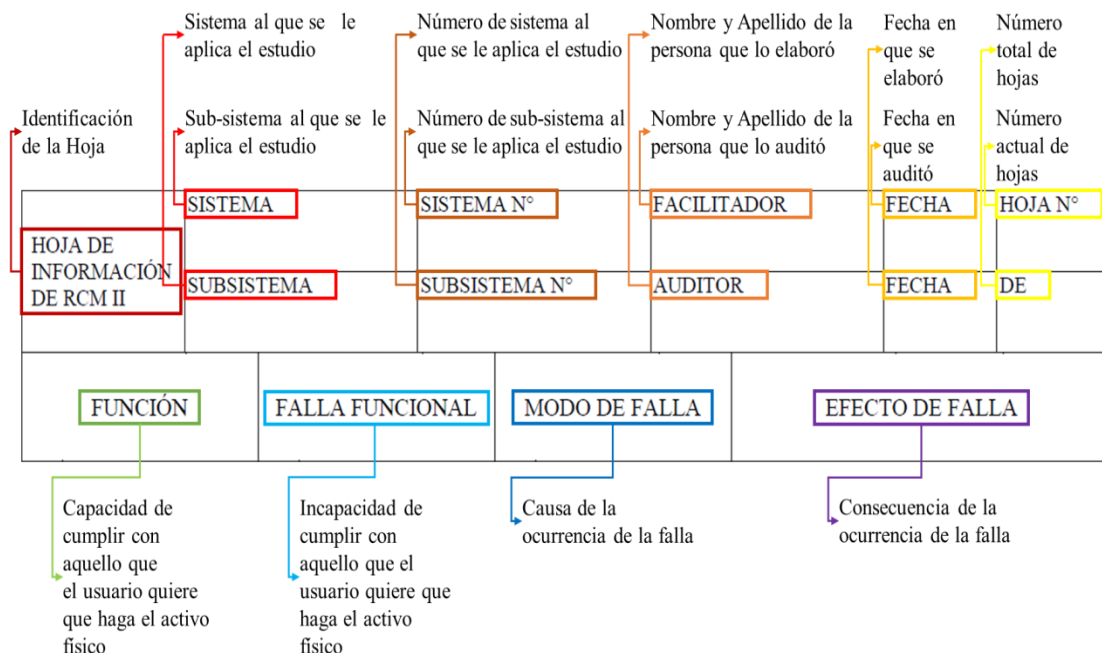


Figura 21. Hoja de información de RCM II para la determinación del AMEF.

La hoja se divide en dos segmentos un segmento de identificación de la hoja, que contiene el nombre y número del sistema y subsistema estudiado, el nombre del facilitador y del auditor, la fechas de revisión del auditor y del facilitador y el control de las hojas y un segmento de identificación del AMEF, que contiene la referencia de la hoja de información de RCM II: la función, la falla funcional, el modo de falla y los efectos de falla. Los elementos de los componentes analizar se encuentran del Anexo 4 al Anexo 12.

Posterior a la elaboración de la hoja se procedió a llenar la misma a través de entrevistas realizadas a los planificadores, supervisores y mecánicos y/o electricistas del departamento de mantenimiento, y a los miembros del ENT.

Los resultados por componentes críticos del análisis de modos y efectos de fallas se encuentran en la Tabla 11.

Tabla 11.Resultados por componentes críticos del AMEF.

Fuente: ENT, 2015.

Componentes Críticos	Función	Falla Funcional	Modo de Falla	Efecto de Falla
Sistema de Empujadores	1	1	22	22
	1	1	38	38
Sistema Cadena de Arrastre	1	1	19	19
Sistema Cadena de Tope	1	1	19	19
Bandas de Salidas (Banda de Secado)	1	1	3	3
	1	1	19	19
Sistema Entrada Bolsa a Encartonadora	1	1	6	6
Magazine (Porta Estuche)	1	1	7	7
Sistema Toma Estuche	1	1	11	11
Total	9	9	144	144

Un ejemplo de la hoja de información de RCM II se muestra a continuación en la Tabla 12, el resto de las hojas de información de RCMII se encuentran del Anexo 13 al Anexo 19.

Tabla 12. AMEF del Sistema de Empujadores de la Encartonadora Superior. Fuente: ENT, 2015.

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA	
HOJA DE INFORMACIÓN DE RCM II	SISTEMA ENCARTONADORA SUPERIOR	SISTEMA N°	10095621	FACILITADOR	ING. ALFREDO KRAIN ING. RAFAEL OCANDO	FECHA	15/04/15
	SUBSISTEMA SISTEMA DE EMPUJADORES	SUBSISTEMA N°	2400000000125471	AUDITOR	BR. ZORALIA GUILLEN	FECHA	15/04/15
HOJA N°	1	DE	11				
1	Empujar a las bolsas para introducirlas dentro de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto	A	Incapaz de empujar a las bolsas para introducirlas dentro de los estuches a una velocidad de 50 estuches por minuto	1	Se sale base de empujador	El brazo empujador y el cabezal del brazo empujador se caen en el piso, ocasiona trancamiento y posterior parada de la máquina.	
				2	Se parte base de empujador	El brazo empujador y el cabezal del brazo empujador se caen en el piso, ocasiona trancamiento y posterior parada de la máquina.	
				3	Se salen tornillos torriton	Se sale base de empujador, ocasiona parada de la máquina.	
				4	Se parten tornillos torriton	Se sale base de empujador, ocasiona parada de la máquina.	
				5	Se sale cabezal del brazo empujador	La bolsa no entra completamente en el estuche, ocasionando trancamiento y posterior parada de máquina.	
				6	Se parte cabezal del brazo empujador	La bolsa no entra completamente en el estuche, ocasionando trancamiento y posterior parada de máquina.	
				7	Se pierde posición del cabezal del brazo empujador	La bolsa no entra completamente en el estuche, ocasionando trancamiento y posterior parada de máquina.	

#### 4.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

Luego de determinar los modos y los efectos de las fallas críticas a través del AMEF se procedió a diseñar el plan de mantenimiento a través del árbol lógico de decisión, es por esto que se diseñó una hoja de acuerdo a la hoja de decisión de RCM II de Moubray, en la figura 22, se muestran las características de la hoja diseñada.

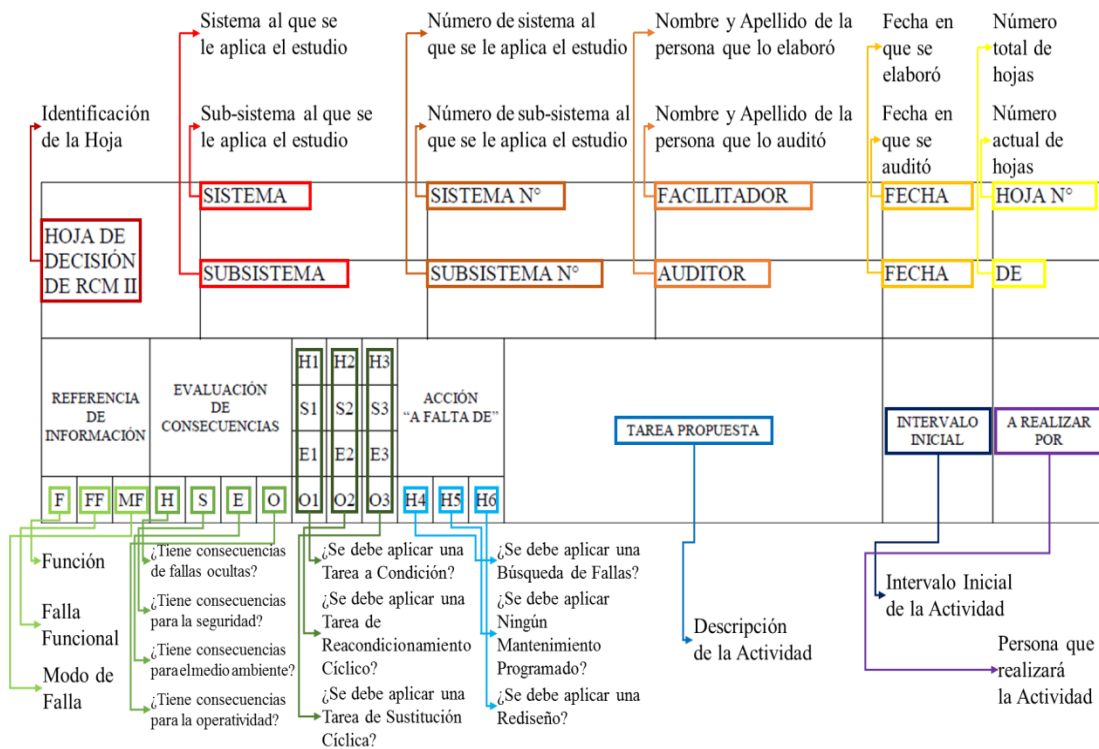


Figura 22. Hoja de información de RCM II para la determinación del PM.

La hoja se divide en dos segmentos un segmento de identificación de la hoja, que contiene el nombre y número del sistema y subsistema estudiado, el nombre del facilitador y del auditor, la fechas de revisión del auditor y del facilitador y el control de las hojas y un segmento de identificación del PM, que contiene la referencia de la hoja de decisión de RCM II: la evaluación de consecuencias, la determinación de las tareas proactivas y las tareas "a falta de", la determinación de la tarea propuesta, las frecuencias y los ejecutores.

Posterior a la elaboración de la hoja se procedió a llenar la misma a través de entrevistas realizadas a los planificadores, supervisores y mecánicos y/o electricista del departamento de mantenimiento, y a los miembros del ENT.

Para la determinación de las tareas proactivas o las tareas “a falta de” utilizó el árbol lógico de decisión o el diagrama de decisión del RCM (Anexo 3), a través de respuestas a preguntas formuladas en mencionado árbol o diagrama, dichas respuestas se establecen en la hoja de decisión de RCM de la siguiente forma: las respuestas positivas se responden con la letra S y las respuestas negativas se responden con la letra N.

Los resultados de la evaluación de consecuencias por componentes críticos se encuentran en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de la evaluación de consecuencias por componentes críticos.

Fuente: ENT, 2015.

Componentes Críticos	Consecuencias Operacionales	Consecuencias para la Seguridad
Sistema de Empujadores	57	3
Sistema Cadena de Arrastre	19	0
Sistema Cadena de Tope	19	0
Bandas de Salidas (Banda de Secado)	22	0
Sistema Entrada Bolsa a Encartonadora	3	3
Magazine (Porta Estuche)	6	1
Sistema Toma Estuche	11	0
Total	137	7

Los resultados de la evaluación de las tareas proactivas por componentes críticos se encuentran en la Tabla 14.

Tabla 14. Resultados de la evaluación de las tareas proactivas por componentes críticos.

Fuente: ENT, 2015.

Componentes Críticos	Tareas a Condición	Tareas de Reacondicionamiento Cíclico	Tareas de Sustitución Cíclica
Sistema de Empujadores	10	11	39
Sistema Cadena de Arrastre	2	3	14
Sistema Cadena de Tope	2	3	14
Bandas de Salidas (Banda de Secado)	8	0	14
Sistema Entrada Bolsa a Encartonadora	1	0	5
Magazine (Porta Estuche)	3	0	4
Sistema Toma Estuche	5	1	5
Total	31	18	95

Un ejemplo de la hoja de decisión de RCM II, y del plan de mantenimiento se muestran a continuación en la Tabla 15 y la Tabla 16, respectivamente, el resto de las hojas de decisión de RCMII se encuentran del Anexo 20 al Anexo 26.

Tabla 15. PM del Sistema de Empujadores de la Encartonadora Superior. Fuente: ENT, 2015.

HOJA DE INFORMACIÓN DE RCM II			SISTEMA ENCARTONADORA SUPERIOR				SISTEMA N°			FACILITADOR			FECHA		HOJA N°			
			SUBSISTEMA SISTEMA DE EMPUJADORES				SUBSISTEMA N°			AUDITOR			FECHA		DE			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE CONSECUENCIAS				H1	H2	H3	ACCIÓN "A FALTA DE"			TAREA PROPUESTA			INTERVALO INICIAL		A REALIZAR POR
							S1	S2	S3									
F	FF	MF	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	H6						
1	A	1	S	N	N	S	S						Verificar estado de las bases del empujador			Mensual		Mecánico / Eléctrico
1	A	2	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo de las bases del empujador			Semestral		Mecánico / Eléctrico
1	A	3	S	N	N	S	S						Verificar estado y reapriete de los tornillos torrinton luego de los cambios de formato			Semanal		Operador
1	A	4	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo de los tornillos torrinton			Trimestral		Mecánico / Eléctrico
1	A	5	S	N	N	S	S						Verificar estado de los cabezales de los brazos empujadores			Mensual		Mecánico / Eléctrico
1	A	6	S	N	N	S	N	N	S				Reemplazo de los cabezales de los brazos empujadores			Semestral		Mecánico / Eléctrico
1	A	7	S	N	N	S	S						Verificar posición de los cabezales de los brazos empujadores			Mensual		Mecánico / Eléctrico



<i>Hollo's</i>			PLAN DE MANTENIMIENTO A LOS COMPONENTES CRITICOS DE LA ENCARTONADORA SUPERIOR											
Tareas a Condición por Componentes	Frecuencia	Ejecutor	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>SISTEMA DE EMPUJADORES</b>														
<b>Bases del Empujador</b>														
Verificar estado de las bases del empujador	Mensual	Mecánico / Eléctrico	■		■		■		■		■		■	
Reemplazo de las bases del empujador	Semestral	Mecánico / Eléctrico						■						■
<b>Tornillos torrinton</b>														
Verificar estado de los tornillos torrinton luego de los cambios de formato	Semanal	Operador	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reemplazo de los tornillos torrinton	Trimestral	Mecánico / Eléctrico			■			■			■			■
<b>Cabezal del brazo empujador</b>														
Verificar estado de los cabezales de los brazos empujadores	Mensual	Mecánico / Eléctrico	■		■		■		■		■		■	
Reemplazo de los cabezales de los brazos empujadores	Semestral	Mecánico / Eléctrico						■						■
Verificar posición de los cabezales de los brazos empujadores	Mensual	Mecánico / Eléctrico	■		■		■		■		■		■	
<b>Tornillos del cabezal del brazo empujador</b>														
Verificar estado de los tornillos de los cabezales de los brazos empujadores	Semanal	Mecánico / Eléctrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reemplazo de los tornillos de los cabezales de los brazos empujadores	Trimestral	Mecánico / Eléctrico			■			■			■			■
<b>Brazo empujador</b>														
Verificar estado de los brazos empujadores	Mensual	Mecánico / Eléctrico	■		■		■		■		■		■	
Reemplazo de los brazos empujadores	Semestral	Mecánico / Eléctrico						■						■
Verificar posición de los brazos empujadores	Mensual	Mecánico / Eléctrico	■		■		■		■		■		■	
<b>Tornillos de brazo empujador</b>														
Verificar estado de los tornillos de los brazos empujadores	Semanal	Mecánico / Eléctrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reemplazo de los tornillos de los brazos empujadores	Trimestral	Mecánico / Eléctrico			■			■			■			■
<b>Pletina de brazo empujador</b>														
Verificar estado de las pletinas de los brazos empujadores	Semanal	Mecánico / Eléctrico	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Reemplazo de las pletinas de los brazos empujadores	Trimestral	Mecánico / Eléctrico			■			■			■			■

Tabla 16. Plan de Mantenimiento a los componentes del sistema de empujadores de la Encartonadora Superior.

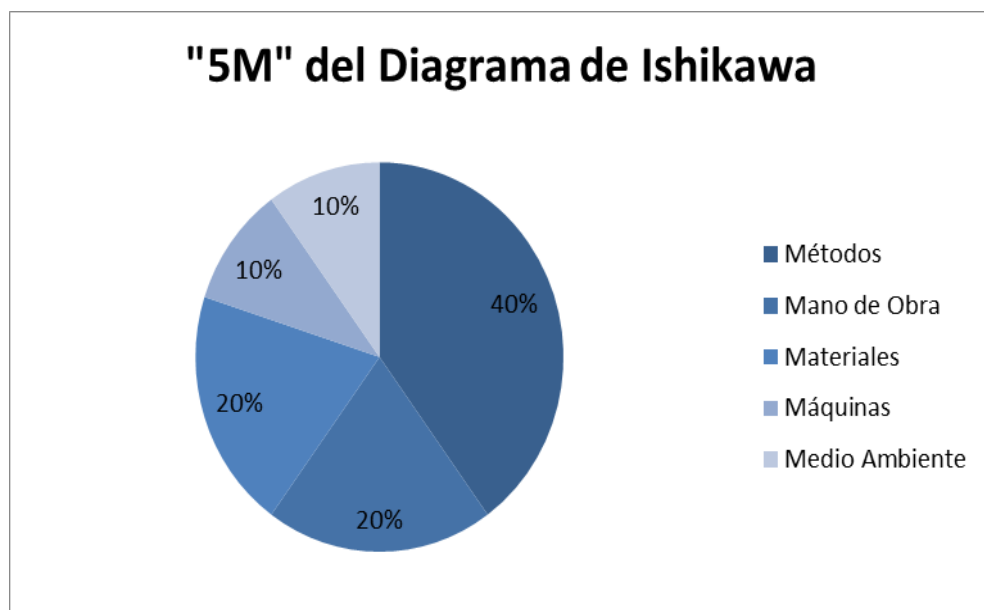
## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DE RESULTADOS

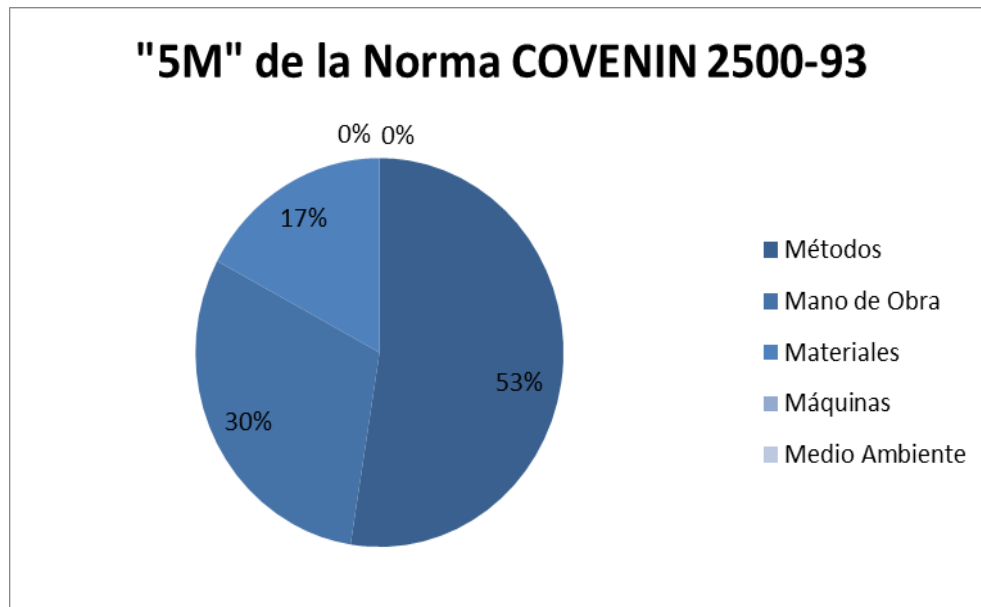
#### 5.1 DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo a los resultados arrojados en el diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento de la empresa Alimentos Kellogg S.A. se observó que de las herramientas aplicadas, Diagrama de Ishikawa y Norma COVENIN 2500-93, las “M” más significativas son Métodos, Mano de Obra y Materiales, las mismas abarcan un 80% de la puntuación total.

Con respecto a la Norma COVENIN 2500-93 se observó que las áreas que obtuvieron el mínimo y el máximo puntaje fueron las áreas de recursos y de mantenimiento correctivo, respectivamente, gracias a que los altos costos y a la cultura del mantenimiento correctivo sobre preventivo.



Gráfica 7. Porcentaje de las “5M” del diagrama de Ishikawa.



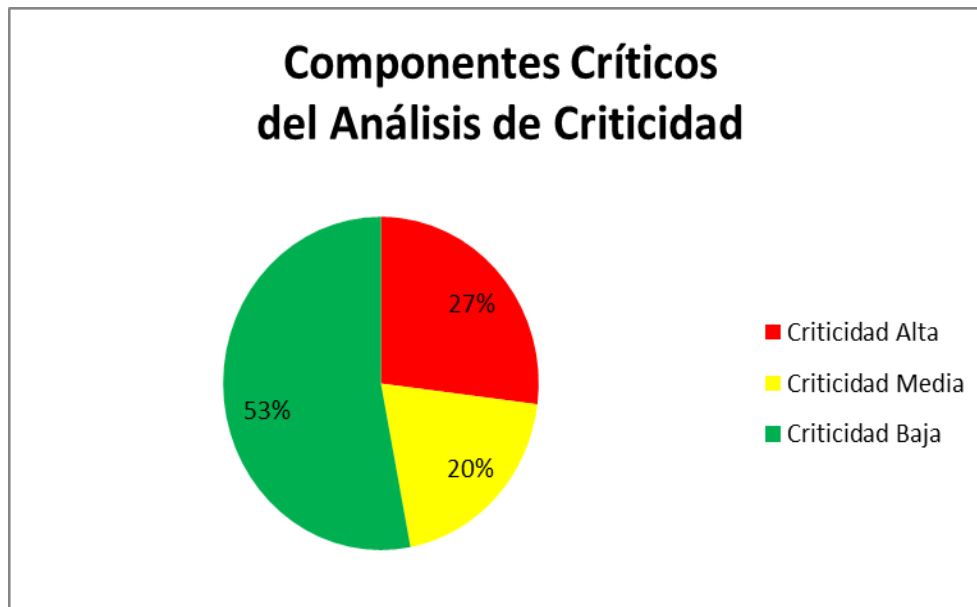
Gráfica 8. Porcentaje de las "5M" de la Norma COVENIN 2500-93.

## 5.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FUNCIONES

Con el objetivo del conocimiento de los parámetros de funcionamiento del activo físico de estudio se llevó a cabo la elaboración de la jerarquía de la Encartonadora Superior, la jerarquía de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional, el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior, el diagrama de entrada - proceso - salida, y la ficha técnica de la Encartonadora Superior.

## 5.3 CATEGORIZACIÓN DE LAS FALLAS CRÍTICAS

Con la finalidad de aplicar el MCC a los componentes críticos se realizó el análisis de criticidad de acuerdo a los criterios establecidos por el ENT, generando la categorización de los componentes en criticidad alta, media y baja. De la Tabla 19 se puede observar que de los 15 componentes de la Encartonadora Superior el 27% se ubicó en una categoría de criticidad alta, el 20% en media y el 53% en baja, tomándose los nueve componentes ubicados en las categorías alta y media (47%) para la aplicación del AMEF y del PM.

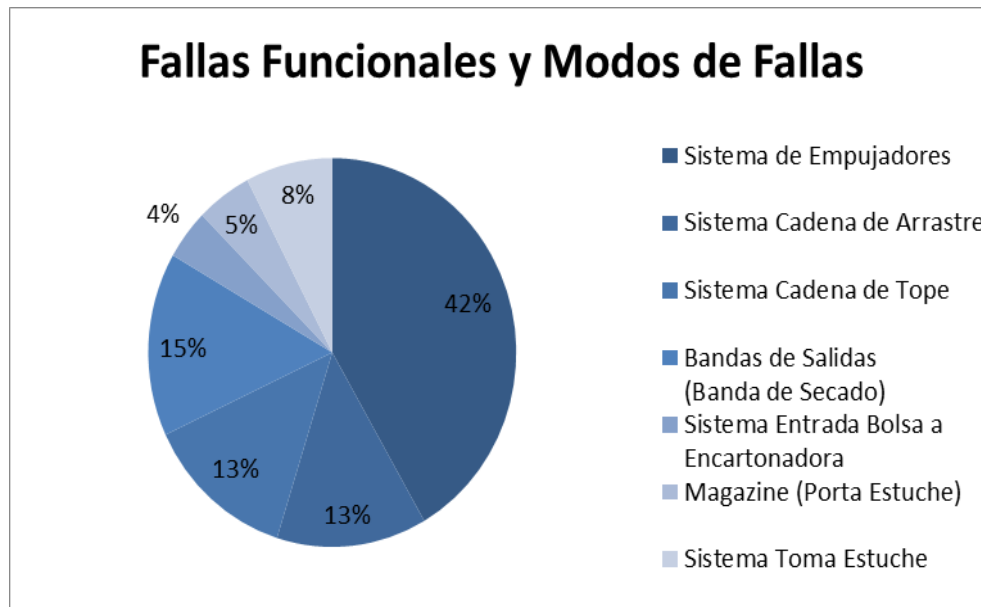


Gráfica 9. Porcentaje de los componentes críticos del análisis de criticidad.

#### 5.4 DETERMINACIÓN DE LAS FALLAS POTENCIALES Y LOS EFECTOS DE LAS FALLAS CRÍTICAS

Los resultados del análisis de modos y efectos de falla de los componentes críticos arrojaron un total de: dos sistemas con función principal y secundaria, el sistema de empujadores y las bandas de salidas (banda de secado), y cinco sistemas con función principal (restantes sistemas)

Asimismo, se determinaron un total de 11 funciones y fallas de función, y 144 modos y efectos de fallas, divididos en un 42% para el sistema de empujadores, 13% para el sistema de cadena de arrastre y para el sistema de cadena de tope, 15% para las bandas de salidas (banda de secado), 4% para el sistema de entrada de la bolsa a la encartonadora superior, 5% para el magazine (porta estuches) y 8% para el sistema de toma estuche, se observa que el sistema de empujadores es el sistema con mayor porcentaje gracias a la complejidad del mismo.



Gráfica 10. Porcentaje de fallas funcionales y modos de fallas del AMEF.

## 5.5 DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

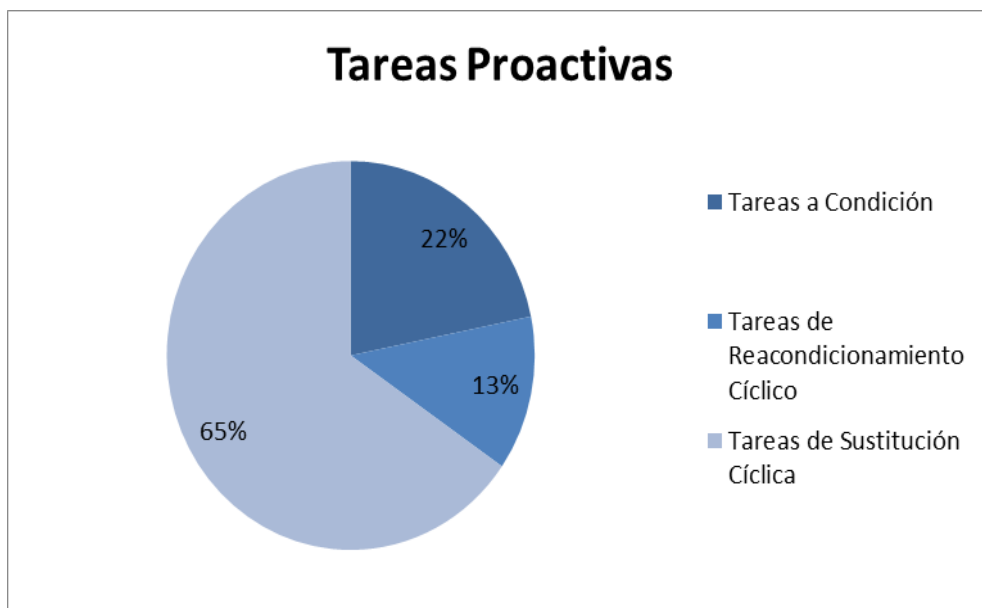
Luego de la elaboración del AMEF se estableció la aplicación del árbol lógico de decisión para la determinación de las consecuencias y de las tareas proactivas y/o “a falta de” que permitieron que se desarrollara un nuevo plan de mantenimiento basado en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad para los componentes críticos de la Encartonador Superior de la línea de empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A.

Los resultados del plan de mantenimiento de los componentes críticos arrojaron un total de: 95% de consecuencias operacionales y 5% de consecuencias para la seguridad, las primeras sólo afectan a los costos y los tiempos de producción y las segundas a la seguridad del personal, del lugar de trabajo y del medio ambiente, no se observaron consecuencias no operacionales o de fallas ocultas.



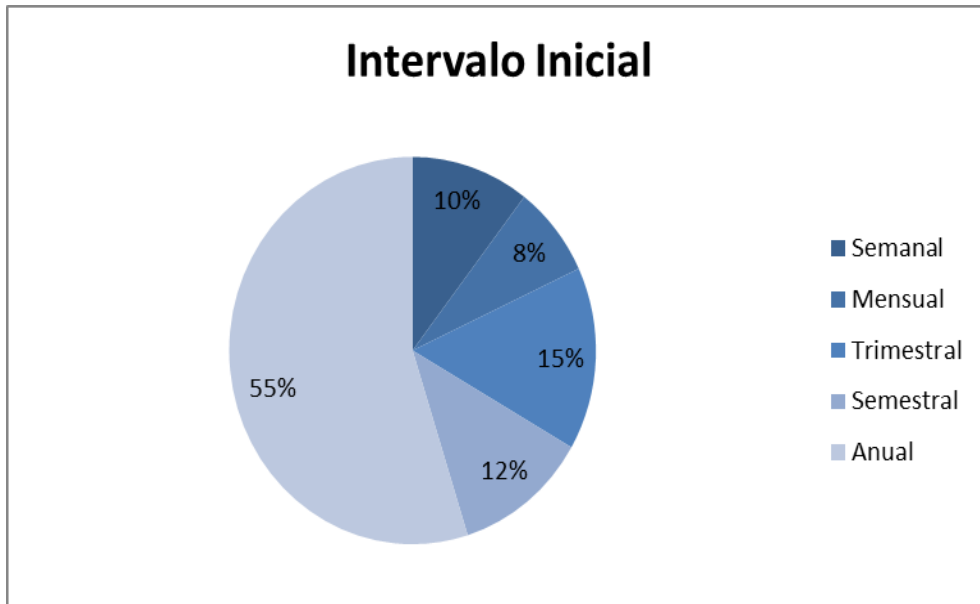
Gráfica 11. Porcentaje de las consecuencias de las fallas del PM.

Con respecto a las tareas de mantenimiento, se observó la elección del 100% del total a tareas proactivas, un 22% para tareas a condición un 13% de reacondicionamiento cíclico y un 65% de sustitución cíclica, no se observó la elección a tareas “a falta de”.



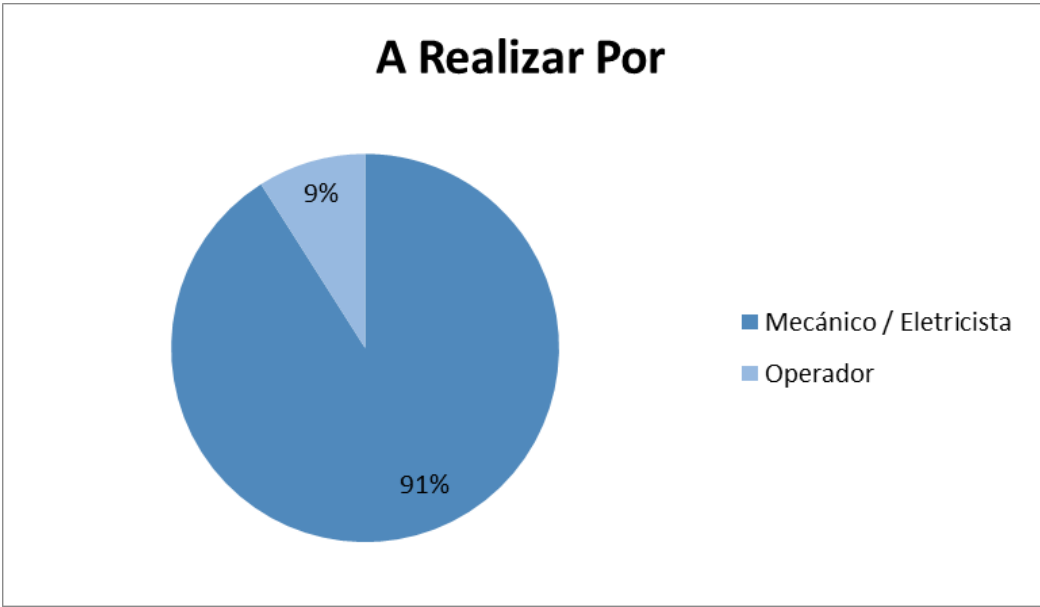
Gráfica 12. Porcentaje de las tareas proactivas del PM.

Con respecto a las frecuencias de las tareas proactivas, se observó un 10% de tareas con frecuencia semanal, un 8% de tareas con frecuencia mensual, un 15% con tareas con frecuencia trimestral, un 12% de tareas con frecuencia semestral y un 55% de tareas con frecuencias anual, es necesario destacar que las tareas con frecuencia semanal corresponden a tareas de mantenimiento rutinario y que las tareas con frecuencia anual corresponde a tareas de mantenimiento mayor, incluidas en las paradas programadas del mes de marzo (feriado de semana santa) o del mes de diciembre (feriado de navidades).



Gráfica 13. Porcentaje de frecuencias (intervalo inicial) de tareas proactivas del PM.

Solo el 9% de las tareas de mantenimiento, deben ser ejecutadas por los operadores, correspondientes a las tareas de mantenimiento rutinario, el 91% restante de las tareas de mantenimiento deben ser ejecutadas por los mecánicos y/o electricistas del departamento de mantenimiento de Alimentos Kellogg S.A.



Gráfica 14. Porcentaje de ejecutores (a realizar por) de tareas proactivas del PM.



## CONCLUSIONES

1. El diagnóstico de la situación actual arrojó que las áreas más afectadas de la gestión de mantenimiento son las áreas concernientes a los métodos, la mano de obra y los materiales. Se observó, de acuerdo a la Norma COVENIN 2500-93, que el área de máximo puntaje fue mantenimiento correctivo, evidenciándose la cultura del mantenimiento correctivo sobre el preventivo, y que el área de mínimo puntaje fue los recursos, evidenciándose los altos costos y tiempos de reposición de repuestos y suministros.
2. El análisis funcional permitió el desarrollo de la estructura arbórea de la organización y de la descripción de las funciones de la mencionada de la estructura arbórea de la organización, asimismo se establecieron los parámetros de funcionamiento de los componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg, a través de la elaboración de la jerarquías de la Encartonadora Superior y la jerarquías de la Encartonadora Superior con la jerarquía funcional, el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior y el diagrama de bloque de la Encartonadora Superior con fotografías y el diagrama de entrada-proceso-salida de la Encartonadora Superior, también permitió el desarrollo del listado y codificación de los componentes de la Encartonadora Superior en el software del sistema SAP, y la elaboración de la ficha técnica de la Encartonadora Superior.
3. El análisis de criticidad categorizó a cuatro componentes altamente críticos, los mismos son el sistema de empujadores, el sistema cadena de arrastre, el sistema cadena de tope y las bandas de salidas (banda de secado), a tres componentes medianamente críticos, los mismos son el sistema entrada bolsa

a encartonadora, el magazine (porta estuche) y el sistema toma estuche, y a ocho componentes bajamente críticos: el sistema pateadores orejas delantero y trasero, el sistema de cangilones, la banda entrada a encartonadora, el sistema soplador de estuche, el sistema de confiadores y el sistema puente de altura delantero y trasero.

4. El análisis de modos y efectos de falla a los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A arrojó la existencia de dos sistemas con función principal y secundaria, sistema de empujadores y bandas de salidas (banda de secado), y cinco sistemas con función principal (restantes sistemas), asimismo, se obtuvieron 144 modos y efectos de fallas funcionales.
  
5. El diseño del plan de mantenimiento a los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la línea de Empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A. arrojó un total 137 consecuencias operacionales y 7 consecuencias para la salud, y un total de 144 tareas de mantenimiento a condición, de reacondicionamiento cíclico y de sustitución cíclica.

## **RECOMENDACIONES**

1. Aplicar el plan de mantenimiento desarrollado en el presente trabajo para los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A.
2. Medir, a través de los indicadores de gestión de mantenimiento, los resultados luego de aplicar el plan de mantenimiento desarrollado en el presente trabajo para los componentes críticos de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A.
3. Aplicar de nuevo la Norma COVENIN 2500-93 y comparar los resultados obtenidos contra los nuevos resultados obtenidos.
4. Desarrollar planes de mantenimiento basados en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a los restantes componentes de la Encartonadora Superior de la línea de empaque 1 de la empresa Alimentos Kellogg S.A.
5. Desarrollar planes de mantenimiento basados en la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad a los restantes activos físicos de la empresa Alimentos Kellogg S.A.
6. Fomentar la participación del equipo natural de trabajo en el desarrollo de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

## REFERENCIAS

Amendola Luis (2012). Confiabilidad operacional. [en línea]. <<http://imagenes.mailxmail.com/cursos/pdf/6/ confiabilidad-operacional-36866.pdf>>

[Consulta: 2014]

Arias, Fidias (2006). El proyecto de investigación. 5ta Ed. Caracas: Editorial Episteme C.A.

Báez (2012). El mantenimiento industrial. [en línea]. <<http://www.mundoindustrialdelcentro.net.ve/index.php/blog/item/20-mantenimiento-industrial>>

[Consulta: 2014]

Cánchica, Verónica (2007). Diseño de un plan de mantenimiento basado en la metodología del “mantenimiento centrado en confiabilidad” para la flota de equipos de carga “palas hidráulicas O&K” de la Mina Paso Diablo de Carbones del Guasare, S.A / Verónica Cánchica (Tesis) .-- Maracaibo: Universidad Rafael Urdaneta

Castro, Leonardo (2012). Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad para la Empresa Alfarería Doña Flor / Leonardo Castro ; Humberto Ibañez [et. al...] (Tesis) .-- San Cristóbal: Universidad Nacional Experimental del Táchira.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. Gaceta Oficial de la República Bolivariana De Venezuela N° 36860 (Extra Ordinario), 30 de Diciembre de 1999. Caracas.

Covenin (2500 : 1993). Manual para evaluar a sistemas de mantenimiento en la industria. - Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.

Covenin (3049 : 1993). Mantenimiento. Definiciones. - Caracas: Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento.

Hernandez, R; Fernandez, C; Baptista, P (2006). Metodología de la investigación. 4ta Ed. Distrito Federal: Editorial McGraw-Hill.

Hurtado, Jacqueline (2000). Metodología de la investigación holística. 3era Ed. Caracas: Editorial SYPAL S.A.

Macedo, Jesús (2012). Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad a líneas de producción en Pepsi-Cola Venezuela / Jesús Macedo (Pasantía) .-- Sartenejas: Universidad Simón Bolívar

Montenegro, Alex (2008). Implementar un análisis de modos y efectos de fallos (AMEF) como herramienta primordial de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC) en 4 áreas críticas de Pastaca / Alex Montenegro (Tesis) .-- San Cristóbal: Universidad Experimental del Táchira

Moubray, Jhon (2004). RCM II. 2da Ed. Leicestershire: Editorial Aladon Ltd.

Nuestra Historia. [en línea]. <[http://www.kelloggs.com.ve/es\\_VE/quienes-somos-landing/nuestra-historia.html](http://www.kelloggs.com.ve/es_VE/quienes-somos-landing/nuestra-historia.html)> [Consulta: 20014]

Rodríguez, José (2011). Evaluación de la organización del departamento de mantenimiento de aluminio PIANMECA de acuerdo a la Norma Venezolana

COVENIN 2500-93 / José Rodríguez (Tesis) .-- Puerto Ordaz: Universidad Nacional Experimental de Guayana

Sabino, Carlos (1992). El proceso de investigación. 3ra Ed. Caracas: Editorial: Panapo C.A.

SAE JA (1011 : 1999). Norma para vehículos aeroespaciales y de superficie.- Pennsylvania: The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space.

SAE JA (1012 : 2002). Prácticas recomendadas para vehículos aeroespaciales y de superficie. - Pennsylvania: The Engineering Society for Advancing Mobility Land Sea Air and Space.

Sexto (2012). Confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad. [en línea]. <<http://se-gestiona.radical-management.com/2011/12/confiabilidad-mantenibilidad-y.html>> [Consulta: 2014]

Smith (2006) Rules of thumb for maintenance and reliability engineers. 2da Edition. Estados Unidos: Editorial McGregor.

Tamayo, Mario (2003). El proceso de la investigación científica. 4ta Ed. Distrito Federal: Editorial Limusa S.A. de C.V.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2006) Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales. 4ta Ed. Caracas: Editorial Publicaciones FEDEUPEL.