TESIS
IID20
A55

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Diseño de un plan piloto para mejorar la gestión de mantenimiento en una línea de producción de una planta procesadora de alimentos, a través de la metodología RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad -

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: veinte (20) ptos

JURADO EXAMINADOR

Firma:		Firma:		Firma:	
Nombre:		Nombre:	Ernesto Salas	Nombre:	

REALIZADO POR: ALLIEGRO, Lucía Exp. 94129
MALAVÉ, Oscar Exp. 95077

PROFESOR GUIA: Ing. Raúl Changir

FECHA: Febrero – Mayo 2004

SUMARIO

INTRODUCCIÓN..... 1

Capítulo I:
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA..... 3

Capítulo II:
ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN..... 14

Capítulo III:
RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE..... 18

Capítulo IV:
CARACTERIZACIÓN DEL TEMA..... 26

Capítulo V:
IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES..... 27

Capítulo VI:
EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS..... 34

Capítulo VII:
PLANIFICACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS..... 61

Capítulo VIII:
ANÁLISIS COSTO BENEFICIO..... 63

CONCLUSIONES..... 66

RECOMENDACIONES..... 69

BIBLIOGRAFÍA..... 71

ANEXOS..... 73

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN 1

Capítulo I:

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA 3

1. Reseña Histórica 3
2. Ubicación Geográfica y Área de Operaciones 6
3. Misión de Empresas Polar 6
4. Visión de Empresas Polar 2005 7
5. Visión de la UEN de Alimentos 2005 7
6. Valores Empresariales 8
7. Objetivo Empresarial de Remavenca 8
8. Estructura Organizativa de la UEN de Alimentos 9
9. Organigramas de la Empresa 12

Capítulo II:

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 14

OBJETIVOS DEL ESTUDIO 15

1. Objetivo General 15
2. Objetivos Específicos 15

ALCANCE Y LIMITACIONES 15

METODOLOGÍA EMPLEADA 16

Capítulo III:

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE 18

1. Los Principios del RCM 18
2. Breve Reseña Histórica 18

3. Premisas..... 19
4. Definiciones..... 20
5. Implementación del RCM..... 21
6. Limitaciones de la Implementación..... 23
7. Recomendaciones para Superar los Límites de la Implementación. 24
8. Beneficios de Implementar RCM..... 25

Capítulo IV:

CARACTERIZACIÓN DEL TEMA..... 26
1. Situación Actual..... 26

Capítulo V:

IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES..... 27
1. Procesos Productivos..... 27
1.1. Proceso Productivo de Harinas..... 27
1.2. Proceso Productivo de Aceites..... 30
2. Delimitación del Estudio..... 32
3. Definición del Proyecto..... 32
4. Establecimiento de Metas..... 33

Capítulo VI:

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS..... 34
1. Análisis de Criticidad..... 34
1.1. Concepto de Análisis de Criticidad..... 35
1.2. Concepto de Confiabilidad..... 35
1.3. Concepto de Confiabilidad Operacional..... 35
1.4. Equipos Naturales de Trabajo..... 36
1.5. Jerarquía de Activos..... 37

1.6. Unidades de Proceso..... 38
1.7. Sistemas o Subprocesos..... 38
1.8. Criticidad desde el Punto de Vista Matemático..... 39
1.9. Información Requerida..... 44
1.9.1. Personal..... 44
1.9.2. Datos e Información..... 44
1.9.2.1. Criterios utilizados para determinar las zonas específicas de los Gráficos de Pareto según las características analizadas..... 45
1.10. Matriz Consolidada del Análisis de Consecuencia..... 45
1.11. Matriz Consolidada del Análisis de Complejidad..... 46
1.12. Matriz Consolidada del Análisis de Criticidad..... 47
1.13. Matriz de Jerarquización del Problema..... 47
2. Análisis de Modo y Efectos de Falla..... 48
2.1. Aplicación de AMEF en el Subproceso de Empaque..... 50
2.1.1. Inventario de Equipos..... 50
2.1.2. Contexto Operacional..... 50
2.1.3. Diagrama EPS..... 50
2.1.4. Función de los Equipos..... 51
2.1.5. Modo de Falla Potencial..... 52
2.1.6. Causas de los Modos de Falla..... 54
2.1.7. Efectos de las Fallas..... 56
2.1.8. Severidad de los Efectos..... 56
2.1.9. Ocurrencia de los Modos de Falla..... 57
2.2. Controles Actuales..... 58
2.2.1. Detección..... 59
2.3. Número de Prioridad de Riesgo..... 59

Capítulo VII:

PLANIFICACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS..... 61

1. Generación de Acciones Correctivas..... 61

1.1. La Información..... 61

1.2. La Decisión..... 61

2. Selección de Acciones Correctivas 62

2.1. Rutinas de Mantenimiento Propuestas..... 62

Capítulo VIII:

ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO..... 63

1. LA INVERSIÓN..... 63

1.1. Asesoría y Consultoría en la Aplicación de la Metodología RCM..... 63

1.2. Adiestramiento de Operadores y Técnicos..... 64

1.3. Inversión Total..... 65

2. BENEFICIO SEMESTRAL..... 65

CONCLUSIONES..... 66

RECOMENDACIONES..... 69

BIBLIOGRAFÍA..... 71

ANEXOS..... 73

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica de Remavenca – Turmero..... 6
Figura 2: Organigrama de Remavenca – Turmero..... 12
Figura 3: Organigrama Empresas Polar..... 13
Figura 4: Esquema Gral. de Aplicación de Confiabilidad Oper..... 14
Figura 5: Preguntas del RCM..... 20
Figura 6: Integración de las Herramientas de Confiabilidad..... 23
Figura 7: Aspectos de la Confiabilidad Operacional..... 36
Figura 8: Agrupación Típica de Instalaciones..... 37
Figura 9: Proceso Productivo General..... 39
Figura 10: Modelo Básico de Criticidad..... 40
Figura 11: Matriz de Jerarquización del Problema..... 47
Figura 12: Diagrama de Proceso de Empaque..... 51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipo Natural de Trabajo RCM..... 36
Tabla 2: Subprocesos a Analizar..... 38
Tabla 3: Criterios Fundamentales para el Análisis de Consecuencia..... 41
Tabla 4: Criterios Fundamentales para el Análisis de Complejidad..... 42
Tabla 5: Áreas comunes de consecuencia luego de hacer el Análisis de Criticidad..... 43
Tabla 6: Matriz Consolidada del Análisis de Consecuencia..... 45
Tabla 7: Matriz Consolidada del Análisis de Complejidad..... 46
Tabla 8: Matriz Consolidada del Análisis de Criticidad..... 47

Tabla 9: Causas de Modos de Fallas Críticas..... 56
Tabla 10: Resumen de Análisis de Severidad..... 57
Tabla 11: Resumen de Análisis de Ocurrencia..... 58
Tabla 12: Resumen NPR..... 60
Tabla 13: Inversión por concepto de asesoría y consultoría..... 63
Tabla 14: Inversión puntual en el área de empaque..... 64
Tabla 15: Inversión puntual en adiestramiento de personal..... 64
Tabla 16: Inversión total..... 65
Tabla 17: Beneficio total semestral luego de la implantación del RCM..... 65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Horas de Parada vs. Líneas de Producción..... 52
Gráfico 2: Horas de Parada vs. Equipos..... 53
Gráfico 3: Modos de Fallas Potenciales del Núcleo 5..... 54
Gráfico 4: Causas de Modos de Falla vs. Horas de Parada..... 55

ÍNDICE DE ANEXOS

BENEFICIOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MTTO. RCM..... 73

Anexo 1: Beneficios..... 73

ANÁLISIS DE CRITICIDAD..... 77

Anexo 2: Análisis de Consecuencia..... 77

Anexo 2.1.: Análisis de Seguridad..... 77

Anexo 2.2.: Análisis de Impacto Ambiental..... 78

Anexo 2.3.: Análisis de Productividad..... 79

Anexo 2.3.1. Análisis de porcentaje de cumplimiento..... 79

Anexo 2.3.2. Análisis de productividad de costos..... 80

Anexo 2.3.3. Análisis de capacidad de los puestos de trabajo. 81

Anexo 2.3.4. Análisis consolidado de producción..... 82

Anexo 2.4.: Análisis de Calidad Interna..... 83

Anexo 2.5.: Análisis de Calidad Externa..... 84

Anexo 3: Análisis de Complejidad..... 85

Anexo 3.1.: Análisis de Nivel de Apoyo..... 85

Anexo 3.2.: Análisis de Etapas x Familia..... 86

Anexo 3.3.: Análisis de Clase de Área..... 87

Anexo 3.4.: Análisis de Puntos de Control..... 88

CRITERIOS UTILIZADOS..... 89

Anexo 4: Criterios utilizados en los Análisis de Consecuencia..... 89

Anexo 4.1.: Análisis de Seguridad..... 89

Anexo 4.2.: Análisis de Impacto Ambiental..... 89

Anexo 4.3.: Análisis de Productividad..... 90

Anexo 4.3.1. Análisis de porcentaje de cumplimiento..... 90

Anexo 4.3.2. Análisis de productividad de costos..... 90

Anexo 4.3.3. Análisis de capacidad de los puestos de trabajo. 91
Anexo 4.4.: Análisis de Calidad Interna..... 91
Anexo 4.5.: Análisis de Calidad Externa..... 92
Anexo 5: Análisis de Complejidad..... 93
Anexo 5.1.: Análisis de Nivel de Apoyo..... 93
Anexo 5.2.: Análisis de Etapas x Familia..... 93
Anexo 5.3.: Análisis de Clase de Área..... 94
Anexo 5.4.: Análisis de Puntos de Control..... 94
Anexo 6: Tabla de Criterios Utilizados para Jerarquización de Matriz de Consecuencia..... 95
Anexo 7: Tabla de Criterios Utilizados para Jerarquización de Matriz de Complejidad..... 95

ANÁLISIS DE MODO DE FALLAS..... 96
Anexo 8: Tabla de Horas de Parada en Empaque en Núcleo 5..... 96
Anexo 9: Tabla de Horas de Parada por Equipo en Núcleo 5..... 96
Anexo 10: Tabla de Horas de Parada por Falla Potencial en Núcleo 5..... 97
Anexo 11: Tabla de Horas de Parada por Causa de Falla en Núcleo 5..... 98
Anexo 12: Tabla de Consecuencia por Modo de Falla..... 99
Anexo 13: Tabla de Severidad por Modo de Falla en Núcleo 5..... 100
Anexo 14: Tabla de Criterios para Análisis de la Severidad por Modo de Falla..... 101
Anexo 15: Tabla de Ocurrencia por Modo de Falla en el Núcleo 5..... 102
Anexo 16: Tabla de Criterios para Análisis de la Ocurrencia de los Modos de Falla..... 103
Anexo 17: Tabla de Controles de Falla del Núcleo 5..... 104

Anexo 18: Tabla de Criterios de Evaluación para determinar la Detección de una Causa del Modo de Falla en el Núcleo 5..... 105
Anexo 19: Tabla de Nivel de Detección por Causa del Modo de Falla..... 106

PLAN DE MANTENIMIENTO..... 108
Anexo 20: Rutinas de Mantenimiento..... 108

LISTAS DE REPUESTOS REQUERIDOS..... 115
Anexo 21: Repuestos Necesarios para el Plan de Mantenimiento..... 115

FOTOGRAFÍAS..... 125
Anexo 22: Área de Empaque..... 125
Anexo 23: Empaquetadora SIG..... 125
Anexo 24: Devanadora 1..... 126
Anexo 25: Devanadora 2..... 126
Anexo 26: Dosificadora..... 127
Anexo 27: Cierre Superior..... 127
Anexo 28: Codificador JAIME..... 128
Anexo 29: Enfardadora 1..... 128
Anexo 30: Enfardadora 2..... 129
Anexo 31: Paletizadora..... 129

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el sector industrial manufacturero venezolano ha sufrido una profunda transformación, donde en abundancia de recursos, los costos de operación eran poco importantes frente a márgenes de ganancia ya que se contaba con presupuestos generosos, hoy en día se experimenta una situación de creciente inflación y mercados cada vez más competitivos lo que ha originado presupuestos de gastos cada vez menores.

Bajo esta situación, las empresas industriales venezolanas dedicadas al área de manufactura, han visto que cada día cuentan con menos recursos para mantener su parque industrial. En este sentido, en el sector se conoce que la única manera de sobrevivir es mejorando la productividad, por lo que es aquí donde una adecuada gestión de mantenimiento cobra importancia.

Empresas Polar, en la búsqueda por lograr fortalecer la pericia técnica, humana y operativa de su personal en el exigente y productivo mundo de la Confiabilidad, así como también orientar el conocimiento del personal estratégico en la maximización de su rentabilidad, se propuso diseñar un programa Integral en Confiabilidad Operacional, que abarcara los principios fundamentales para la identificación de oportunidades, jerarquización de procesos, estrategias de planificación, herramientas y metodologías enfocadas en las nuevas tendencias de Gerencia de Activos y Análisis de Riesgo.

El tema o problema que se pretende analizar en este trabajo consiste en diseñar un plan piloto para mejorar la gestión de mantenimiento en una línea de producción de una planta procesadora de alimentos, a través de la metodología RCM -Mantenimiento Centrado en Confiabilidad-. El estudio se llevará a cabo en la Empresa Remavenca, perteneciente al grupo de Empresas Polar, cuya planta de producción se encuentra ubicada en Turmero, Estado Aragua.

Los subprocesos involucrados en los procesos a estudiar están conformados por gran cantidad de equipos sumamente complejos, algunos con bastantes años de trabajo y otros relativamente nuevos. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de dichos activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las

funciones de los equipos, ver cuáles son sus posibles fallas, investigar los modos y causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias.

A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinarán las estrategias de mantenimiento más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1. RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA

Las Empresas Polar tienen su origen en Mendoza & Compañía, una modesta fábrica de jabones propiedad del abogado e internacionalista Lorenzo Mendoza Fleury, quien en 1941 funda en Antímano, CERVECERÍA POLAR C.A., para procesar cerveza tipo Pilsen basándose en cebada malteada.

Para llevar a cabo la elaboración de cerveza se requería la adquisición de flakes[1], los cuales eran importados para ese momento, por ello, la necesidad de complementar e integrar las materias primas presentes en el proceso dieron origen a la división de alimentos, cuya finalidad inicial era la creación de las hojuelas de maíz para cubrir las necesidades de la empresa, por lo que el 22 de Septiembre de 1954 se funda a Refinadora de Maíz Venezolana C.A., mejor conocida como Remavenca.

En los años posteriores el gobierno en turno decretó la restricción de la importación de flakes, obligando a las demás empresas cerveceras competidoras de Cervecería Polar a comprar los flakes que esta producía, por lo que Remavenca pasó de ser una empresa suplidora de materia prima a ser una herramienta efectiva para controlar a la competencia y por ende dominar el mercado.

A finales de los años 50, la restricción fue levantada y con ello se liberaba el yugo que Cervecería Polar, junto con Remavenca tenían en el mercado. Por lo tanto la directiva debía pensar qué hacer con esta última, ya que teniendo la maquinaria y equipo para procesar el maíz ya instalado no podían concebir el cierre de esta empresa solamente porque ya la demanda de flakes era muy inferior a la oferta. Primeramente se pensó en producir harina para la elaboración de cachapas por ser un plato típico nacional y que al usar este producto se le facilitaría el trabajo a la ama de casa tradicional. Esta idea innovadora no tuvo mayor trascendencia en el consumidor, por lo que se debió pensar en otra manera de aprovechar el grano dorado.

[1] Hojuelas de maíz.

En 1959, la directiva y demás colaboradores inician un nuevo proyecto que suplanta al esquema anterior, se inicia la producción de harina de maíz precocida, ya que para aquel momento la preparación de la popular arepa obligaba a las amas de casa a realizar una tarea sumamente pesada y laboriosa, mientras que al usar este producto el proceso pasaría a ser una elaboración mucho más sencilla y rápida. La iniciativa se debe al señor Villasmil, quien movido por la curiosidad observó que, al moler los copos de maíz se formaba harina y que al agregársele agua se obtenía masa. Esta idea fue concebida bajo la tutela y supervisión inmediata de los propios fundadores, hasta convertirse en una realidad industrial, gracias a ello, la empresa decide aprovechar las cualidades proteicas del vegetal ya que a través de una serie de procesos a los que se somete el grano de maíz se puede aprovechar el germen y la concha del mismo para la obtención de aceite crudo y el resto del grano para la fabricación de harinas.

Es por ello que a partir del 10 de Diciembre de 1960, Remavenca se convierte en la primera planta fabricante de harina de maíz precocida, por medio de la entrada al mercado nacional de la Harina P.A.N.[2], convirtiéndose en la única harina de maíz blanca refinada y precocida del país. "Se acabó la piladera", eslogan con el que sale al mercado nacional éste nuevo renglón de consumo masivo, hoy pan diario de los venezolanos. En el primer mes se despachan 50 mil kilos y al fin del primer año, las ventas pasan de 1 millón de kilos mensuales.

Posteriormente un grupo de profesionales y técnicos comienzan a deslumbrar una idea ambiciosa e innovadora; crear otro producto a base del maíz, que sea de alta calidad y netamente venezolano, naciendo Mazeite, considerado el más saludable de los aceites comestibles, además de lograr el reconocimiento de la Comisión Venezolana de Normas Industriales[3].

El crecimiento de Remavenca iba a la par con la demanda de sus productos en el mercado. En 1956 fue puesto en servicio el nuevo molino de maíz con una capacidad y cocción previa de tres toneladas por hora. En 1959, se construyen un silo para almacenamiento del maíz con capacidad de 10.000 toneladas, una recepción, pre-limpieza y un secador, a los que se le añade un depósito de producto terminado.

[2] P.A.N. acrónimo de Producto Alimenticio Nacional.
[3] COVENIN.

Entre los años 1972 y 1974, se instala en planta un nuevo silo con capacidad de 40.000 toneladas, con su respectiva recepción, pre-limpieza y un secador de maíz con capacidad de 65.000 toneladas por hora. Durante ese período también se lleva a cabo la instalación de una nueva planta de extracción de aceite crudo a través del uso de solventes cuya capacidad de producción es de 200 toneladas, lo que equivale a 8.3 toneladas por hora, así como también de una planta de preparación de material extraíble. La ampliación de la capacidad instalada de la planta era esencial para cubrir la demanda de los productos, que allí se procesaban, por parte un consumidor nacional que cada día iba en pleno crecimiento, es por ello que, en 1982, se comienza la construcción de la planta de extracción de aceite crudo a base de solvente de 300 toneladas, es decir 12.5 toneladas por hora y se lleva a cabo un plan de mejora y acondicionamiento de la planta de material extraíble.

Siguiendo la política de preservación ambiental que ha mantenido Empresas Polar desde sus inicios, se culmina, en 1983, la planta de tratamiento de aguas residuales, también conocida como PTAR, cuya finalidad era la limpieza de los vertederos industriales de la empresa, regresando los recursos naturales necesarios para el desarrollo del proceso productivo en las mismas condiciones en las que fueron tomadas.

El año siguiente, se amplía la instalación de refinado de aceite comestible, siendo la etapa principal del proceso la desodorización continua del aceite, requisito indispensable para la refinación física del mismo. En 1989, arranca el servicio de molienda V, cuya capacidad de proceso oscila alrededor de las 200 toneladas por hora.

En los años correspondientes al período entre 1995 y 1996, se pone en servicio la planta de Mazina, con el objeto de producir la materia prima utilizada como complemento para la producción de alimentos de consumo animal.

La Unidad Estratégica de Negocio (UEN) Alimentos cuenta con tres plantas procesadoras de maíz, una de arroz, un pastificio, tres plantas productoras de alimentos balanceados para animales, una compañía de silos, una planta productora de helados y una planta de empaques y envases flexibles, entro otras. En conjunto la UEN de Alimentos posee una participación en el mercado venezolano del 90% en aceite de maíz, 70% en harina precocida de maíz, 60% en helados y 30% en arroz.

2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y ÁREAS DE OPERACIONES

La Refinadora de Maíz Venezolana C.A.4 está ubicada en la carretera nacional de la Encrucijada de Turmero, Municipio Santiago Mariño, del Estado Aragua en la región central de Venezuela como se muestra en la Figura 1. Ocupa un área aproximada de 174.258,93 m2 con una potencia humana mayor a 700 trabajadores. Actualmente se procesan 720.000 Kg. de maíz al día con un rendimiento en productos terminado de 500.000 Kg. de harina precocida y 100.000 litros de aceite diario.

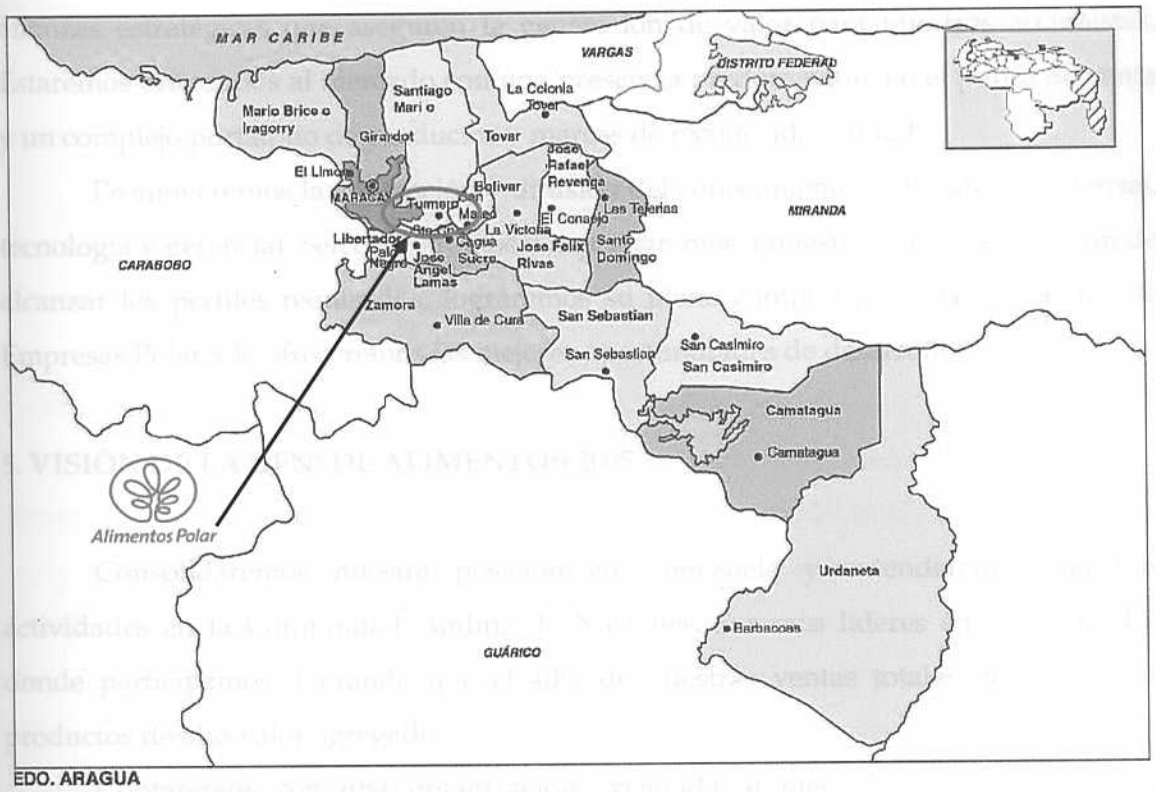


Figura 1. Ubicación Geográfica de Remavenca – Turmero
Fuente: www.a-venezuela.com

3. MISIÓN DE EMPRESAS POLAR

Satisfacer las necesidades de consumidores, clientes, compañías vendedores, concesionarios, distribuidores, accionistas, trabajadores y suplidores, a través de

[4] REMAVENCA.

nuestros productos y de la gestión de nuestros negocios, garantizando los más altos estándares de calidad, eficiencia y competitividad, con la mejor relación precio/valor, alta rentabilidad y crecimiento sostenido, contribuyendo con el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad y el desarrollo del país.

4. VISIÓN DE EMPRESAS POLAR 2005

Seremos una corporación líder en alimentos y bebidas, tanto en Venezuela como en los mercados de América Latina, donde participaremos mediante adquisiciones y alianzas estratégicas que aseguren la generación de valor para nuestros accionistas. Estaremos orientados al mercado con una presencia predominante en el punto de venta y un complejo portafolio de productos y marcas de reconocida calidad.

Promoveremos la generación y difusión del conocimiento en las áreas comercial, tecnología y gerencial. Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo.

5. VISIÓN DE LA UEN[5] DE ALIMENTOS 2005

Consolidaremos nuestra posición en Venezuela y extenderemos nuestras actividades en la Comunidad Andina de Naciones. Seremos líderes en los mercados donde participemos, logrando que el 40% de nuestras ventas totales provengan de productos de alto valor agregado.

Contaremos con una organización orientada al mercado, que promueva la generación y difusión del conocimiento en las áreas comercial, tecnológica y gerencial.

Desarrollaremos un portafolio de marcas fuertes y de reconocida calidad, así como sistemas comerciales y de información que nos permitan colocar nuestros productos en la totalidad de los puntos de venta, donde tendremos una presencia predominante.

[5] U.E.N. siglas de Unidad Estratégica de Negocios.

Seleccionaremos y capacitaremos a nuestro personal con el fin de alcanzar los perfiles requeridos, lograremos su pleno compromiso con los valores de Empresas Polar y le ofreceremos las mejores oportunidades de desarrollo.

6. VALORES EMPRESARIALES

Orientación al mercado: Satisfacer las necesidades de sus consumidores y clientes de manera consistente.

Orientación a resultados y eficiencia: Son consistentes en el cumplimiento de sus objetivos, al menor costo posible.

Agilidad y flexibilidad: Actúan oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por su visión, misión y valores.

Innovación: Tienen una actitud proactiva ante la generación de nuevas tecnologías y nuevos productos. Poseen la disposición a aprender, gerenciar y difundir el conocimiento.

Trabajo en equipo: Fomentan la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes.

Reconocimiento continuo al logro y la excelencia: Fomentan y reconocen constantemente entre sus trabajadores la excelencia y la orientación al logro.

Oportunidades de empleo sin distinción: Proveen oportunidades de empleo en igualdad de condiciones.

Integridad y Civismo: Exhiben una actitud consistente ética, honesta, responsable, equitativa y proactiva hacia su trabajo y hacia la sociedad en la cual se desenvuelven.

Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas: Buscan el beneficio común en sus relaciones con las partes interesadas del negocio.

7. OBJETIVO EMPRESARIAL DE REMAVENCA

Remavenca, como empresa perteneciente a la UEN de Alimentos de Empresas Polar, tiene el compromiso de suministrar, en forma permanente, los productos y

servicios que satisfagan las necesidades del cliente, así como también garantizar el mejoramiento continuo de la calidad en todos los aspectos que le competen, asegurando la permanencia de la organización, conservar el medio ambiente y a su vez lograr, de alguna manera, el mejoramiento de la calidad de vida en los mercados donde se tenga participación.

8. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA UEN DE ALIMENTOS

➢ DIRECCIONES DE APOYO

Actualmente, como partes esenciales de la estructura de la UEN, existen cuatro áreas de apoyo a la gestión: las direcciones de Administración y Finanzas, de Ventas y Distribución, Técnica y de Logística y Abastecimiento, las cuales ofrecen el soporte necesario a los procesos de gestión de los negocios.

➢ DIRECCIÓN DE CONSUMO HUMANO

Esta dirección ofrece al consumidor venezolano un abanico de alternativas nutricionales a través de nuevos productos de valor agregado, actual filosofía de la UEN de Alimentos para afianzar su posición en el mercado nacional y extender sus actividades hacia la Comunidad Andina de Naciones[6]. Dentro de esta dirección se concentran las siguientes unidades:

- Negocio de Pasta, Arroz, Sopas y Caldos.
- Negocio Maíz, Avenas y Bebidas Instantáneas.
- Negocio Salsas, Untables y Aceites.
- Negocio de Alimentos Congelados, Refrigerados y Enlatados.
- Negocio Helados y Postres.

➢ ABA, LIMPIEZA Y FOOD SERVICE

[6] CAN.

Dentro de la UEN de Alimentos existen actualmente otros tres negocios que complementan el portafolio de sus productos: Alimentos Balanceados para Animales[7], Limpieza y Food Service.

Para el Negocio de ABA este nuevo ejercicio es el inicio de un proceso de cambios donde la ampliación del portafolio hacia productos de mayor valor agregado y una excelencia en distribución serán las prioridades de esta unidad. Mientras que para el Negocio de Limpieza, contar con el impulso de una marca con tradición como lo es Las Llaves -con más de 120 años de existencia- representa una valiosa oportunidad para la diversificación hacia mercados y productos de mayor valor agregado.

Y finalmente, el Negocio de Food Service (ventas institucionales) se vislumbra aquí en Venezuela con un interesante potencial de crecimiento mayor en relación con las ventas de retail. Es por eso que la UEN de Alimentos ha creado esta unidad a través de la cual pretende atender un segmento especializado del mercado de alimentos consumidos fuera del hogar.

- DIRECCIONES NACIONALES DE RRHH Y SISTEMAS

Siempre con miras de lograr los objetivos medulares, existen dentro de la UEN de Alimentos las Direcciones Nacionales de RRHH y Sistemas. Estas gerencias nacionales funcionan como áreas de soporte sumamente importantes, más aún en estos momentos en que ambas deben responsabilizarse de una crucial tarea: integrar a su gente cultural y tecnológicamente.

- DIRECCIÓN DE OPERACIONES INTERNACIONALES

En sintonía con la Visión 2005 de la UEN de Alimentos, se crea la Dirección de Operaciones Internacionales cuya plataforma de impulso es el negocio en Colombia. Seis años han transcurrido desde que Empresas Polar inició operaciones en el vecino país con la producción de Harina P.A.N. Hoy en día, con la adquisición de Mavesa, la cual ya

[7] ABA.

comercializaba parte de su productos allí, se completa aún más el portafolio de la UEN de Alimentos, redimensionando al mismo tiempo la estructura del negocio para mantenerse en línea con la casa matriz, aquí en Venezuela.

- PLANTAS PRODUCTIVAS

Hasta el momento, la UEN de Alimentos funciona con tres plantas de maíz (Remavenca en Cumaná, Chivacoa y Turmero), un pastificio (Mosaca en Maracaibo), tres plantas procesadoras de alimentos para animales (Procría en Santa Cruz de Aragua, Maracaibo y Chivacoa), una planta de empaques (Rotoven en Maracay), una planta de salsas y untables (Mavesa Alimentos en Valencia), una planta de limpieza (Mavesa Limpieza en Valencia), una planta de alimentos refrigerados del mar (Alimar en Cumaná), una planta de alimentos enlatados (Alimentos Margarita en Mariguitar), una planta procesadora de aceite de palma (Palmonagas en Monagas), una planta de helados (Productos EFE en Caracas), y una planta de maíz y avena en el exterior (Promasa en Facatativa, Colombia), Delicol en Bogotá, Pricol (Quaker) en Cali .

- DIRECCIÓN DE COMERCIALIZACIÓN

En estos momentos, la UEN de Alimentos posee la comercializadora Alimentos Polar Comercial para su proceso de distribución y ventas en Venezuela. Mientras que en Colombia cuenta con más de 30 distribuidores independientes entre los cuales se encuentra Alimentos Polar Colombia, que pertenece a su organización. De esta manera, pueden llegar a cada rincón de ambos países.

9. ORGANIGRAMAS DE LA EMPRESA

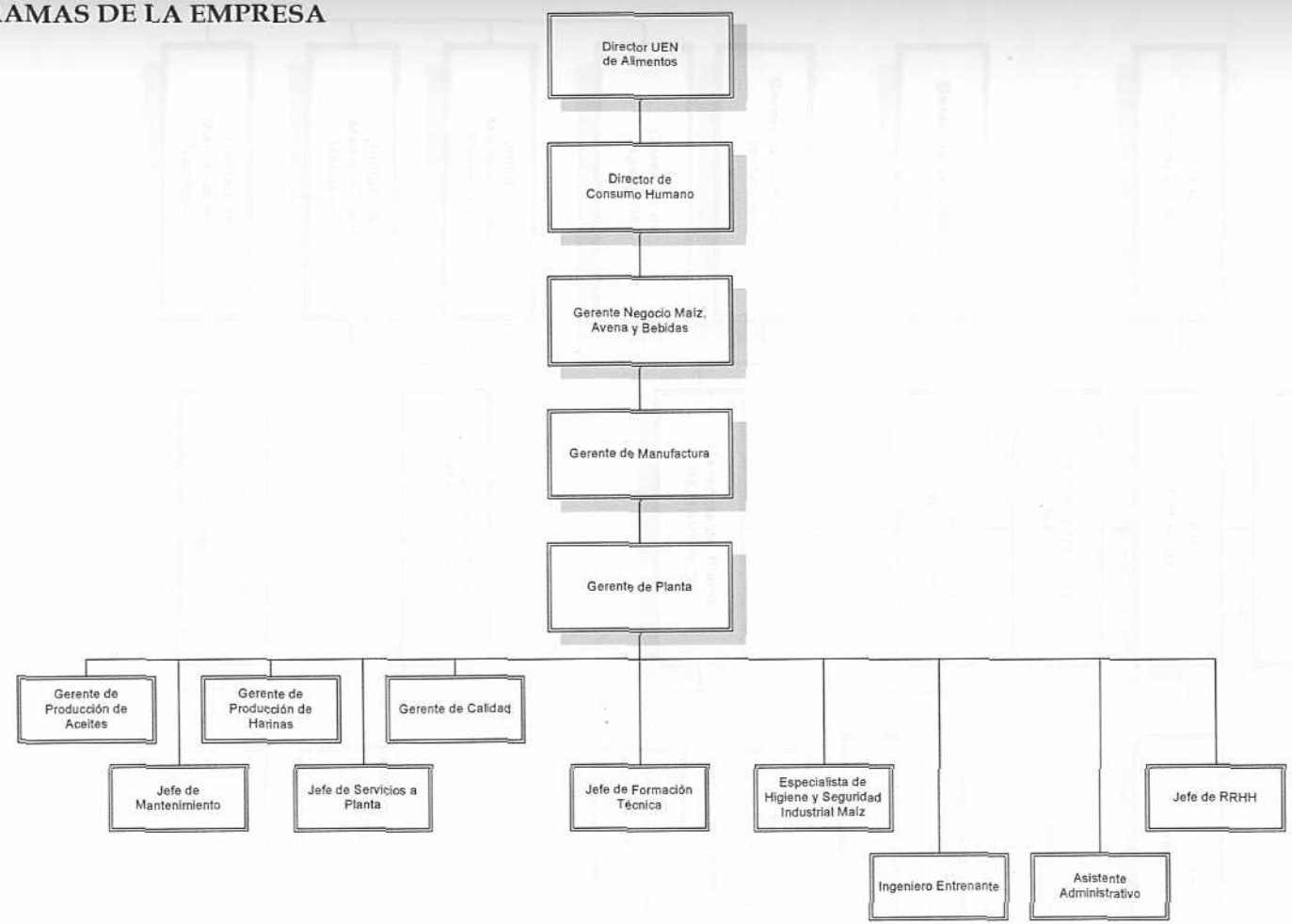


Figura 2. Organigrama Remavenca – Turmero
Fuente: Documentos Remavenca

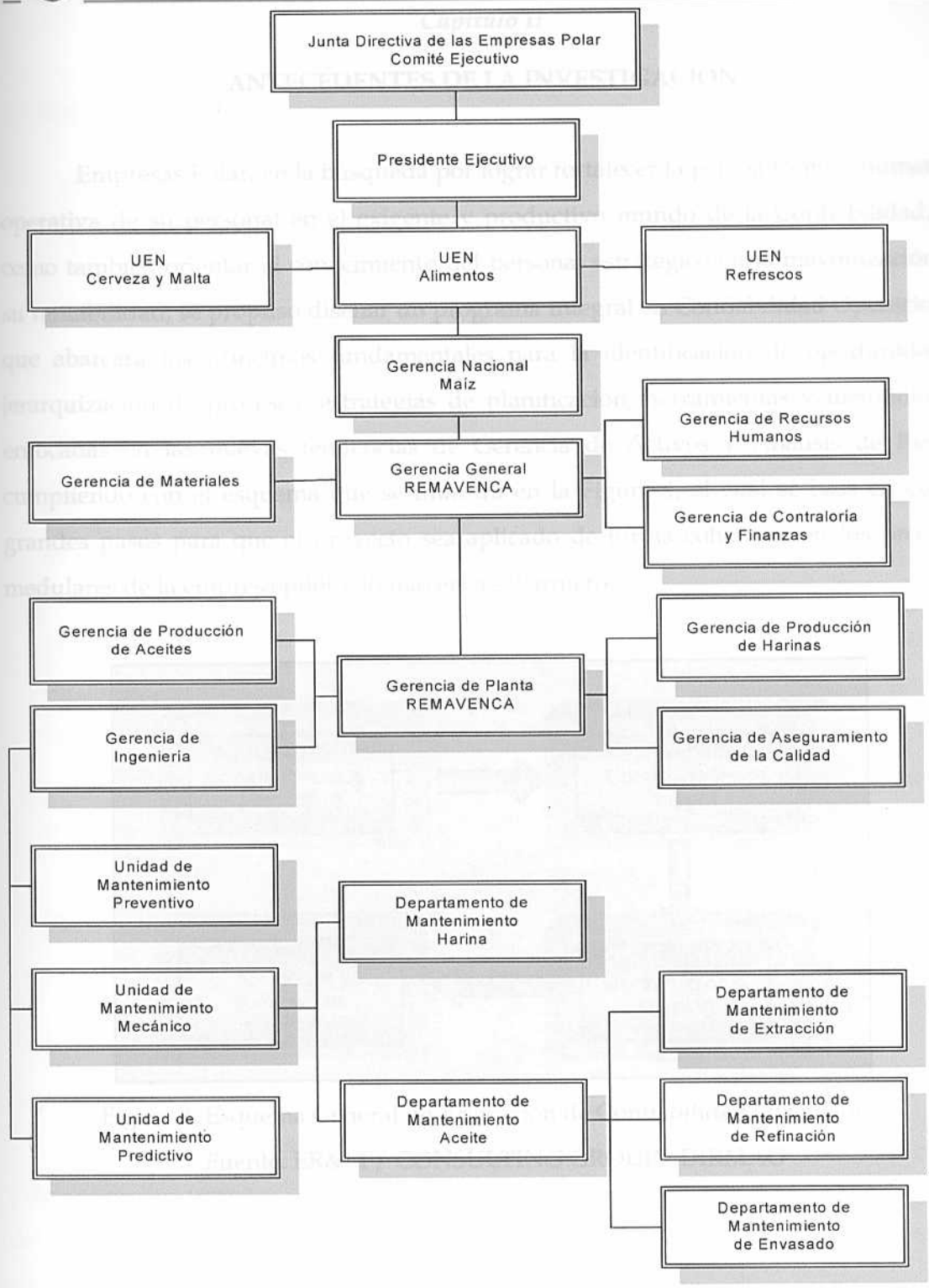


Figura 3. Organigrama Empresas Polar
Fuente: Documentos Remavenca

Capítulo II

ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Empresas Polar, en la búsqueda por lograr fortalecer la pericia técnica, humana y operativa de su personal en el exigente y productivo mundo de la Confiabilidad, así como también orientar el conocimiento del personal estratégico en la maximización de su rentabilidad, se propuso diseñar un programa Integral en Confiabilidad Operacional, que abarcara los principios fundamentales para la identificación de oportunidades, jerarquización de procesos, estrategias de planificación, herramientas y metodologías enfocadas en las nuevas tendencias de Gerencia de Activos y Análisis de Riesgo, cumpliendo con el esquema que se muestra en la Figura 4, el cual se basa en cuatro grandes pasos para que el proyecto sea aplicado de forma coherente en los procesos medulares de la empresa piloto, Remavenca – Turmero.

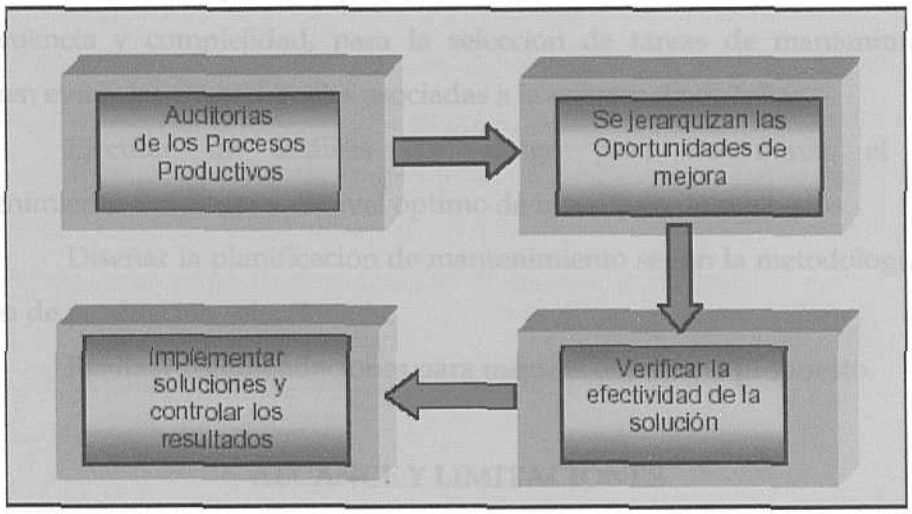


Figura 4. Esquema General de Aplicación de Confiabilidad Operacional
Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan piloto para mejorar la gestión de mantenimiento en una línea de producción de una planta procesadora de alimentos, a través de la metodología RCM -Mantenimiento Centrado en Confiabilidad-.

2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar un análisis de criticidad a los subprocesos productivos de la empresa, a través de la matriz de consecuencia y complejidad, para determinar cual de ellos representa el mayor impacto dentro del proceso productivo.
- Efectuar un análisis de modo y efecto de falla, a los equipos pertenecientes al subproceso productivo seleccionado a través de la matriz de consecuencia y complejidad, para la selección de tareas de mantenimiento que busquen evitar las consecuencias asociadas a la ocurrencia de fallas.
- Ejecutar un análisis costo-riesgo para determinar el tipo de mantenimiento a efectuar y el nivel óptimo de inventario de repuestos.
- Diseñar la planificación de mantenimiento según la metodología RCM en la línea de producción seleccionada.
- Realizar recomendaciones para mejoras del diseño propuesto.

ALCANCE Y LIMITACIONES

El presente trabajo se limitará al cumplimiento de los objetivos específicos planteados. No formará parte del proyecto como uno de sus objetivos la implantación del sistema, será Empresas Polar quien determine si la propuesta es viable para su ejecución.

La información utilizada provendrá de fuentes bibliográficas. La metodología empleada para la elaboración del trabajo de grado estará basada en los principios de la metodología RCM, así como herramientas tomadas de Gestión de Planes de

Mantenimiento, Ingeniería de Métodos, Diseño de Plantas, Investigación de Operaciones, Sistemas de Producción, Estadística, Finanzas, entre otros.

METODOLOGIA EMPLEADA

Fase 0: Levantamiento de información

Consiste en realizar un levantamiento del escenario actual en relación a la gestión de mantenimiento, así como también, toda la información referente a los equipos involucrados en los diferentes procesos a analizar.

Fase 1: Análisis de Criticidad.

Radica en un estudio de las áreas y subprocesos de la empresa, para conocer cual de ellos representa el de mayor impacto, colocando un nivel de puntuación proporcional al nivel de riesgo del mismo. En el área de consecuencia se tomarán en cuenta los siguientes criterios: Seguridad, calidad interna, productividad, satisfacción al cliente e impacto ambiental. En el área de complejidad se considerarán los siguientes criterios: Clase de área de trabajo, nivel de apoyo requerido en el mantenimiento, cantidad de familias y etapas por subproceso y cantidad de puntos de control.

Fase 2: Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF).

Consiste en un estudio exhaustivo de las posibles causas de fallas del subproceso más crítico según el Análisis de Criticidad, permitiendo la selección de tareas de mantenimiento que busquen evitar o disminuir las consecuencias asociadas a la ocurrencia de las fallas. Se analizará el nivel de detección de los sistemas de control de fallas, así como también la severidad de los efectos o consecuencias de las fallas.

Fase 3: Diseño de la Planificación de Mantenimiento.

Se basa en el diseño de la planificación de mantenimiento según la metodología RCM en la línea de producción seleccionada, para posteriormente especificar las recomendaciones y mejoras a la planificación de mantenimiento actual.

Fase 4: Análisis Costo – Riesgo.

Consiste en estudiar, en el subproceso más crítico, los factores de gastos de mantenimiento específicamente gasto de mantenimiento planificado, gasto de mantenimiento correctivo y gasto de mantenimiento preventivo, para verificar si la planificación de mantenimiento propuesta realmente genera un ahorro a la empresa en comparación con su planificación actual.

RELIABILITY CENTRED MAINTENANCE - RCM

1. LOS PRINCIPIOS DEL RCM

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

El RCM[8] "Reliability Centered Maintenance" constituye una estrategia de mantenimiento cuyo objetivo principal es preservar las funciones de un determinado sistema, diferente de las políticas tradicionales de mantenimiento, que tienen como enfoque primordial la preservación del equipamiento. Los equipos no son importantes por sí solos, sino por la función que cumplen dentro del sistema. En este sentido se toman en cuenta las consecuencias de la parada de un equipo para el sistema.

Un aspecto fundamental del RCM es reconocer que la consecuencia de un fallo es mucho más importante que sus características técnicas, y por tanto solamente merecen esfuerzos de planificación, predicción, financieros, de recursos materiales y de mano de obra, aquellos fallos que puedan y que valga la pena ser prevenidos.

2. BREVE RESEÑA HISTÓRICA

El RCM fue desarrollado a fines de los sesenta por la industria aeronáutica, la cual se vio en la necesidad de "ver mejor" el mantenimiento según se estaba desarrollando entonces (mantenimiento preventivo, mayormente desarrollado por fabricantes de partes). Esta forma de mantenimiento imposibilitaba una eficaz operación del Boeing 747, obligándolo a estar mucho tiempo en tierra para mantenimiento preventivo. Los resultados fueron sorprendentes y en muy poco tiempo era herramienta estándar de las fuerzas militares norteamericanas y de la industria nuclear.

[8] También se le llama en castellano Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o MCC.

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

El RCM fue originalmente definido por los empleados de la United Airlines Stanley Nowlan y Howard Heap en su libro "Reliability Centered Maintenance" / "Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad", el libro que dió nombre al proceso. Este libro fue la culminación de 20 años de investigación y experimentación con la aviación comercial de los USA, un proceso que produjo el documento presentado en 1968, llamado Guía MSG - 1.

En USA el RCM permanece casi intocable a como fue desarrollado, solo con ligeras modificaciones. En Inglaterra en los 90 surgen dos grandes corrientes del RCM, de las cuales el RCM (+) está más dedicada a la mejora del proceso productivo en general. Se dedica a los sistemas más críticos del negocio, incorpora otras herramientas como la optimización de frecuencias de mantenimiento e inspección, RCM en Reversa® y Análisis Causa Raíz (ACR) donde sea requerido.

3. PREMISAS

El RCM se basa en las siguientes premisas:

- Análisis enfocados en funciones.
- Análisis realizados por equipos naturales de trabajo (operaciones, mantenimiento, especialistas técnicos) conducidos por un facilitador, experto en la aplicación de la metodología.
- Es importante responder a las interrogantes en el siguiente mapa, para ubicarnos en el basamento conceptual de la metodología, antes de profundizar en el procedimiento de implantación.

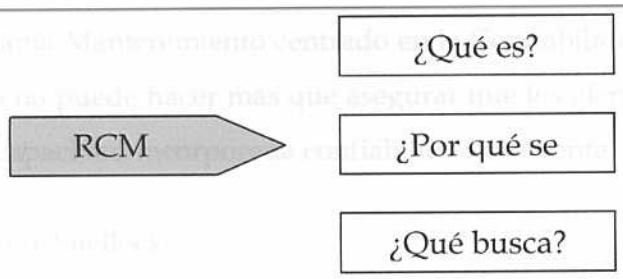


Figura 5. Preguntas del RCM
Fuente: Propia

4. DEFINICIONES

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, lo que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. Esta herramienta de gestión del mantenimiento, permitirá maximizar la confiabilidad operacional de los activos en su contexto operacional, a partir de la determinación de los requerimientos reales de mantenimiento.

Según Anthony Smith:

"Una filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo, se encarga de optimar 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".

Según M.A. CONSULTORA (Chile):

RCM es la denominación universal para una metodología que permite definir, en forma sistemática, estrategias de mantenimiento de máquinas y equipos, originada en el FMEA, desarrollada por la aviación comercial norteamericana y luego adaptada a la industria y equipos de tierra en general.

Según John Moubray de SOPORTE & CIA LTDA. (Colombia):

RCM se llama Mantenimiento centrado en la Confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar que los elementos físicos continúan consiguiendo su capacidad incorporada confiabilidad inherente.

Según Bunny Snellock:

El RCM es "El Mantenimiento que debes hacer para que las instalaciones hagan lo que la Empresa desea que hagan", en otras palabras es la alineación del mantenimiento con la misión de la empresa.

5. IMPLEMENTACIÓN DEL RCM:

A lo largo del mundo más de la mitad de los esfuerzos de RCM son poco aprovechados, por no decir que fracasan, ahora comienza a surgir un gran número de detractores del mismo, al igual como lo surgieron de la gestión de calidad total, el problema en realidad está basado en una mala estrategia de implementación.

Toda aproximación del RCM se basa en responder de una manera sistemática y estructurada las siguientes preguntas:

1. ¿Cuales son las funciones y sus estándares de funcionamiento en cada sistema?
2. ¿Respecto a sus funciones como falla cada equipo?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Que pasa cuando ocurre cada falla?
5. ¿Cuál es el impacto real de cada falla?
6. ¿Cómo se puede prevenir cada falla?
7. ¿Que debe hacerse si no es posible prevenir una falla funcional?

Una vez respondidas dichas preguntas e integrando las herramientas de confiabilidad como se observan en la Figura 6, se tienen plenamente establecidas unas estrategias de mantenimiento que permitirán tener un mayor enfoque en cumplir las funciones de la empresa, son absolutamente genéricas y permiten ser usadas en cualquier tipo de empresa o proceso.

El trabajo es realizado por equipos de trabajo multifuncionales con participación de operadores, técnicos, ingeniería, seguridad y ambiente, así como especialistas cuando

sean requeridos, el grupo está entre 7 y 15 personas máximo, dirigidos por un facilitador experto en RCM.

Si observamos las preguntas del RCM no parecen tener nada mágico de fondo, son solo sentido común, sin embargo este no es muy usado cuando se operan plantas, el sentimiento de responsabilidad es muy grande como para atreverse a tomar grandes decisiones sin algo que las respalde.

Usando un método lógico, estructurado y sistemático con representantes de los diferentes departamentos de la empresa, el conocimiento puede ser compartido y el plan de mantenimiento saldría de un consenso de los responsables de la gestión de los equipos.

Se cree que el enfoque de trabajo no debe estar solo en el Mantenimiento, sino también en la mejora de la EMPRESA TOTAL, entonces el RCM debe ser usado solo en la medida que la empresa lo requiera para mejorar lo que deba mejorar y sea negocio llevarlo a cabo. Esta diferente forma de pensar ha desarrollado una serie de técnicas auxiliares que permitan garantizar que la implementación del RCM sea un negocio rentable para la empresa que lo establece.

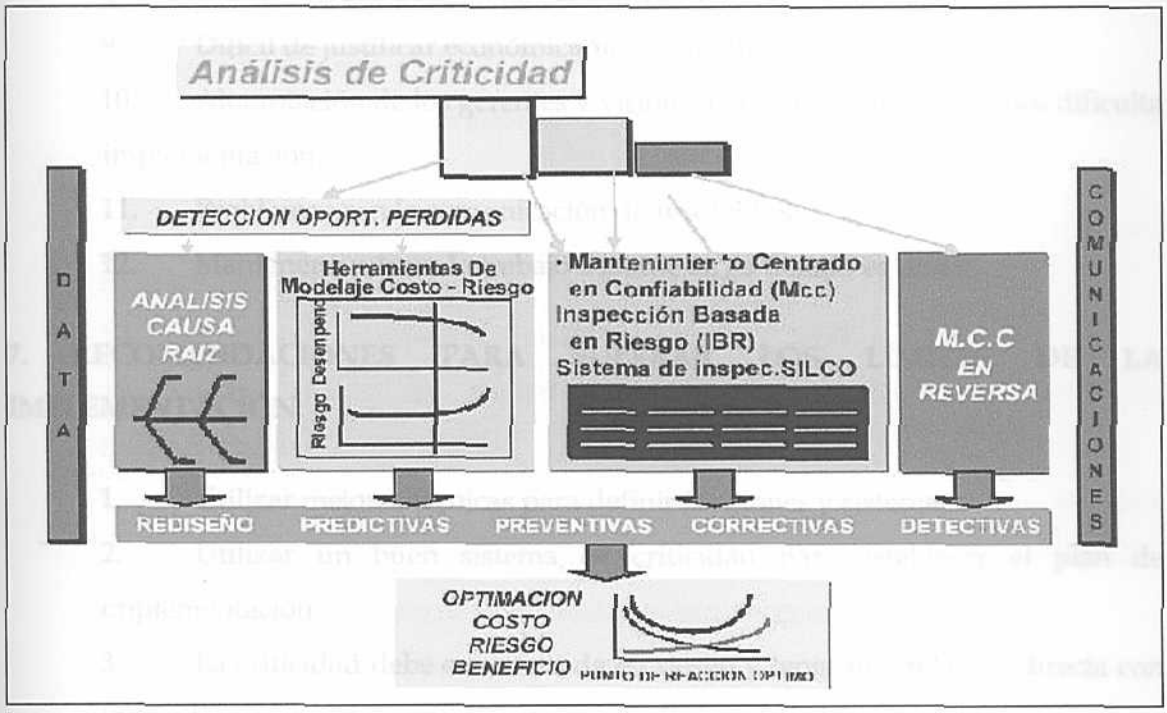


Figura 6. Integración de las herramientas de confiabilidad
Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

6. LIMITACIONES DE LA IMPLEMENTACIÓN:

1. Dificultad en la definición de sistemas y funciones de los equipos involucrados.
2. Dificultades en la creación de un plan jerarquizado de implementación.
3. Mala relación costo - beneficio en más de un 40% de los sistemas evaluados.
4. Problemas en la definición de frecuencias óptimas de mantenimiento, inspecciones, etc.
5. No trata los problemas de operación diaria, muy proactivo, pero sin embargo, el día a día mata las empresas. Eliminando entre otras cosas el tiempo para las reuniones de RCM.
6. Los esquemas de reuniones semanales y grupos de trabajo completos son muy difíciles de implementar.
7. Un plan de implementación global puede tardar muchos años y costar millones de dólares en empresas grandes.
8. Los resultados pueden tardar muchos años en verse.
9. Difícil de justificar económicamente en muchos casos.
10. Alta rotación de los gerentes y visión a corto plazo de los mismos dificulta implementación.
11. Problemas con la comunicación de resultados.
12. Mantener equipos de trabajo durante largo tiempo es difícil.

7. RECOMENDACIONES PARA SUPERAR LOS LÍMITES DE LA IMPLEMENTACIÓN:

1. Utilizar mejores técnicas para definir funciones y sistemas.
2. Utilizar un buen sistema de criticidad para establecer el plan de implementación.
3. La criticidad debe estar basada en riesgo y tener una relación directa con indicadores económicos de la empresa.

4. Establecer planes de implementación de RCM solo para los sistemas críticos.

5. Usar estrategias diferentes para los sistemas de baja criticidad, como el RCM en Reversa.

6. Usar herramientas avanzadas para la optimización por costo Riesgo de las frecuencias de mantenimiento e inspección, así como la evaluación óptima de partes de repuesto y la evaluación económica de los rediseños.

7. Usa herramientas de mejoramiento continuo para resolver los problemas operacionales diarios.

8. Tratar de obtener resultados a corto plazo sin sacrificar los objetivos a largo plazo, este será el combustible para quemar la visión a corto plazo gerencial.

9. Poseer siempre a la mano los resultados económicos de la implementación, para esto se han de desarrollar algunos indicadores de desempeño.

10. Generar planes de comunicaciones y recompensas que permitan mantener el momentum de los equipos de trabajo, este permitirá el compartimiento de la visión de la empresa.

11. Crear planes de mejoramiento que involucren todos los sectores de la empresa.

12. Recordar que el mantenimiento no es el único ingrediente que interviene en el desempeño de las empresas.

13. Mantener un ambiente triunfalista.

14. Crear planes de implementación flexibles, que no dependan de individualidades.

15. Usar el apoyo de consultores que evitarán cometer errores que son más costosos que la misma consultoría. Un buen servicio de consultoría es altamente rentable, factores de retorno de elevados se han observado al primer año.

16. No creer que implementación es solo cuestión de adiestramiento.

17. Implementación es cuestión de práctica y experiencia, soporte externo le permitirá usar la experiencia de ellos y evitar los errores en su empresa.

18. El enfoque está en hacer las cosas: BIEN LA PRIMERA VEZ.

19. Tener planes de desarrollo en búsqueda de la excelencia empresarial, con *indicadores de desempeño, metas a mediano, corto y largo plazo.*

20. Involucrar la mayor cantidad de gente posible.

8. BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR RCM

El RCM ha sido utilizado por una amplia variedad de industrias durante los últimos diez años. Cuando se aplica correctamente produce los beneficios siguientes:

- Mayor seguridad y protección del entorno
- Mejores rendimientos operativos
- Mayor contención de los gastos de mantenimiento
- Más larga vida útil a los equipos
- *Una amplia base de datos de mantenimiento*
- Mayor motivación de las personas en particular

Para ampliar esta información ir a la Sección de Anexos, Anexo 1.

Capítulo IV

CARACTERIZACIÓN DEL TEMA

1. SITUACIÓN ACTUAL

En los últimos años el sector industrial manufacturero venezolano ha sufrido una profunda transformación, donde en abundancia de recursos, los costos de operación eran poco importantes frente a márgenes de ganancia ya que se contaba con presupuestos generosos, hoy en día se experimenta una situación de creciente inflación y mercados cada vez más competitivos lo que ha originado presupuestos de gastos cada vez menores.

Bajo esta situación, las empresas industriales venezolanas dedicadas al área de manufactura, han visto que cada día cuentan con menos recursos para mantener su parque industrial. En este sentido, en el sector se conoce que la única manera de sobrevivir es mejorando la productividad, por lo que es aquí donde una adecuada gestión de mantenimiento cobra importancia.

Tomando en cuenta el creciente auge de la gestión de mantenimiento en el sector industrial manufacturero venezolano, el presente trabajo tiene por objetivo fundamental, el diseño de un plan piloto que permita optimizar los recursos de mantenimiento de una línea de producción para incrementar la productividad de la empresa, basándose en la metodología estadounidense llamada Reliability Centred Maintenance (RCM) o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

En referencia a la planta Remavenca, se puede decir que actualmente cuenta con la data histórica, conocimiento de la herramienta SAP/R3 e infraestructura tecnológica para realizar análisis en mantenimiento que permitan identificar oportunidades de mejoras.

No existe una metodología o criterio único que permita definir la criticidad de los procesos, sus equipos y partes para establecer prioridades de planificación y ejecución de las tareas de mantenimiento, nivel óptimo de inventario y procura de los repuestos, así como tampoco cuentan con un método objetivo para realizar la planificación de gastos de mantenimiento.

Capítulo V

IDENTIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES

1. PROCESOS PRODUCTIVOS

1.1. PROCESO PRODUCTIVO DE HARINAS

➢ RECEPCIÓN DEL MAÍZ

Remavenca trabaja con sus 10 centros externos que reciben el maíz y lo acondicionan para transferencia. La política de transferencia se basa en la condición del maíz y el costo de transporte.

Las condiciones ideales de almacenamiento deben llegar a:

- Humedad de 12 ± 2% para conservar el grano.
- Impurezas de 0% para un buen acondicionamiento y mantenimiento del maíz, ya que la impureza es un foco de formación de insectos.

El maíz llega a Remavenca directamente de los productores o por transferencia, donde es recibido, prelimpiado y almacenado en silos para tratar de que el producto se mantenga en condiciones óptimas para iniciar el proceso productivo.

La materia prima llega a planta en camiones donde se descarga y se transporta a una báscula para ser pesada y luego ser trasladada a la secadora para su limpieza de impurezas finas y gruesas.

Si el producto está muy seco es transportado a los silos a través de los elevadores de cangilones, y si se encuentra húmedo es elevado a la secadora para bajar la humedad; posteriormente se envía a los silos de almacenamiento.

De los silos de almacenamiento, el maíz es llevado a los silos de trabajo de la planta a través de bandas transportadoras de cadena para continuar el proceso productivo.

DESGERMINACIÓN

En esta sección se procede a descomponer el maíz proveniente de los silos de trabajo a través de una serie de procesos para la obtención del grits, germen y concha.

El proceso de Desgerminación comienza con el traslado del maíz desde los silos principales de almacenamiento hasta una báscula que registra la cantidad de maíz que va a ser procesada, para luego pasar a la etapa de prelimpieza donde, mediante un cedazo rotativo, se retiene todo tipo de impurezas grandes[9]; seguidamente es llevado a la separadora de tusas que despoja el maíz de conchas y tusas; finalmente pasa por la deschinadora que separa las piedras y partículas metálicas del maíz.

El maíz ya limpio es transportado a un sinfín mezclador para el proceso de atemperamiento el cual consiste en cambios constantes de temperatura para acondicionarlo a una humedad entre el 17% y 21%, luego el maíz es transportado a un sinfín de premojo donde se le rocía agua para que ablande un poco y pasea los tanques de premojo para terminar su acondicionamiento.

De los tanques de premojo el maíz es precocido en una serie de cocinas donde se les inyecta vapor con el fin de ablandar la concha para que el germen y el grits sean menos frágiles.

El grano proveniente de las cocinas pasa a la máquina desgerminadota de doble paso[10] para la separación del germen, concha y grits. La salida de los desgerminadores se realiza en dos corrientes: Una de flujo frontal de grits grueso que pasa a través de una enfriadora que aspira aire caliente y húmedo logrando enfriarlo, y una corriente inferior cuya salida es sub-producto.

Ambas corrientes son llevadas a los sifter para clasificarlos en distintas formas granulométricas mediante el uso de mallas de diferente medida. Luego son transportados a las Tararas donde se da el último ciclo de limpieza de conchas, tierra, piedras, etc., mediante corrientes de aire. De allí es enviado a las mesas de gravedad para separar el germen y el grits según su peso específico.

---

[9] Impurezas grandes se refiere a objetos como mecatillos, palos, hojas, entre otros.
[10] Se les llama desgerminador de doble paso a los desgerminadores en serie.

Este proceso finaliza con el pesaje del germen y el grits a través de una báscula para ser llevado a los silos de almacenamiento para la siguiente etapa del proceso productivo.

➤ LAMINACIÓN

El grits es trasladado de los silos de almacenamiento hasta la Sección de Laminación que posteriormente lo convierte en harina destinada al consumo humano.

El proceso se inicia en los sinfines de premojo donde el grits es llevado a condiciones de humedad y temperatura requeridos para ser almacenado en los Temperbines durante 3 (tres) horas. Posteriormente se inyecta vapor y agua en las cocinas para facilitar el proceso de laminación, efectuado por los molinos laminadores, que provistos de dos rodillos trituran el grits convirtiéndolo en hojuelas de flake con humedad aproximada del 18%; esta humedad se reduce a un 11% en la secadora, luego se procede a enfriar el flake a temperatura ambiente para efectuar la premolición en los molinos reductores que trituran la hojuela y la convierten en semipolvo.

➤ MOLIENDA

Es el proceso final de la harina. Se obtiene una harina limpia y en óptimo estado para salir al mercado.

El flake almacenado en los silos de molienda es pesado y traslado a los molinos alimentadores para la premolición, luego, los molinos de harinado realizan el verdadero molido del flake. En los sifters se separa la cantidad de producto que ha de reciclarse, la harina terminada que pasa al proceso siguiente y, lo que va a sub-producto.

El producto que debe reciclarse pasa los molinos de harina para mejorar el acabado, y la harina terminada pasa a los silos de almacenamiento.

➤ EMPAQUE

El producto se prepara para ser empaquetado, enfardado y sellado, tomando en cuenta que no pierda su estado óptimo en el proceso de empaque, depósito y traslado.

El proceso se inicia en los silos de almacenamiento de harina donde el producto es pasado por los sifters capaces de eliminar toda clase de componentes gruesos.

La gran cantidad de harina que pasa es llevada a los entoleter cuya función es romper todo tipo de compacto o agrosamiento, permitiendo el paso de harina fina hacia la tolva dosificadora que efectúa el llenado de las bolsas. Esta parte del proceso se denomina Sección de Llenado de Harina, el cual comienza en la devanadora de papel, en donde se devana y corta el papel, para luego pasar a la Sección de Formación de Bolsas.

Después del llenado de las bolsas, se realiza el cierre y sellado superior, saliendo paquetes perfectamente formados y sellados hacia la enfardadora, donde son ordenados en grupos de 20 (veinte) paquetes de Harina P.A.N. para formar fardos que pasan a la paletizadora la cual, a base de fotoceldas realiza el ordenamiento de 72 (setenta y dos) fardos que forman paletas de 9 (nueve) camadas tramadas equivalentes a 1440 Kg. de harina cada una. De aquí pasan al almacén de producto terminado para su comercialización.

1.2. PROCESO PRODUCTIVO DE ACEITES

➤ PREPARACIÓN

Esta fase termina como objetivo para la preparación del material extraíble[11] procedente de la planta de harina, el material es transportado al tanque de germen, donde se descarga a los silos de trabajo y a través de un proceso de reparación acondicionamiento[12] se transforma en pellets, el cual constituye la materia prima para la extracción de aceite crudo del maíz.

➤ EXTRACCIÓN

[11] El material extraíble se refiere a la concha y el germen del grano de maíz.
[12] El proceso de preparación y acondicionamiento consiste en agregar agua y vapor al material extraíble.

Es el proceso donde se extrae toda la grasa contenida en el pellet, mediante el uso de un extractor que pasa por una banda de tamices internos a través de una corriente en sentido contrario de hexano con el objeto de extraer el aceite por una mezcla llamada miscela[13]. Posteriormente se obtiene el aceite crudo del maíz.

En las unidades de extracción se originan líquidos residuales que provienen del lavado de tanques y de equipos de operación.

➤ REFINACIÓN

Es el proceso a través del cual se eliminan física y químicamente las impurezas presentes en el aceite crudo del maíz, proveniente del proceso de extracción para obtener un aceite apto para el consumo humano. El proceso de refinación consta básicamente de 6 (seis) etapas:

CLARIFICACIÓN: Consiste en separar las impurezas insolubles en el aceite crudo, tales como finos, mucílagos[14], etc. En esta etapa el aceite se somete a una temperatura de 70 a 75 °C aproximadamente y luego es centrifugado para obtener el producto deseado: aceite clarificado.

DESGOMADO: En esta etapa, se añade agua al aceite clarificado con el fin de eliminar los fosfátidos hidratables por centrifugación.

DESCENCERADO: Al aceite desgomado se le inyecta soda cáustica al 12% con el fin de formar un agente tenso activo o detergente que permita atraer las ceras contenidas en el aceite, para separarlos por centrifugación. El aceite desgomado más la soda son sometidos a enfriamiento[15] para formar los cristales de ceras a separarse con el detergente.

[13] La miscela es una mezcla de hexano y aceite.
[14] Mucílagos se refiere a gelatinas, emulsiones, pastas o masas.
[15] Enfriamiento a temperatura de 8 °C.

BLANQUEO: Es el proceso mediante el cual se eliminan los fosfátidos no hidratados que superan el proceso de desgomado húmedo. En esta etapa también se disminuye el color, se eliminan peróxidos descompuestos y se mejora la estabilidad oxidativa.

WINTERIZACIÓN: Permite separar los glicéridos de alto punto de fusión que originan enturbamiento y aumento de la densidad de los aceites al bajar la temperatura.

DESODORIZACIÓN: Es un proceso de destilación al vapor bajo condiciones de baja temperatura y alto vacío. Permite eliminar ácidos grasos, compuestos volátiles de olor y sabor característicos, peróxidos e hidroperóxidos que afectan las propiedades organolépticas del aceite refinado.

2. DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

Como se ha mencionado anteriormente el estudio se basó en sólo dos de los procesos que se llevan a cabo en la Planta Remavenca - Turmero, los cuales son:

- Harinas.
- Aceites.

Haciendo énfasis en los subprocesos más importantes que se llevan a cabo dentro de ellos (Ver Tabla 2. Subprocesos a analizar).

3. DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Los subprocesos involucrados en los procesos a estudiar están conformados por gran cantidad de equipos sumamente complejos, algunos con bastantes años de trabajo y otros relativamente nuevos. El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de dichos activos en su contexto de operación. Consiste en analizar las funciones de los equipos, ver cuáles son sus posibles fallas, investigar los modos y causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias.

A partir de la evaluación de las consecuencias es que se determinarán las estrategias de mantenimiento más adecuadas al contexto de operación, siendo exigido que no solo sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

4. ESTABLECIMIENTO DE METAS

Desarrollar un Plan de Mantenimiento adecuado en el subproceso más crítico de la planta, basado en los lineamientos del mantenimiento RCM, que cumpla con todas las exigencias de los fabricantes de cada equipo, ajustadas al contexto operacional de los equipos y de esta manera prolongar su vida útil; eliminar las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" y optimizar los gastos destinados al mantenimiento de los equipos.

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

1. ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componente, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento. Lamentablemente, difícilmente se disponen de recursos ilimitados, tanto económicos como humanos, para poder mejorar al mismo tiempo, estos cuatro aspectos en todas las áreas de una empresa.

¿Cómo establecer que una planta, proceso, sistema o equipo es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe utilizar? ¿Todos los que toman decisiones, utilizan el mismo criterio? El análisis de criticidades da respuesta a estas interrogantes, dado que genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total del universo analizado, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una ecuación matemática, que genera puntuación para cada elemento evaluado.

La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

1.1. CONCEPTO DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto del análisis.

1.2. CONCEPTO DE CONFIABILIDAD

Se define como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado período de tiempo, bajo unas condiciones de operación previamente establecidas.

1.3. CONCEPTO DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Es la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de los siguientes cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la Figura 7, afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

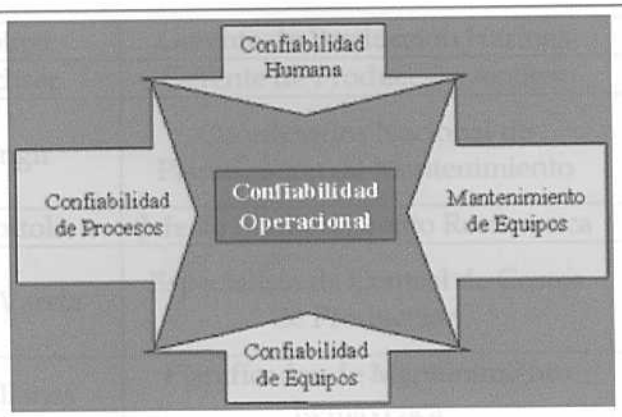


Figura 7. Aspectos de la confiabilidad operacional
Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

1.4. EQUIPOS NATURALES DE TRABAJO

En el contexto de confiabilidad operacional, se define como el conjunto de personas de diferentes funciones de la organización, que trabajan juntas por un periodo de tiempo determinado en un clima de potenciación de energía, para analizar problemas comunes de los distintos departamentos, apuntando al logro de un objetivo común.

En la cultura de los más exitosos existe afinidad por el trabajo en equipo. Los equipos naturales de trabajo son vistos como los mayores contribuyentes al valor de la empresa, y trabajan consistentemente a largo plazo. Los gerentes guían a los miembros hacia el crecimiento del equipo y a obtener mejores resultados bajo el esquema "ganar-ganar".

En este proyecto de RCM desarrollado por Remavenca - Turmero, se definió un grupo variado de participantes, integrado por profesionales con notable experiencia en cada una de las áreas que se disponen a analizar en este estudio. Los Gerentes de Producción, Planificadores y Jefes de Mantenimiento pertenecen a la estructura organizativa de Remavenca – Turmero. La tabla de los integrantes del proyecto se presenta a continuación, especificando el cargo ocupado por cada uno de ellos y el área bajo su responsabilidad dentro del estudio:

Nro.	Nombre y Apellido	Cargo	Área a Analizar
1	Roberto Lander	Gerente de Procesos Industriales	Coordinador General

2	Anibal Solipa	Gerente de Producción Harinas	Productividad
3	Isabel Wichser	Gerente de Producción Aceites	Productividad
4	Raúl Changir	Coordinador Nacional de Planificación de Mantenimiento	Seguridad, Calidad y Satisfacción al Cliente
5	Angelo Mottola	Jefe de Mantenimiento Remavenca	Complejidad
6	Andrónico Varela	Especialista de Control de Costos de Producción	Seguridad, Calidad y Satisfacción al Cliente
7	Juan Magallanes	Planificador de Mantenimiento Remavenca	Complejidad
8	Pedro De Zorzi	Supervisor de Mantenimiento Mecánico Harinas	Complejidad
9	Consuelo García	Jefe de Servicios de Planta	Complejidad
10	Nestor Cala	Supervisor de Compras	Ambiente
11	Miguel Mora	Supervisor de Almacén	Ambiente
12	Lucía Alliegro	Tesista	Apoyo General
13	Oscar Malavé	Tesista	Apoyo General

Tabla 1. Equipo Natural de Trabajo RCM
Fuente: Propia

1.5. JERARQUÍA DE ACTIVOS

Define el número de elementos o componentes de una instalación y/o planta en agrupaciones secundarias que trabajan conjuntamente para alcanzar propósitos preestablecidos. La Figura 8 muestra el estilo de agrupación típica de una instalación, donde se observa que la jerarquía de los activos la constituyen grupos consecutivos.

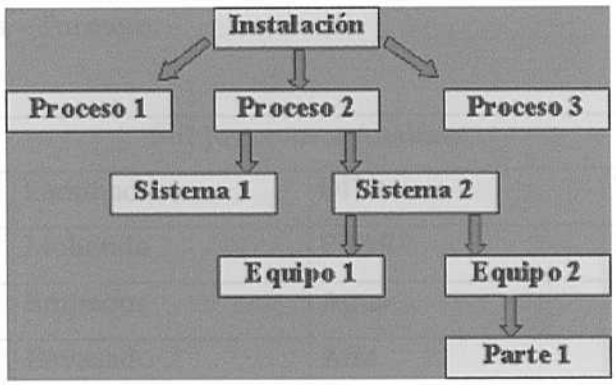


Figura 8. Agrupación típica de instalaciones
Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

Como puede verse en la Figura 8, una planta compleja tiene asociada muchas unidades de proceso (procesos), y cada unidad de proceso podría contar con muchos sistemas (subprocesos), al tiempo que cada sistema tendría varios paquetes de equipos, y así sucesivamente. A medida que se desciende por la jerarquía, crece el número de elementos a ser considerados.

1.6. UNIDADES DE PROCESO

Se define como una agrupación lógica de sistemas (subprocesos) que funcionan unidos para suministrar un servicio o producto al procesar y manipular materia prima e insumos. En este estudio se tomaron en cuenta los dos procesos productivos más importantes que se llevan a cabo en la planta Remavenca – Turmero: Harinas y Aceite, en donde a través del procesamiento y manipulación del grano de maíz (materia prima) se suministran los productos finales Harinas de Maíz Precocida (Harina P.A.N., Ricarina y Mazorca) y Aceite de Maíz (Mazeite).

1.7. SISTEMAS O SUBPROCESOS

Conjunto de elementos interrelacionados dentro de las unidades de proceso, que tienen una función específica. Los subprocesos contemplados en este trabajo de investigación se centran en los subprocesos fundamentales que se llevan a cabo en la planta de Remavenca – Turmero:

Subprocesos a Analizar			
Silos	Laminación	DIT[16]	Vapor
Desgerminación	Molienda	PTAR[17]	Electricidad
Extracción	Empaque	Agua	Talleres
Refinación	Envasado	Aire	Despacho

[16] Derivados Integrales de la Torta
[17] Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

Tabla 2. Subprocesos a analizar
Fuente: Propia

En la Figura 9 a continuación, se puede observar un esquema general del proceso productivo que se lleva a cabo en la planta.

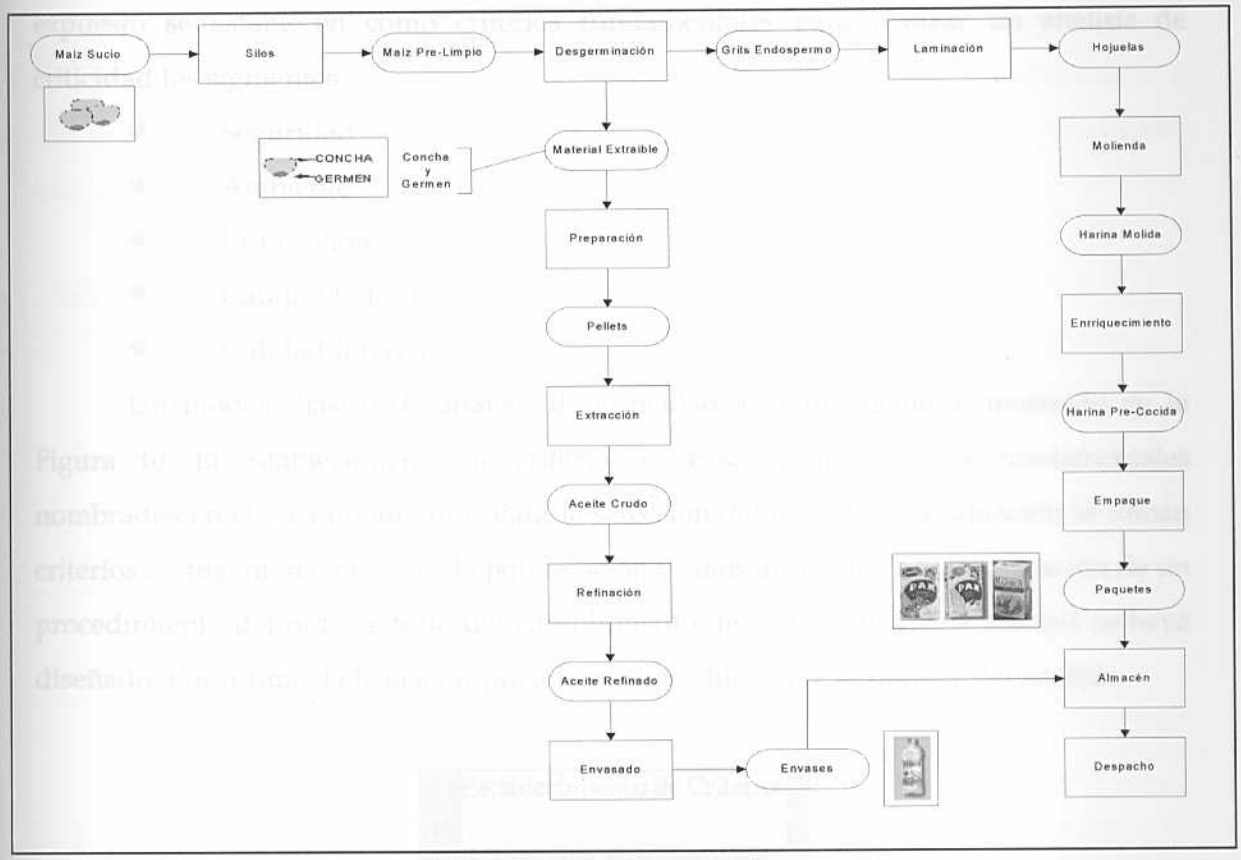


Figura 9. Proceso Productivo General
Fuente: Propia

1.8. CRITICIDAD DESDE EL PUNTO DE VISTA MATEMÁTICO

El objetivo de este análisis de criticidad es establecer un método que sirva como instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de procesos, sistemas y equipos de una planta tan compleja como Remavenca Turmero, permitiendo así subdividir los subprocesos en secciones que puedan ser manejadas de manera controlada y auditable.

Desde el punto de vista matemático la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Complejidad x Consecuencia Ec. (1)

Donde la complejidad está asociada a la dificultad que presenta el proceso evaluado para aplicársele mantenimiento y, la consecuencia está referida con al impacto y flexibilidad operacional y al impacto en seguridad y ambiente. En función de lo antes expuesto se establecen como criterios fundamentales para realizar un análisis de criticidad los siguientes:

- Seguridad
- Ambiente
- Producción
- Calidad Externa
- Calidad Interna

Un modelo básico de análisis de criticidad, es equivalente al mostrado en la Figura 10. El establecimiento de criterios se basa en los criterios fundamentales nombrados en el párrafo anterior. Para la selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería, factores de ponderación y cuantificación. Para la aplicación de un procedimiento definido se trata del cumplimiento de la guía de aplicación que se haya diseñado. Por último, la lista jerarquizada es el producto que se obtiene del análisis.

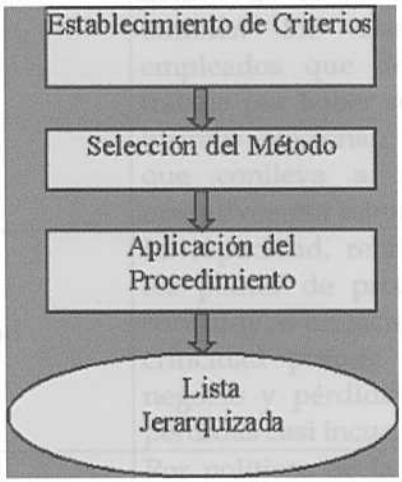


Figura 10. Modelo básico de criticidad

Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

El equipo de trabajo del Proyecto Piloto RCM, decidió que en el caso de Remavenca Turmero, debían hacer énfasis en algunos de los criterios fundamentales del análisis de criticidad, así como también se hacía necesario tomar en cuenta otro grupo de criterios que podían representar un factor importante dentro del desarrollo del estudio como la Complejidad de los subprocesos.

Los criterios seleccionados desde el punto de vista de **Consecuencia y Complejidad** se presentan en las tablas a continuación, junto con una serie de razones que justifican su escogencia para el análisis de criticidad:

Nro.	Criterios de Consecuencia	Razón
1	Calidad Interna	Existe un Índice de Calidad Interna (ICI) llevado a través de SAP/R3, que se compara contra una meta anual. El subproceso que se encuentre por debajo de la meta puede traer como consecuencia gastos adicionales de mantenimiento, control de calidad, inspección y hasta paradas de planta imprevistas.
2	Satisfacción al Cliente	Las devoluciones de producto terminado ocasionan cuantiosas pérdidas de dinero para la empresa.
3	Seguridad	Los accidentes representan un factor importante dentro de la política de la planta así como también los días perdidos por aquellos empleados que deben dejar sus puestos de trabajo por haber sufrido accidentes, ya que los mismos ocasionan retrasos en la producción lo que conlleva a incrementos en los costos operativos por reemplazos.
4	Productividad	La capacidad, rendimiento y cumplimiento de los planes de producción de los subprocesos constituyen un factor primordial en el análisis de criticidad porque son la médula espinal del negocio y pérdidas en este aspecto representa pérdidas casi incuantificables de dinero.
5	Ambiente	Por políticas de la planta el impacto ambiental de los subprocesos representa un factor clave para el adecuado desenvolvimiento de las actividades productivas, debido a las implicaciones legales que esto puede tener.

Tabla 3. Criterios fundamentales para el Análisis de Consecuencia
Fuente: Propia

Nro.	Criterios de Complejidad	Razón
1	Etapas x Familias	Las etapas corresponden a la cantidad de fases por las que atraviesa la materia prima o insumos para ser transformados. Las familias son la cantidad de tipos de equipos (perfiles de catálogo[18]) que posee un subproceso. Este criterio permite visualizar el conjunto y diversidad de equipos pertenecientes a un subproceso y que deben ser mantenidos.
2	Nivel de Apoyo Requerido	Representa el tipo de apoyo técnico requerido para realizar el mantenimiento, reparaciones o instalaciones en cada subproceso. Se puede clasificar como: Apoyo Internacional, Nacional o Interno.
3	Clase de Área de Trabajo	Existen políticas de seguridad dentro de la planta que exigen permisos de trabajo según el área donde se encuentre el subproceso y de acuerdo al grado de riesgo al que se exponen los trabajadores. Estas áreas pueden ser: Restringidas o Controladas.
4	Puntos de Control	Constituye la cantidad de variables que se deben controlar en cada subproceso.

Tabla 4. Criterios fundamentales para el Análisis de Complejidad
Fuente: Propia

Este análisis de criticidad aplica en cualquier conjunto de procesos, sistemas, equipos y/o componentes que requieran ser jerarquizados en función de su impacto en el proceso productivo de Remavenca Turmero. Sus áreas comunes de aplicación se orientan a establecer programas de implantación y jerarquías en los siguientes campos:

- Mantenimiento
- Inspección
- Materiales
- Disponibilidad de planta
- Personal

Para el grupo de especialistas que forman parte del equipo natural de trabajo, las áreas de aplicación del análisis de criticidad están orientadas a establecer programas de

[18] Perfiles de catálogos son entidades que indican qué Grupos de Códigos (Familias de Equipos) emplear para un objeto o tipo de aviso en particular.

implantación y prioridades especialmente en el **ámbito de mantenimiento** de la planta Remavenca Turmero. No se puede obviar que al ejecutar planes de mejoras en este campo, el resto de los áreas relacionadas (inspección, materiales, disponibilidad de planta y personal) también experimentarían notables mejoras por simple consecuencia directa, como se puede observar en la tabla explicativa a continuación:

Ámbito	Mejoras
Mantenimiento	Al tener plenamente señalados los sistemas más críticos, se podrá establecer eficientemente la priorización de los programas y planes de mantenimiento de tipo: predictivo, preventivo, correctivo, detectivo e inclusive posibles rediseños a nivel de procedimientos y modificaciones menores; inclusive permitirá establecer la prioridad para la programación y ejecución de órdenes de trabajo.
Inspección	El estudio de criticidad facilita y centraliza la implantación de un programa de inspección, dado que la lista jerarquizada indica donde vale la pena realizar inspecciones y ayuda en los criterios de selección de los intervalos y tipo de inspección requerida para los sistemas de protección y control (presión, temperatura, nivel, velocidad, espesores, flujo, etc.), así como para los equipos dinámicos, estáticos y estructurales.
Materiales	La criticidad de los sistemas ayuda a tomar decisiones más acertadas sobre el nivel de equipos y piezas de repuesto que deben existir en el almacén central, así como los requerimientos de partes, materiales y herramientas que deben estar disponibles en los almacenes de planta, es decir, se puede sincerar el stock de materiales y repuestos de cada subproceso y/o equipo logrando un costo optimo de inventario.
Disponibilidad de Planta	Los datos de criticidad permiten una orientación certera en la ejecución de proyectos, dado que es el mejor punto de partida para realizar estudios de inversión de capital y renovaciones en los procesos, sistemas o equipos de una instalación, basados en el área de mayor impacto total, que será aquella con el mayor nivel de criticidad.
Personal	Un buen estudio de criticidad permite potenciar el adiestramiento y desarrollo de habilidades en el personal, dado que se puede diseñar un plan de formación técnica, artesanal y de crecimiento personal, basado en las necesidades reales de la instalación, tomando en cuenta primero las áreas más críticas, que es donde se concentran las principales oportunidades iniciales de mejora y de agregar el máximo valor.

Tabla 5. Áreas comunes de consecuencia luego de hacer el Análisis de Criticidad

Fuente: Propia

1.9. INFORMACIÓN REQUERIDA

1.9.1. PERSONAL:

Para obtener la información requerida, el paso inicial es formar el equipo natural de trabajo integrado por personal de la planta Remavenca Turmero. Este personal conoce los procesos a cabalidad, y forma parte de las áreas de: operaciones, mecánica, electricidad, instrumentación, estructura, mantenimiento, especialistas en proceso, producción, entre otros; adicionalmente forman parte todos los niveles de la organización, es decir, personal gerencial, supervisorio y técnico, dado que cada uno de ellos tiene un nivel particular de conocimiento así como diferente visión del negocio. (Ver Tabla 1. Equipos de trabajo natural).

1.9.2. DATOS E INFORMACIÓN:

La condición ideal sería disponer de datos estadísticos de los sistemas a evaluar que sean bien precisos, lo cual permitiría cálculos "exactos y absolutos". Sin embargo desde el punto de vista práctico, dado que pocas veces se dispone de una data histórica de excelente calidad, el análisis de criticidad permite trabajar en rangos, es decir, establecer cual sería la condición más favorable, así como la condición menos favorable de cada uno de los criterios a evaluar.

Los valores de criticidad obtenidos serán ordenados de mayor a menor, y serán graficados, en su mayoría, utilizando diagramas de barra (Gráficos de Pareto), lo cual permite visualizar fácilmente la distribución descendente de todos los subprocesos evaluados.

Los gráficos de Pareto, en la mayoría de los casos, permiten establecer tres zonas específicas: alta, media y baja criticidad. Esta información es la que consiente orientar la toma de decisiones, focalizando los esfuerzos en las zonas de alta criticidad, donde se ubica la mejor oportunidad de agregar valor al proceso.

Después de un proceso de investigación y entrevistas completado con datos de SAP/R3 recogidos durante el ejercicio laboral Octubre 2003 - Marzo 2004, se recaudó la información necesaria para observar el comportamiento de cada subproceso desde el punto de vista de Consecuencia y Complejidad respectivamente. Esta información está presentada de manera detallada en los siguientes Anexos 2 y Anexo 3.

1.9.2.1. CRITERIOS UTILIZADOS PARA DETERMINAR LAS ZONAS ESPECÍFICAS DE LOS GRÁFICOS DE PARETO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS ANALIZADAS

- ANÁLISIS DE CONSECUENCIA

Ver criterios utilizados en los Anexos 4.

- ANÁLISIS DE COMPLEJIDAD

Ver criterios utilizados en los Anexos 5.

1.10. MATRIZ CONSOLIDADA DEL ANÁLISIS DE CONSECUENCIA

SUBPROCESOS	CONSECUENCIA		
	ALTA	MEDIA	BAJA
DESGERMINACION		X	
LAMINACION		X	
MOLIENDA		X	
EMPAQUE	X		
EXTRACCION			X
REFINACION	X		
ENVASADO			X
DESPACHO			X
PTAR			X
ELECTRICIDAD			X
SILOS			X
DIT			X
AGUA			X
VAPOR			X
AIRE			X
TALLERES			X

Tabla 6. Matriz consolidada del análisis de consecuencia
Fuente: Propia

Ver criterios utilizados en los Anexos 6.

1.11. MATRIZ CONSOLIDADA DEL ANÁLISIS DE COMPLEJIDAD

SUBPROCESOS	COMPLEJIDAD		
	ALTA	MEDIA	BAJA
DESGERMINACION		X	
LAMINACION		X	
MOLIENDA			X
EMPAQUE			X
EXTRACCION		X	
REFINACION	X		
ENVASADO			X
DESPACHO			X
PTAR			X
ELECTRICIDAD		X	
SILOS			X
DIT	X		
AGUA		X	
VAPOR	X		
AIRE	X		
TALLERES			X

Tabla 7. Matriz consolidada del análisis de complejidad
Fuente: Propia

Ver criterios utilizados en los Anexos 7.

1.12. MATRIZ CONSOLIDADA DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

		COMPLEJIDAD		
		BAJA	MEDIA	ALTA
CONSECUENCIA	ALTA	**EMPAQUE**		**REFINACION**
	MEDIA	**MOLIENDA**	**DESGERMINACION LAMINACION**	
	BAJA	**ENVASADO PTAR SILOS TALLERES DESPACHO**	**AGUA ELECTRICIDAD EXTRACCION**	**DIT VAPOR AIRE**

Tabla 8. Matriz consolidada del análisis de criticidad
Fuente: Propia

1.13. MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN DEL PROBLEMA

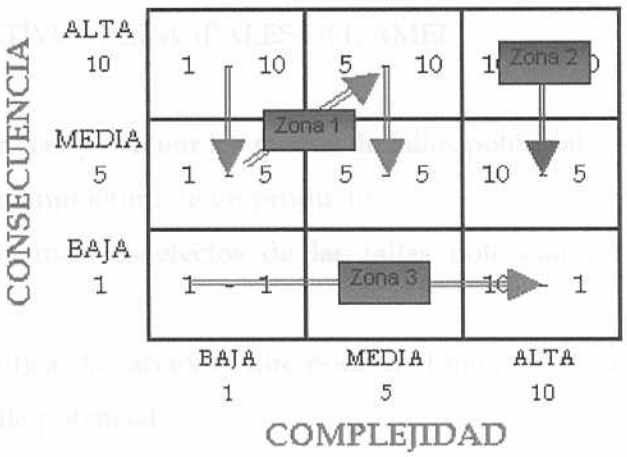


Figura 11. Matriz de jerarquización del problema
Fuente: ER&M / CONSULTING GROUP - DIRMAG

La Figura 11 muestra el método de resolución de la matriz de criticidad según la zona específica (1, 2 o 3) donde quedó ubicado cada subproceso luego del análisis presentado anteriormente. Este procedimiento consiste en comenzar a resolver la matriz por la Zona 1 iniciando con el subproceso de mayor consecuencia pero menor complejidad y terminando por la Zona 3 con el subproceso de menor consecuencia pero mayor complejidad. El subproceso de **Empaque**, en orden jerárquico, es el que posee mayor impacto desde el punto de vista de criticidad, lo que permite focalizar los esfuerzos de análisis en él.

2. ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS - AMEF

El Análisis de Modos y Efectos de Fallas, AMEF, es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas. Esta técnica asegura que el producto resultante del diseño y los procesos de manufactura y ensamble cumpla con las necesidades y expectativas del cliente. De esta manera se apoya no sólo al Control de Calidad, sino al mejoramiento continuo del proceso.

➢ OBJETIVOS PRINCIPALES DEL AMEF

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas

potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

➢ BENEFICIOS DEL AMEF

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros en los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. A largo plazo, es mucho mas difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con sus percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

Por otro lado, el AMEF apoya y refuerza el proceso de diseño ya que:

- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el proceso.
- Proporciona información adicional para ayudar en la planeación de programas de pruebas concienzudos y eficientes.
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales, clasificados conforme a su probable efecto sobre el cliente.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas.
- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de leve protección.
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.
- Proporciona un punto de vista fresco en la comprensión de las funciones de un sistema.

2.1. APLICACIÓN DE AMEF EN EL SUBPROCESO DE EMPAQUE

2.1.1. INVENTARIO DE EQUIPOS

El subproceso de empaque está constituido por 8 núcleos o líneas de producción similares respecto a la cantidad de equipos presentes. Cada línea se encuentra compuesta por los siguientes equipos:

- 1 Sinfín
- 2 Sifter
- 2 Entoleter
- 2 Empaquetadoras
- 2 Codificador de Paquetes
- 1 Enfardadora
- 1 Paletizadora

2.1.2. CONTEXTO OPERACIONAL

El subproceso de Empaque está ubicado dentro de un galpón techado de aproximadamente 4500 m^2 en las instalaciones de Remavenca – Turmero. El área total está dividida en dos partes, la primera es utilizada para llevar a cabo el proceso productivo, y la segunda funciona como almacén de producto terminado, tanto de harina como de aceite. La temperatura interna promedio del galpón es 30 ± 3 °C con una humedad relativa de 60%. Los núcleos se encuentran dispuestos uno al lado del otro paralelamente a lo ancho del área. Trabajan 3 turnos diarios de 8 horas cada uno, es decir, los equipos funcionan en un régimen 24/7.

2.1.3. DIAGRAMA EPS[19]

El diagrama EPS es una herramienta que facilitará la visualización del subproceso de empaque para su posterior análisis.

[19] EPS acrónimo de Entrada – Proceso – Salida.

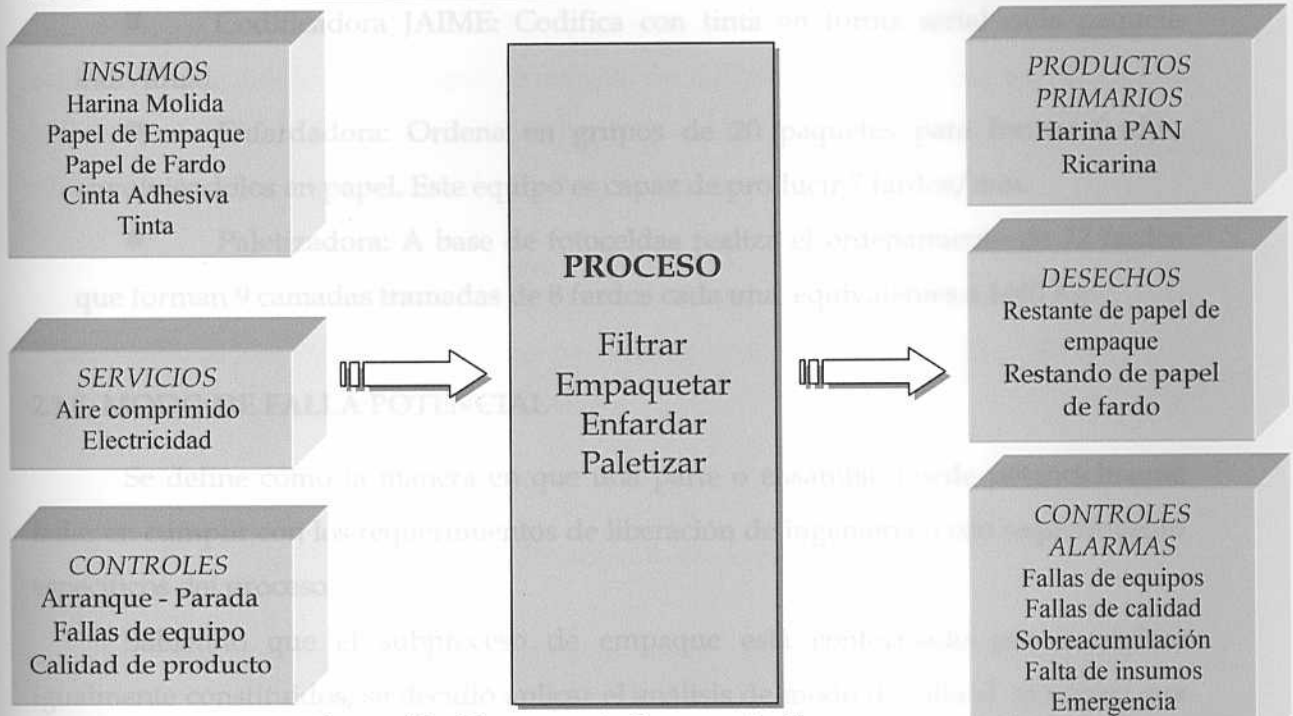


Figura 12 . Diagrama de Proceso de Empaque
Fuente: Propia

2.1.4. FUNCIONES DE LOS EQUIPOS

- Sinfín: Tornillo sinfín que transporta la harina molida hacia el sifter.
- Sisfter: Cernidor con 8 niveles de filtros e igual tipo de malla en cada uno, cuya función principal es eliminar la mayor cantidad de componentes gruesos de la harina molida.
- Entoleter: Consiste en un motor que gira a 3600 RPM acoplado a unas aspas que pulverizan cualquier tipo de compacto o partículas de gran tamaño presentes en la harina.
- Empaquetadora SIG: Consiste en tres secciones fundamentales. Sección formadora de bolsas que devana el papel, lo corta y forma la bolsa sellando las extremidades a través de calor. Sección de llenado de harina que permite el paso de la harina fina a través de la tolva dosificadora que efectúa el llenado de las bolsas. Sección de sellado de bolsas donde se realiza el cierre y sellado final del empaque. Este equipo empaqueta paquetes individuales de 1 Kg. cada uno de harina precocida a una velocidad entre 90 y 95 paquetes/min.

- Codificadora JAIME: Codifica con tinta en forma serial cada paquete individual.
- Enfardadora: Ordena en grupos de 20 paquetes para formar fardos, envolviéndolos en papel. Este equipo es capaz de producir 7 fardos/min.
- Paletizadora: A base de fotoceldas realiza el ordenamiento de 72 fardos que forman 9 camadas tramadas de 8 fardos cada una, equivalentes a 1440 Kg.

2.1.5. MODO DE FALLA POTENCIAL

Se define como la manera en que una parte o ensamble puede potencialmente fallar en cumplir con los requerimientos de liberación de ingeniería o con requerimiento específicos del proceso.

Sabiendo que el subproceso de empaque está conformado por 8 núcleos igualmente constituidos, se decidió aplicar el análisis de modo de falla al el núcleo que presenta mayor número de horas de parada ya que es el que exhibe mayor impacto negativo sobre la producción.

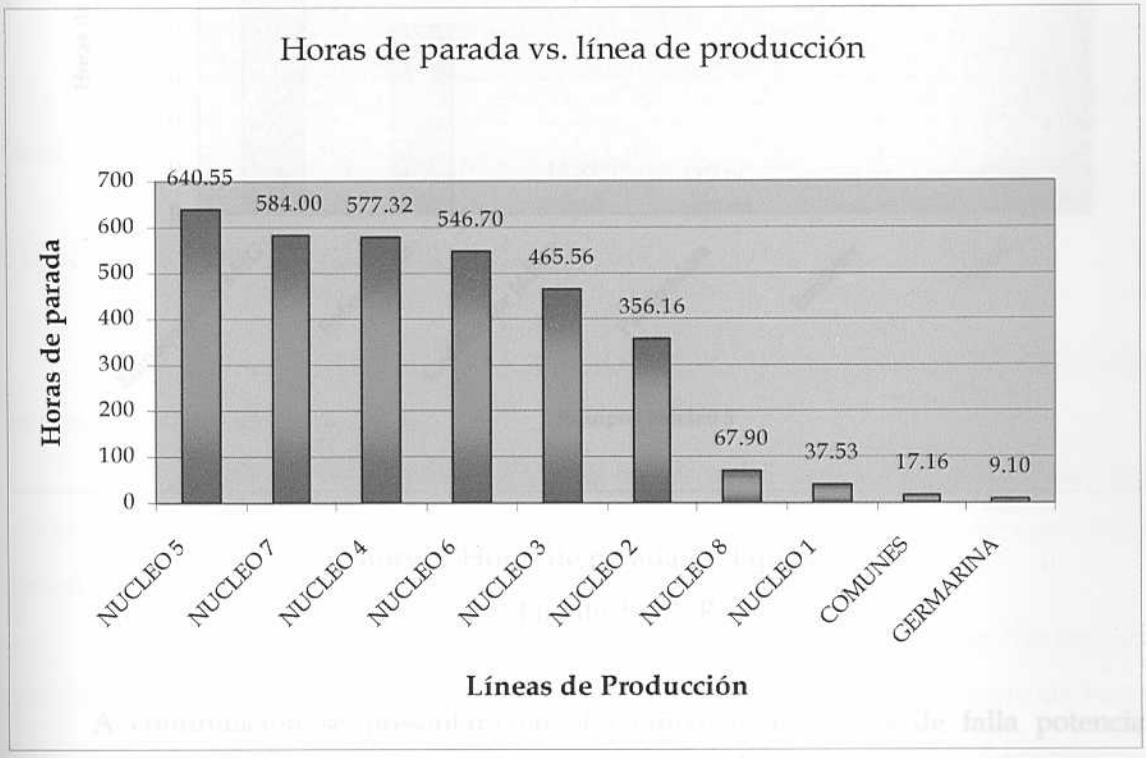


Gráfico 1. Horas de parada vs. líneas de producción
Fuente: SAP/R3

Como se observa en el Gráfico 1, el núcleo con mayor tiempo de parada es el Núcleo 5 acumulando 640,55 horas de un total de 3301,98 horas de parada registradas en lo que ha transcurrido del ejercicio Octubre 2003 – Abril 2004. En el Anexo 8, se muestra una tabla completa con los datos detallados del Gráfico 1.

El Gráfico 2 a continuación, muestra las horas de parada registradas por cada equipo del subproceso de empaque específicamente en el Núcleo 5. Para observar los datos detallados de este gráfico ver Anexo 9.

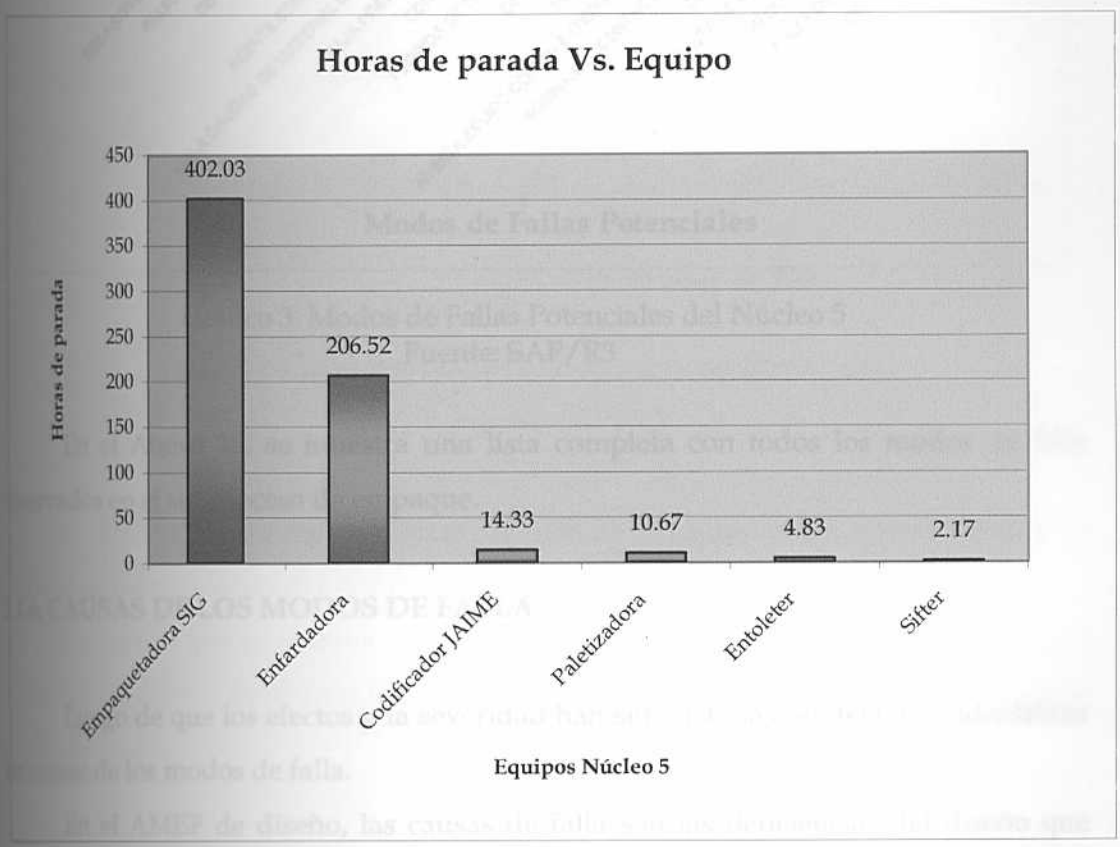


Gráfico 2. Horas de parada vs. Equipo
Fuente: SAP/R3

A continuación se presentará en el Gráfico 3 los modos de falla potencial observados específicamente en el Núcleo 5.

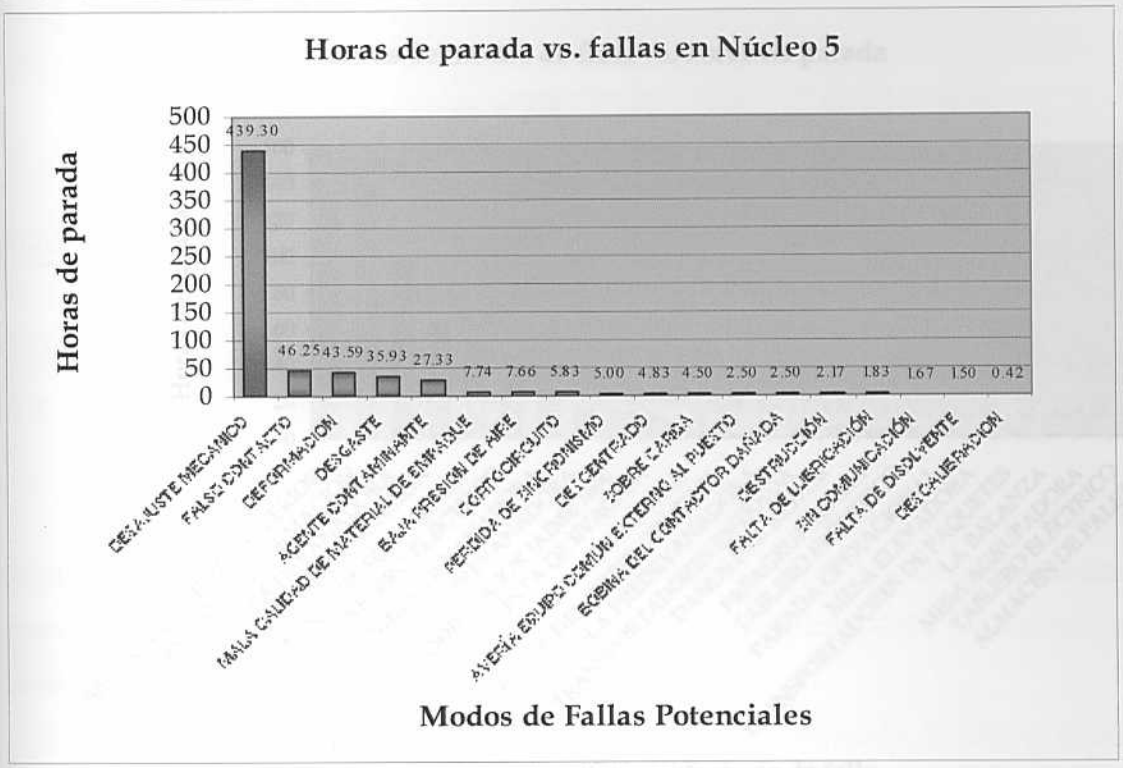


Gráfico 3. Modos de Fallas Potenciales del Núcleo 5
Fuente: SAP/R3

En el Anexo 10, se muestra una lista completa con todos los modos de falla observados en el subproceso de empaque.

2.1.6. CAUSAS DE LOS MODOS DE FALLA

Luego de que los efectos y la severidad han sido listadas, se deben de identificar las causas de los modos de falla.

En el AMEF de diseño, las causas de falla son las deficiencias del diseño que producen un modo de falla. Para el AMEF de proceso, las causas son errores específicos descritos en términos de algo que puede ser corregido o controlado.

En el Gráfico 4 se puede observar la cantidad de horas de parada del Núcleo 5 en relación a las causas de los modos de falla. La causa que tiene mayor número de horas de parada respecto a las horas totales de parada es **Causa de Falla en el Sistema de Cierre Superior** con 142,15 horas acumuladas.

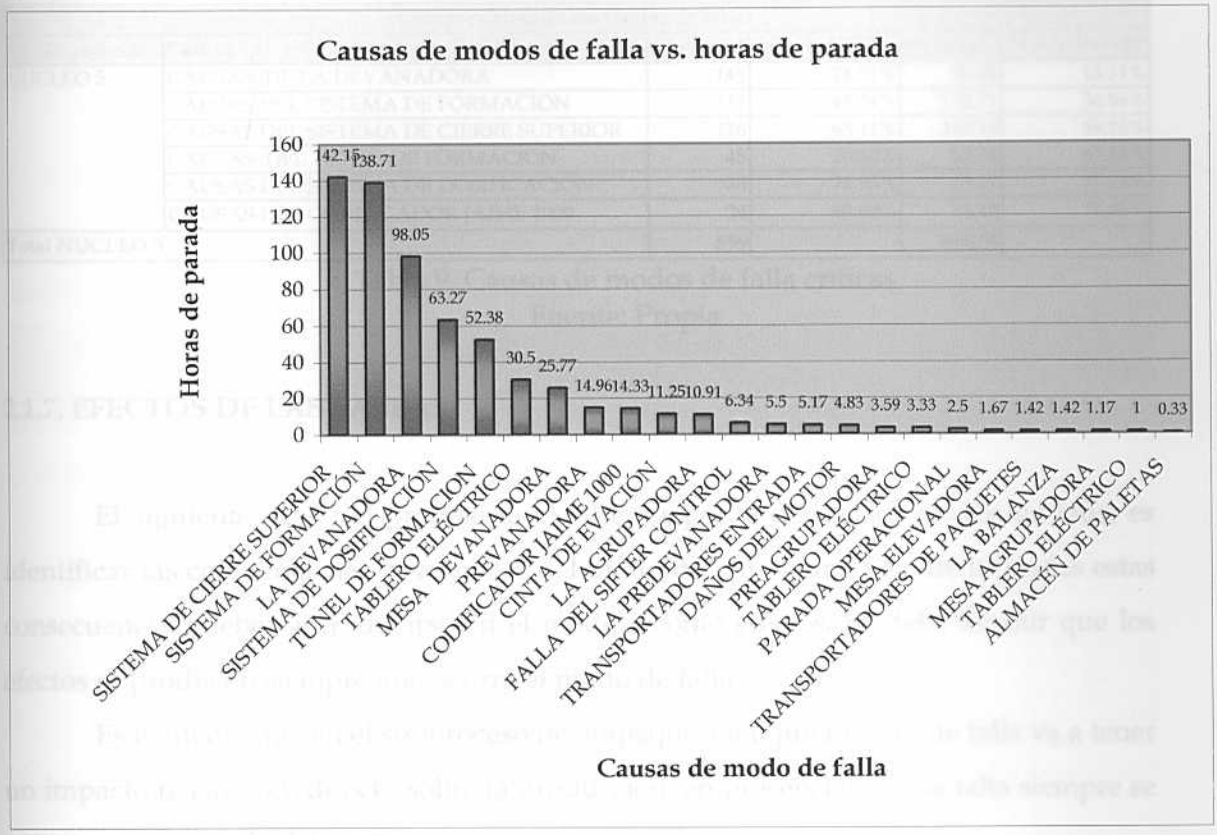


Gráfico 4. Causas de modos de falla vs. horas de parada

Fuente: SAP/R3

El Anexo 11 muestra las horas de parada registradas así como también la cantidad de paradas ocurridas por cada causa.

La Tabla 9 que se observa a continuación presenta un conjunto de 6 causas que constituyen el 80,97% de la cantidad de fallas totales y el 79,45% de la cantidad de horas de parada totales.

Causas críticas de los modos de fallas					
Emplazamiento	Causas	Cantidad	% Acumulado	Horas	% Acumulado
NUCLEO 5	CAUSAS DE LA DEVANADORA	145	24.21%	98.05	15.31%
	CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN	117	43.74%	138.71	36.96%
	CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	116	63.11%	142.15	59.15%
	CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION	45	70.62%	52.38	67.33%
	CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	38	76.96%	63.27	77.21%
	CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000	24	80.97%	14.33	79.45%
Total NUCLEO 5		599		640.55	

Tabla 9. Causas de modos de falla críticas
Fuente: Propia

2.1.7. EFECTOS DE LAS FALLAS

El siguiente paso del proceso de AMEF, luego de definir los modos de falla, es identificar las consecuencias potenciales del modo de falla y una vez identificadas estas consecuencias, deben introducirse en el modelo como efectos. Se debe asumir que los efectos se producen siempre que ocurra el modo de falla.

Es evidente que en el subproceso de empaque, cualquier modo de falla va a tener un impacto negativo y directo sobre la producción, en presencia de una falla siempre se generará una parada del equipo.

En el Anexo 12 se muestran detalladamente las consecuencias asociadas a cada modo de falla observado en el Núcleo 5.

2.1.8. SEVERIDAD DE LOS EFECTOS

El primer paso para el análisis de riesgos es cuantificar la severidad de los efectos, éstos son evaluados en una escala del 1 al 10, donde 10 es lo más severo.

El análisis de severidad de los efectos de los modos de falla está medido según la duración en horas de parada de los equipos y se encuentra detallado y evaluado en el Anexo 13 con sus respectivos resultados. En dicho análisis se puede observar que el efecto con mayor impacto dentro del subproceso de empaque es el relacionado a los **Desajustes Mecánicos**, con 439,30 horas de parada, constituyendo casi un 69% de las horas totales de parada registradas, como se puede apreciar en el siguiente cálculo:

$$\%HorasdeParada = \frac{Horas \times Efecto}{HorasTotales} \cdot 100 = \frac{439{,}30}{640{,}55} \cdot 100 = 68.58\% \cong 69\% \quad \text{Ec. (2)}$$

En la Tabla 10 presentada a continuación se observan la severidad de los efectos que poseen un valor crítico mayor a 7, lo que permite cercar el estudio a los efectos con mayor severidad.

Resumen análisis de severidad				
Causas	Modo de fallas	Total	Prob. de ocur.	Valor critico
SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	DESAJUSTE MECANICO	133	94%	10
SISTEMA DE FORMACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	84.1	61%	10
	DESGASTE	13.2	10%	7
LA DEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	64.7	66%	10
	DESGASTE	5.75	6%	7
	MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	7.74	8%	7
	AGENTE CONTAMINANTE	15.9	16%	8
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	39.3	62%	10
	DESGASTE	11.3	18%	8
	DEFORMACION	7.66	12%	7
TUNEL DE FORMACION	DESAJUSTE MECANICO	49.2	94%	10
CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	7.24	51%	10
	DESAJUSTE MECANICO	1.67	12%	7
	DESCENTRADO	1.33	9%	7
	FALTA DE DISOLVENTE	1.5	10%	7

Tabla 10. Resumen de análisis de severidad
Fuente: Propia

En el Anexo 14, se presentan los criterios de evaluación y sistema de graduación utilizados para determinar la severidad de efectos del subproceso de empaque, sugeridos en la aplicación de AMEF.

2.1.9. OCURRENCIA DE LOS MODOS DE FALLA

Las causas son evaluadas en términos de ocurrencia, ésta se define como la probabilidad de que una causa en particular ocurra y resulte en un modo de falla durante la vida esperada del producto, es decir, representa la remota probabilidad de que el cliente experimente el efecto del modo de falla.

En la Tabla 11 presentada a continuación se observan las causas de modo de falla que poseen un valor crítico mayor a 7, lo que permite cercar el estudio a las causas con mayor probabilidad de ocurrencia. En el Anexo 15 se muestra toda la tabla detallada.

Resumen análisis de ocurrencia				
Causas	Modo de fallas	Total	Prob. de ocur.	Valor critico
SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	DESAJUSTE MECANICO	109	94%	10
SISTEMA DE FORMACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	81	69%	10
	DEFORMACION	12	10%	7
	DESGASTE	13	11%	7
LA DEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	86	59%	10
	AGENTE CONTAMINANTE	33	23%	8
	DESGASTE	8	6%	7
	MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	15	10%	7
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	24	63%	10
	DESGASTE	5	13%	8
	DEFORMACION	3	8%	7
	FALSO CONTACTO	3	8%	7
TUNEL DE FORMACION	DESAJUSTE MECANICO	40	89%	10
CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	13	54%	10
	DESAJUSTE MECANICO	3	13%	8
	DESCENTRADO	2	8%	7

Tabla 11. Resumen de análisis de ocurrencia
Fuente: Propia

El valor de la ocurrencia se determina a través de la tabla mostrada en el Anexo 16, en caso de obtener valores intermedios se asume el superior inmediato, y si se desconociera totalmente la probabilidad de falla se debe asumir una ocurrencia igual a 10.

2.2. CONTROLES ACTUALES

Los controles actuales son descripciones de las medidas que previenen que ocurra el modo de falla o detectan el modo de falla en caso de que ocurran. Las funciones importantes para un desarrollo impecable del empaquetado se encuentran vigiladas mediante transmisores eléctricos de señales. Las perturbaciones que puedan tener como consecuencia producciones defectuosas provocan la parada automática de las máquinas y al mismo tiempo, una señalización óptica en la torre indicadora de perturbaciones si se trata de la empaquetadora o una señalización óptica en los bombillos de alarmas si se trata de la enfardadora o la paletizadora.

En el caso de la empaquetadora una perturbación automáticamente vigilada que se presente durante la producción se señaliza óptimamente en la torre indicadora de perturbaciones por encendido de una zona con números (al mismo tiempo, la máquina se para automáticamente). Tras eliminar la causa de la perturbación y pulsar la tecla

"Reposición", se borra la señalización óptica; la máquina se encuentra ahora lista para entrar en servicio nuevamente.

En el Anexo 17 se presenta una tabla especificando los controles de falla según cada equipo del subproceso de empaque, así como también el motivo de la alarma o la parada del equipo y el tipo de control.

2.2.1 DETECCIÓN

La detección es una evaluación de la probabilidad de que los controles del proceso detecten el modo de falla, antes de que la parte o componente salga de la localidad de manufactura o ensamble.

No es probable que verificaciones de control de calidad al azar detecten la existencia de un defecto aislado y por tanto no resultarán en un cambio notable del grado de detección. Un control de detección válido es el muestreo hecho con bases estadísticas.

En el Anexo 18, se presentan los criterios de evaluación y sistema de graduación utilizados para determinar la detección de una causa del incidente o del modo de fallo del subproceso de empaque, sugeridos en la aplicación de AMEF.

En el caso de Remavenca Turmero los controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo, por lo que se decidió otorgarle el valor menos crítico (valor 1) dentro del sistema de graduación para la detección. En el Anexo 19 se detalla la criticidad de los controles aplicada a cada modo de falla.

2.3. NÚMERO DE PRIORIDAD DE RIESGO

El NPR[20] es el producto matemático de la severidad, la ocurrencia y la detección, es decir, $NPR = S \times O \times D$ Ec. (3). Este valor se emplea para identificar los riesgos más serios y buscar acciones correctivas.

[20] NPR iniciales de Número de Prioridad de Riesgo.

En la Tabla 12 presentada a continuación se observa un resumen de la prioridad de riesgo según cada causa de modo de falla cuyo NPR es mayor a 60.

Resumen análisis prioridad de riesgo		
Causas	Modo de fallas	NPR
SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	DESAJUSTE MECANICO	100
SISTEMA DE FORMACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	100
LA DEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	100
	AGENTE CONTAMINANTE	64
SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	100
	DESGASTE	64
TUNEL DE FORMACION	DESAJUSTE MECANICO	100
CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	100
	OBSTRUCCION	64

Tabla 12. Resumen de NPR
Fuente: Propia

En estos modos de falla se centrará el diseño del plan de mantenimiento en conjunto con las acciones correctivas recomendadas.

Capítulo VII

PLANIFICACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

1. GENERACIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

La elaboración del plan de mantenimiento se basa fundamentalmente en las técnicas del Análisis de Fiabilidad de las instalaciones, o como en este caso, de los equipos involucrados en el subproceso de Empaque.

El análisis de fiabilidad, en su expresión más mínima, consta de dos partes fundamentales: **La información**, donde se recaban los datos correspondientes a los equipos sobre los que se va a realizar el análisis y **la decisión**, donde en esencia se tratan de establecer tareas de prevención (técnicamente factibles y económicamente rentables) de las consecuencias de los modos de fallo.

1.1. LA INFORMACIÓN

Como se mencionó en puntos anteriores, recabar la información referente al comportamiento de los subprocesos, las condiciones de operación y manejo de los diferentes equipos estudiados, fue uno de los aspectos contemplados por esta investigación y cuyo fin principal era determinar el punto más crítico y de mayor impacto en toda la planta para así focalizar los esfuerzos en ese particular.

1.2. LA DECISIÓN

Para establecer tareas de mantenimiento, técnicamente factibles y económicamente rentables, a llevarse a cabo en los diferentes equipos involucrados en el subproceso estudiado, fue necesario valerse principalmente de la información propuesta y recomendada por los fabricantes de los equipos, así, las rutinas de mantenimiento expuestas fueron creadas en conformidad con las indicaciones de los manuales de instalación y operación de los equipos.

Aunado a lo anterior, está la presencia de todas las indicaciones y ajustes propuestos por el personal de planta, es importante destacar que cualquier indicación o

procedimiento dispuesto en los manuales de mantenimiento debió ser ajustado a las condiciones de operación, de trabajo e indudablemente del entorno en que se desenvuelven los equipos diariamente.

2. SELECCIÓN DE ACCIONES CORRECTIVAS

Las rutinas de mantenimiento propuestas se basan en exponer operaciones que añadan valor al equipo, que sean completamente necesarias, reduciendo al máximo los recursos (tiempo y costos) de las operaciones para así aumentar la eficacia del trabajo.

En el grupo de mantenimiento de Empaque existen 9 mecánicos de primera con experiencia en máquinas SIG. Involucrando los 4 mecánicos de turno que trabajan sólo en las líneas de producción, igualmente existían ayudantes de operarios con más antigüedad y mayor experiencia en estas máquinas. Todo este personal se conoce las máquinas tanto por experiencia, como por estudio, ya que la SIG ha venido en varias oportunidades a dictar algunos entrenamientos al personal de mantenimiento.

En la actualidad, por reestructuraciones necesarias y aplicadas en planta, muchos de estos mecánicos y ayudantes de operarios ya no trabajan para la empresa. Hoy por hoy, en Mantenimiento, sólo cuenta con 5 mecánicos de primera, 3 por turno y 2 en el turno normal, los demás son jóvenes con poca experiencia en la parte operacional.

Lo anterior hace factible y necesario dar inducción a los mismos operarios de las máquinas, cuidando de que ellos no hagan reparaciones mayores a los mismos, pero que sean capaces de diferenciar averías mecánicas y/o eléctricas de las operacionales. Al lado de cada mecánico de primera, es imprescindible desarrollar aún más a los nuevos mecánicos para que adquieran mayor experiencia en las máquinas, y así, poder desarrollar un grupo élite, en donde todos y cada uno sepan y puedan intervenir las máquinas, independientemente de lo complicado de la actividad.

2.1. RUTINAS DE MANTENIMIENTO PROPUESTAS

Ver Sección de Anexos. Anexo 20.

Capítulo VIII

ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

1. LA INVERSIÓN

1.1. ASESORÍA Y CONSULTORÍA EN LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM

Para la implementación de la metodología RCM en la planta Remavenca – Turmero fue necesario buscar una compañía consultora para adiestrar a los integrantes del equipo natural de trabajo.

Componente	Duración (h)	Costo
Planificación Estratégica basada en Confiabilidad	16	Bs 2.842.600
Métodos de Análisis de Falla para Mejorar la Confiabilidad	24	Bs 4.263.900
Análisis de Modos y Efectos de Falla como herramienta para el diseño de planes óptimos de mantenimiento	24	Bs 4.263.900
Análisis de Criticidad como Herramienta para la toma de decisiones en Mantenimiento	16	Bs 2.842.600
10 días de consultoría y apoyo técnico, continuos o intercalados	80	Bs 7.200.000
	TOTAL	**Bs 21.413.000**

Tabla 13. Inversión por concepto de asesoría y consultoría
Fuente: Propia

Es importante destacar que ésta asesoría será aprovechada por otros subprocesos de la planta además de empaque, concretamente los subprocesos de molienda y refinación. Para realizar éste análisis costo – beneficio fue necesario investigar qué porcentaje del total pudiera ser visto como una inversión exclusiva para el área de empaque, los resultados arrojaron que un 60% del costo total debería ser asumida por el departamento de empaque.

Subproceso	Inversión total	Porcentaje	Inversión puntual
EMPAQUE	Bs 21.413.000	60%	**Bs 12.847.800**
MOLIENDA		25%	Bs 5.353.250
REFINACIÓN		15%	Bs 3.211.950

Tabla 14. Inversión puntual en el área de empaque
Fuente: Propia

1.2. ADIESTRAMIENTO DE OPERADORES Y TÉCNICOS

Para garantizar el cumplimiento óptimo del plan de mantenimiento es necesario entrenar a los técnicos y operadores de las líneas de producción, para que sean capaces de detectar y reparar las fallas efectivamente, debido a que se encontró una deficiencia en éste aspecto entre el personal de mantenimiento del área de empaque.

Componente	Duración (h)	N° personas	Costo
Adiestramiento en identificación y ajuste de averías mecánicas	40	8	Bs 6.000.000
Adiestramiento en identificación y ajuste de averías eléctricas	40	8	Bs 6.000.000
Adiestramiento en identificación y ajuste de fallas operacionales	40	8	Bs 6.480.000
	TOTAL		**Bs 18.480.000**

Tabla 15. Inversión puntual en adiestramiento de personal
Fuente: Propia

1.3. INVERSIÓN TOTAL

Concepto	Monto
Asesoría y consultoria	Bs 12.847.800
Adiestramiento	Bs 18.480.000
TOTAL	**Bs 31.327.800**

Tabla 16. Inversión total

Fuente: Propia

2. BENEFICIO SEMESTRAL

Horas de parada actuales en el nucleo 5 (por fallas)	640.55
% Disminución esperada	25%
Disminución en horas	160.14

Nº paquetes x horas	5400
Precio unitario de venta al mayor	Bs 1.000
% ganancia	11%
Ganancia en Bs.	110
Ganancia neta	**Bs 95.121.675**

90 paquetes x minuto

Beneficio total	**Bs 63.793.875**

Tabla 17. Beneficio total semestral luego de la implantación del RCM

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

El mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas y organización para "cuidar la tecnología" de los sistemas de producción a lo largo de su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y al menor costo, garantizando, además, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas.

El trabajo de grado quiso proponer una metodología de operación e implícitamente la búsqueda de un nuevo "comportamiento" en la empresa, para así desarrollar una "cultura de mejor prevención", e irla optimizando de manera permanente dentro de una estrategia de mejora continua en los costos, actividades de mantenimiento y de los técnicos, operadores, supervisores e ingenieros, cuyas diferentes funciones están directamente relacionadas con el sistema de producción y operación de la planta.

Bajo estos intereses se aplicó la metodología RCM, es decir, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, a los subprocesos presentes en la planta, y de esta manera establecer Rutinas de Mantenimiento adecuadas para los equipos más críticos, que lograran disminuir sus horas de parada y aumentar su productividad.

El trabajo permitió obtener las siguientes conclusiones:

- El análisis de criticidad permitió establecer un método que sirviera como instrumento de ayuda en la determinación de la jerarquía de los procesos, subprocesos y equipos de una planta tan compleja como Remavenca Turmero.
- Para llevar a cabo este análisis, se consideraron dos aspectos importantes: Consecuencia y Complejidad. En el área de consecuencia se tomaron en cuenta los siguientes criterios: Seguridad, calidad interna, productividad, satisfacción al cliente e impacto ambiental. En el área de complejidad se consideraron los siguientes criterios: Clase de área de trabajo, nivel de apoyo requerido en el mantenimiento, cantidad de familias y etapas por subproceso y cantidad de puntos de control.
- Un análisis exhaustivo de estos criterios evaluando su efecto en cada área de la planta, permitió determinar que el subproceso de **Empaque**, en orden

jerárquico, era el que poseía mayor impacto desde el punto de vista de criticidad, lo que permitió focalizar los esfuerzos de análisis en él.

- Sabiendo que el subproceso de empaque está conformado por 8 núcleos igualmente constituidos, se decidió aplicar el análisis de modo y efecto de falla al el **Núcleo 5**, ya que presentaba mayor número de horas de parada (640,55 horas de un total de 3301,98 horas de parada registradas en lo que ha transcurrido del ejercicio Octubre 2003 - Abril 2004) y exhibía mayor impacto negativo sobre la producción. **Desajustes Mecánicos**, resultó ser el modo de falla con más alto porcentaje de paradas, acumulando 439,30 horas de parada, y constituyendo casi un 69% de las horas totales de parada registradas.

- Se determinó entre todos los equipos que formaban parte del Núcleo 5, la Empaquetadora SIG, con 402.03 horas de parada, era el equipo más crítico dentro del subproceso. La causa con mayor número de horas de parada respecto a las horas totales de parada es **Causa de Falla en el Sistema de Cierre Superior** con 142,15 horas acumuladas.

- Se evidenció que en el subproceso de empaque, cualquier modo de falla va a tener un impacto negativo y directo sobre la producción, en presencia de una falla siempre se generará una parada del equipo.

- En el caso de Remavenca Turmero los controles actuales detectan casi seguros al modo o a la causa de fallo, por lo que se decidió otorgarle el valor menos crítico (valor 1) dentro del sistema de graduación para la detección.

- En cuanto a las Rutinas de Mantenimiento, se presentó un Plan de Mantenimiento que buscará eliminar las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" pero sobre todo optimizar los costos tanto de intervención (mano de obra, repuestos, etc.) como los de pérdidas en la producción. A través del estudio se observó que es factible proponer Rutinas de Mantenimiento basadas en las indicaciones y sugerencias dadas por los fabricantes de los equipos y a su vez se ajustaran a las condiciones del entorno donde operan los equipos y a las exigencias del sistema de producción.

- Se determinó que es posible y necesario dar inducción a los mismos operarios de las máquinas, instruyéndolos en la identificación de averías mecánicas

y/o eléctricas de las fallas operacionales, de modo que se pudiesen disminuir las paradas de equipos por mecánicos ocupados.

- La inversión propuesta en este trabajo de grado corresponde a una asesoría y consultoría por parte de una Consultora en la aplicación de la metodología RCM, así como también, una serie de adiestramientos para los mecánicos y operarios de los equipos. Llevar a cabo el plan de inversión propuesto, se traduciría en un **25%** menos de horas de paradas, lo que se traduciría en más horas operativas de los equipos, que a su vez representa más unidades de productos producidas. Esta producción extra proyectada a 6 meses más de trabajo, restándole la inversión anteriormente mencionada, traerá una ganancia aproximada de **64 millones de Bs.** a la empresa Remavenca.

Claramente se observa que poner en marcha una gestión de mantenimiento como la que se presenta en este trabajo de grado, acarreará enormes beneficios económicos para esta prestigiosa compañía.

RECOMENDACIONES

1. Realizando el análisis de criticidad se observaron algunos errores en la información suministrada por SAP/R3, es necesario adiestrar al personal en la utilización de este programa para obtener datos más veraces. Existe un conocimiento de la herramienta por parte de los coordinadores y gerentes bastante bueno, no así por parte de los operadores que están encargados de descargar los datos en el sistema y los ejecutadotes de mantenimiento que vacían los datos de los catálogos en los avisos.
2. Son necesarias acciones correctivas y efectivas para garantizar el éxito del plan de mantenimiento, de no ser así, la matriz de criticidad y el análisis AMEF de proceso tendrán un valor limitado. Es responsabilidad de todas las actividades afectadas el implementar programas de seguimiento para buscar la mejoría esperada. La Gerencia de Planta por medio del Jefe de Mantenimiento, deben ser responsables en asegurar que todas las acciones recomendadas sean implementadas y monitoreadas adecuadamente.
3. En estos momentos por turno, existe un mecánico de primera. Se recomienda colocar dos mecánicos en la línea de producción, preferiblemente en el primer y segundo turno, hasta los sábados, buscando lograr la disminución de paradas por mecánico ocupado, para esto se recomienda pasar uno de los mecánicos del turno normal al turno rotativo. Así se logrará también darle la oportunidad de desarrollo al mecánico de menor experiencia.
4. Se tienen identificado algunos cuellos de botella que están dando muchas paradas por la misma avería (desajuste mecánico). En la actualidad se realiza un mantenimiento de inspección y ajuste cada 500 horas de trabajo de la máquina, después de realizar este mantenimiento disminuyen las paradas, pero progresivamente van aumentando. La idea es otro tipo de mantenimiento el cual se realice cada 250 horas buscando evitar el aumento de averías a través del tiempo de trabajo. Esta actividad sería de revisión y ajustes necesario para lograr llegar al de 500 horas con menos averías. Este cambio recomendado no traería nuevos costos para la planta, ya

que sería realizado por el mismo personal existente, redistribuyendo el tiempo de los ejecutantes.

5. La falla más común en los equipos de empaque es el desajuste mecánico, unas de las causas principales se debe al tiempo de vida de las maquinas de empaque SIG, que es de aproximadamente 30 años, por esto, es casi inevitable las paradas de producción por averías mecánicas. Lo ideal sería evaluar la factibilidad de sustituir los equipos por obsolescencia.

6. El análisis AMEF se realizó en el núcleo 5 del subproceso de empaque solamente, debido a la similitud entre las 8 líneas de producción. Es necesario aplicar los resultados obtenidos en esta prueba piloto a todos los elementos involucrados en el subproceso de empaque.

7. El cuello de botella en el área de Harinas es el subproceso de molienda, aún cuando empaque sea el más crítico. La molienda aparece como siguiente paso en la matriz de jerarquización para realizar el análisis de modo de falla (AMEF), su pronta puesta en marcha es importante para alcanzar las metas de la metodología RCM.

8. Existen 9 sistemas de control de fallas en cada núcleo de producción, sin embargo, se encontró que el codificador de fardos de gran carácter no tiene detector de fallas, esto genera más trabajo para el operador que tiene que verificar cada fardo y asegurar que haya sido codificado. Por lo anterior expuesto se recomienda evaluar la factibilidad de adquirir un detector de fallas para el codificador de fallas de gran carácter.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía con soporte escrito:

ANÓNIMO. *Informe de Estudio sobre Desgerminación, Laminación, Empaque y Refinación, Métodos de Trabajo.* Documentos Remavenca. Diciembre 1990.

ANÓNIMO. *Instrucciones de Servicio Máquinas Empaquetadoras.* Marca SIG. Modelo PFD.

BADUI, Salvador. *Diccionario de Tecnología de los Alimentos.* Editorial Alambra Mexicana. México. 1998.

BIORD C., Raúl. *Reglas del Juego para los Informes y Trabajos de Grado*. Editorial Texto C. A. Caracas. 2001.

HELMAN, Horacio – PEREIRA, Pulo. *Análisis De Fallas. Escuela de Ing. de UFMG.* Brasil. 1995.

HERRERA, Marilyn. *Mantenimiento Eléctrico, Gerencia de Planta.* Documentos Remavenca. Julio 2003.

ROBB, Luis A. *Diccionario para Ingenieros.* Editorial CECSA. México. 1997. 33° Edición.

SÁNCHEZ, Yesika. *Mejora del Departamento de Mantenimiento en el Área de Aceites.* Documentos Remavenca. Cagua. 2003.

Otros medios:

ANÓNIMO. Índices de Gestión de Costos. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/calculos/ind3gc.asp. Mayo 2004.

ANÓNIMO. Índices de Gestión de Mano de Obra. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/calculos/ind3gmo.asp. Mayo 2004.

ANÓNIMO. PM Optimisation. www.pmopt.com. Mayo 2004.

ANÓNIMO. RCM2 Reliability Centered Maintenance. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/tipos/default.asp. Mayo 2004.

CRUZ, E. – NAVARRETE, E. Sistema de Cálculo de Indicadores de Mantenimiento. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/articulos/6calculo.asp. Septiembre 2001.

HUERTA M., Rosendo. El Análisis de Criticidad, una Metodología para Mejorar la Confiabilidad Operacional. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/artículos/6analisis.asp. Septiembre 2001.

RAMÍREZ Q., Arnoldo. El Principio de Pareto. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/articulos/5principio.asp. Junio 2001.

SABIONCELLO V., Alfredo. Mejora de Costos de Mantenimiento. http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/articulos/1mejora.asp. Junio 2000.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Diseño de un plan piloto para mejorar la gestión de mantenimiento en una línea de producción de una planta procesadora de alimentos, a través de la metodología RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad –

ANEXOS

REALIZADO POR ALLIEGRO, Lucía Exp. 94129

MALAVÉ, Oscar Exp. 95077

TUTOR Ing. Raúl Changir

FECHA Febrero – Mayo 2004

ANEXO 1. Beneficios

Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:

- Mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La disposición de nuevos dispositivos de seguridad.
- La revisión sistemática de las consecuencias de cada fallo antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de fallo que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones "a falta de" que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
- Menos fallos causados por un mantenimiento innecesario.

Mejores rendimientos operativos, debido a:

- Un mayor énfasis en los requisitos del mantenimiento de elementos y componentes críticos.
- Un diagnóstico más rápido de los fallos mediante la referencia a los modos de fallo relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de fallos de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de los fallos).
- Intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos la eliminación completa de ellas.
- Listas de trabajos de interrupción más cortas, que llevan a paradas más cortas, más fáciles de solucionar y menos costosas.
- Menos problemas de "desgaste de rodaje" después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.

- La eliminación de elementos superfluos y como consecuencia los fallos inherentes a ellos.
- La eliminación y sustitución de componentes poco fiables.
- Un conocimiento sistemático acerca de la nueva planta, y el refrescamiento y fortalecimiento de las prácticas operativas de manera integral en plantas ya establecidas.

Mayor contención de los costes de mantenimiento, debido a:

- Menor mantenimiento rutinario innecesario.
- Mejor compra de los servicios de mantenimiento (motivada por el énfasis sobre las consecuencias de los fallos).
- La prevención o eliminación de los fallos costosos.
- Unas políticas de funcionamiento más claras, especialmente en cuanto a los equipos de reserva.
- Menor necesidad de contratar personal experto costoso, debido a que todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta y sus operaciones.
- Pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.

Más larga vida útil a los equipos, debido a:

- Aumento del uso de las técnicas de mantenimiento "a condición".

Una amplia base de datos de mantenimiento, que:

- Reduce los efectos de la rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
- Provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.

- Provee una base valiosa para la introducción de los sistemas expertos.
- Conduce a la realización y actualización de planos, manuales más exactos.
- Hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes (tales como nuevos horarios de turno, una nueva tecnología, cambios en los volúmenes de producción) sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.

Mayor motivación de las personas en particular: Especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión, la que lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mecho mejor, junto con un "reparto" más amplio de los problemas del mantenimiento y de sus soluciones. También significa, que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.

Mejor trabajo de grupo: Motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis del mantenimiento y a la toma de decisiones. Mejorando la comunicación y la cooperación entre:

- Los departamentos: Los departamentos de producción u operación así como los de la función del mantenimiento.
- Personal de diferentes niveles: Los gerentes, los jefes de departamentos, técnicos y operarios.
- Especialistas internos y externos: Los diseñadores de la maquinaria, vendedores, usuarios y el personal encargado del mantenimiento.
- Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento y muchos ya son la meta de los programas de mejora. Lo importante del RCM es que provee un marco de trabajo paso a paso

efectivo para realizarlos todos a la vez, y para hacer participar a todo el que tenga algo que ver con los equipos de los procesos.

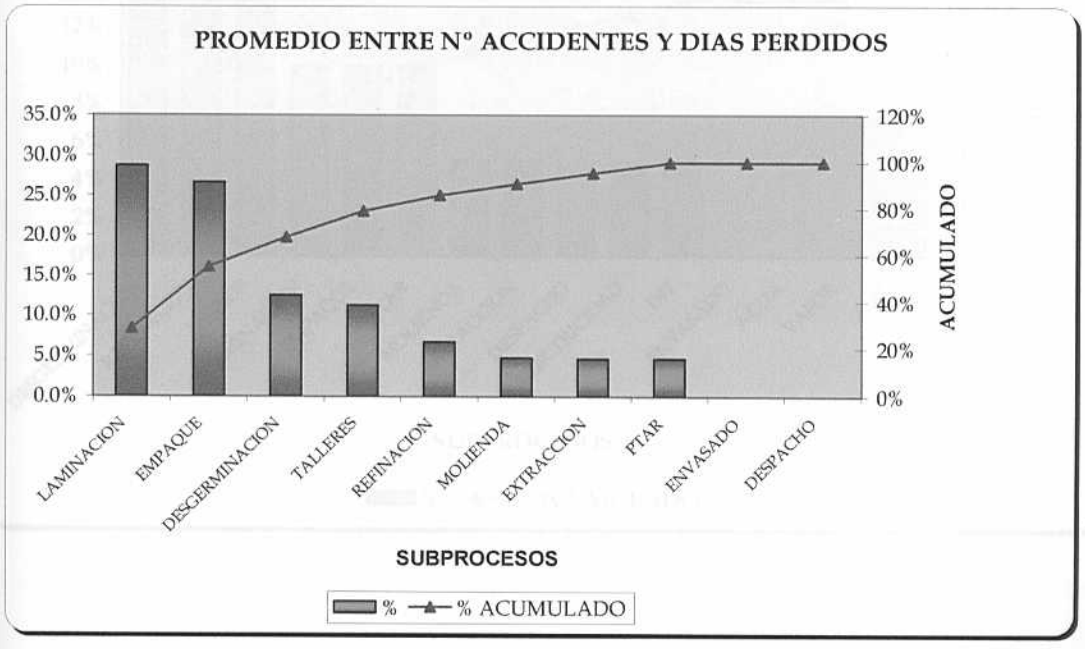
ANEXO 2. Análisis de consecuencia

ANEXO 2.1. Análisis de seguridad

DIAS PERDIDOS	40.00%
N° ACCIDENTES CTP	40.00%
N° ACCIDENTES STP	20.00%

ID	SUBPROCESO	DIAS PERDIDOS	NUMERO DE ACCIDENTES		%	% ACUMULADO
			CTP	STP		
2	LAMINACION	280	2	1	28.8%	29%
4	EMPAQUE	66	7	2	26.6%	55%
1	DESGERMINACION	103	1	1	12.5%	68%
16	TALLERES	55	2	1	11.3%	79%
6	REFINACION	3	1	2	6.7%	86%
3	MOLIENDA	3	1	1	4.7%	91%
5	EXTRACCION	2	1	1	4.7%	95%
9	PTAR	2	1	1	4.7%	100%
7	ENVASADO	0	0	0	0.0%	100%
8	DESPACHO	0	0	0	0.0%	100%
10	ELECTRICIDAD	0	0	0	0%	100%
11	SILOS	0	0	0	0%	100%
12	DIT	0	0	0	0%	100%
13	AGUA	0	0	0	0%	100%
14	VAPOR	0	0	0	0%	100%
15	AIRE	0	0	0	0%	100%

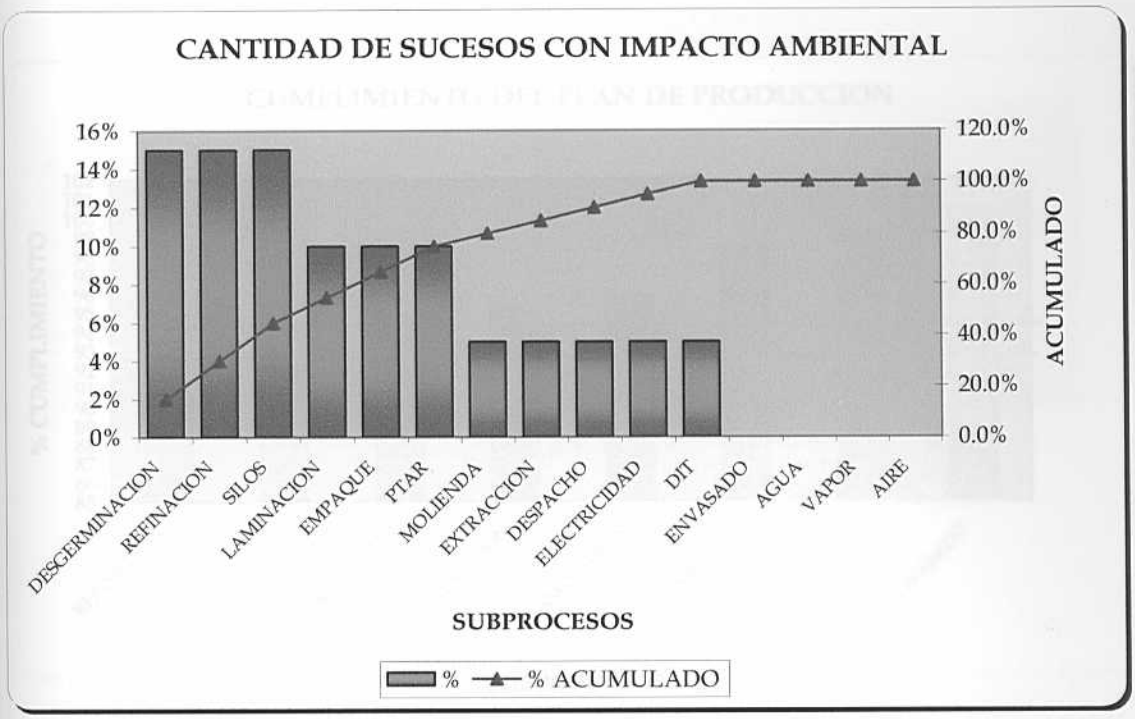
DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 2.2. Análisis impacto ambiental

ID	SUBPROCESO	CANT. DE SUCESOS	%	% ACUMULADO
1	DESGERMINACION	3	15%	15.0%
6	REFINACION	3	15%	30.0%
11	SILOS	3	15%	45.0%
2	LAMINACION	2	10%	55.0%
4	EMPAQUE	2	10%	65.0%
9	PTAR	2	10%	75.0%
3	MOLIENDA	1	5%	80.0%
5	EXTRACCION	1	5%	85.0%
8	DESPACHO	1	5%	90.0%
10	ELECTRICIDAD	1	5%	95.0%
12	DIT	1	5%	100.0%
7	ENVASADO	0	0%	100.0%
13	AGUA	0	0%	100.0%
14	VAPOR	0	0%	100.0%
15	AIRE	0	0%	100.0%
16	TALLERES	NA	NA	NA

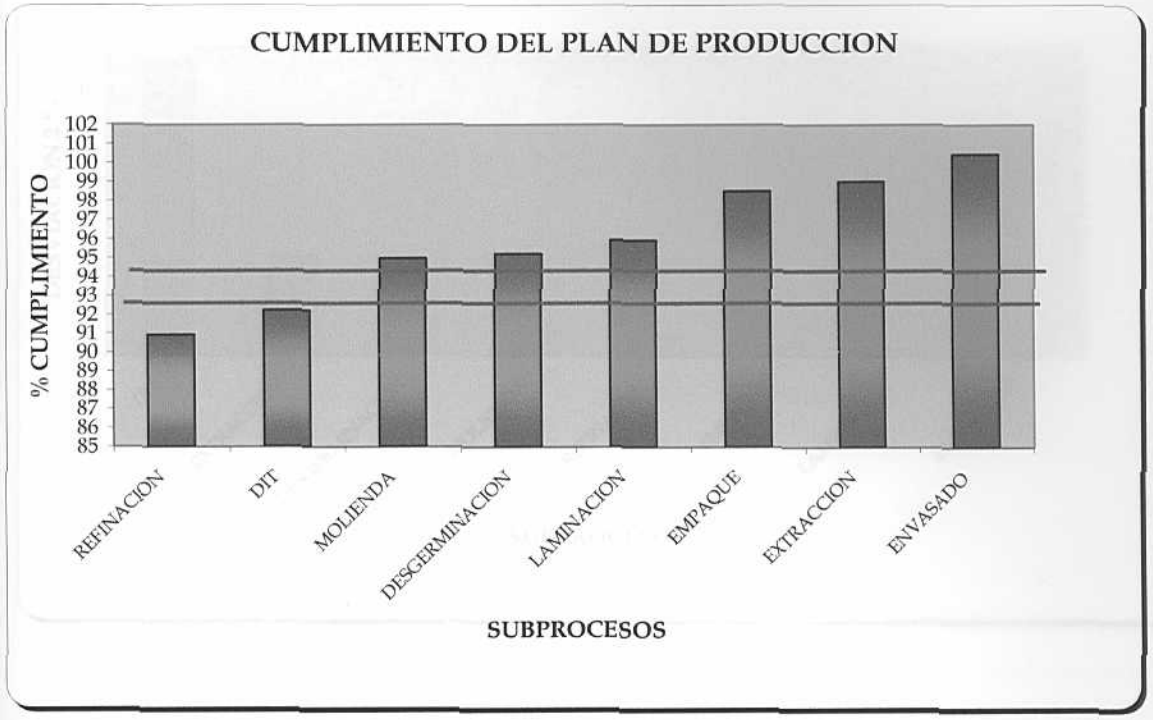
DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 2.3. *Análisis de productividad*

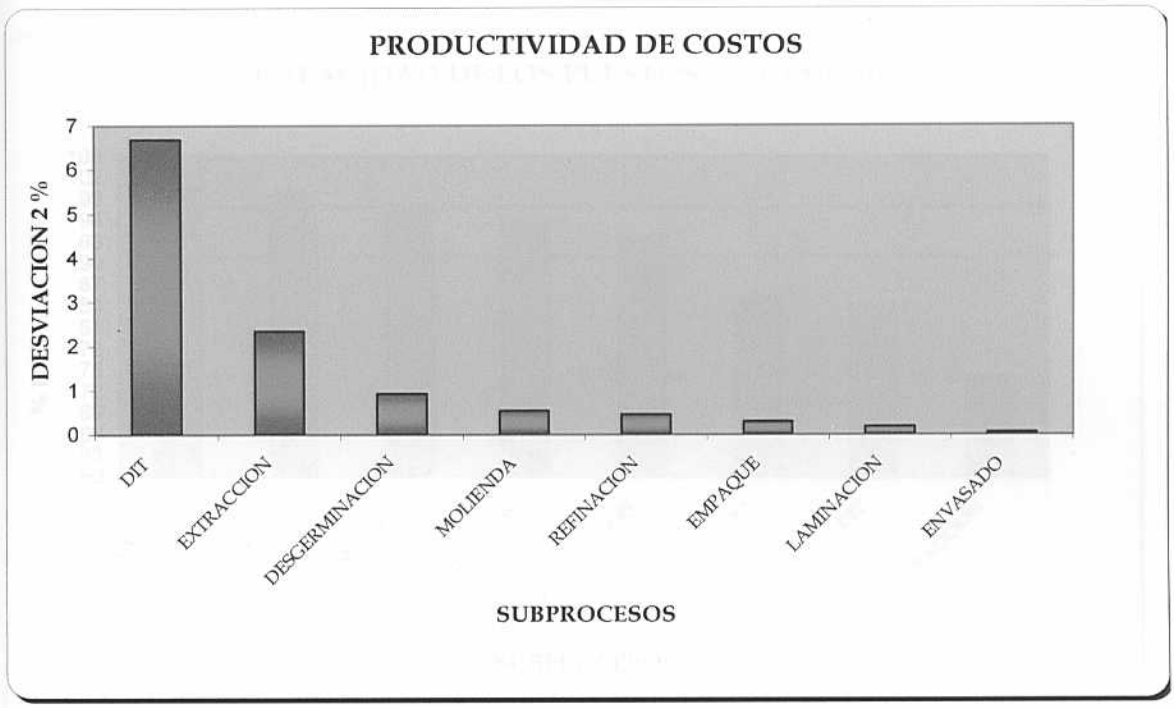
ANEXO 2.3.1. Análisis de porcentaje de cumplimiento

ID	SUBPROCESO	CANT. ENTREGADA	CANT. PLANIFICADA	% CUMPLIMIENTO
6	REFINACION	33,052,401	36,344,348	90.94
12	DIT	3,422,729	3,711,221	92.23
3	MOLIENDA	160,712,194	169,215,500	94.97
1	DESGERMINACION	162,547,673	170,701,000	95.22
2	LAMINACION	160,345,408	167,123,750	95.94
4	EMPAQUE	161,833	164,271	98.52
5	EXTRACCION	3,415,599	3,449,185	99.03
7	ENVASADO	8,940,228	8,898,240	100.47
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A
9	PTAR	N/A	N/A	N/A
10	ELECTRICIDAD	N/A	N/A	N/A
11	SILOS	N/A	N/A	N/A
13	AGUA	N/A	N/A	N/A
14	VAPOR	N/A	N/A	N/A
15	AIRE	N/A	N/A	N/A
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A



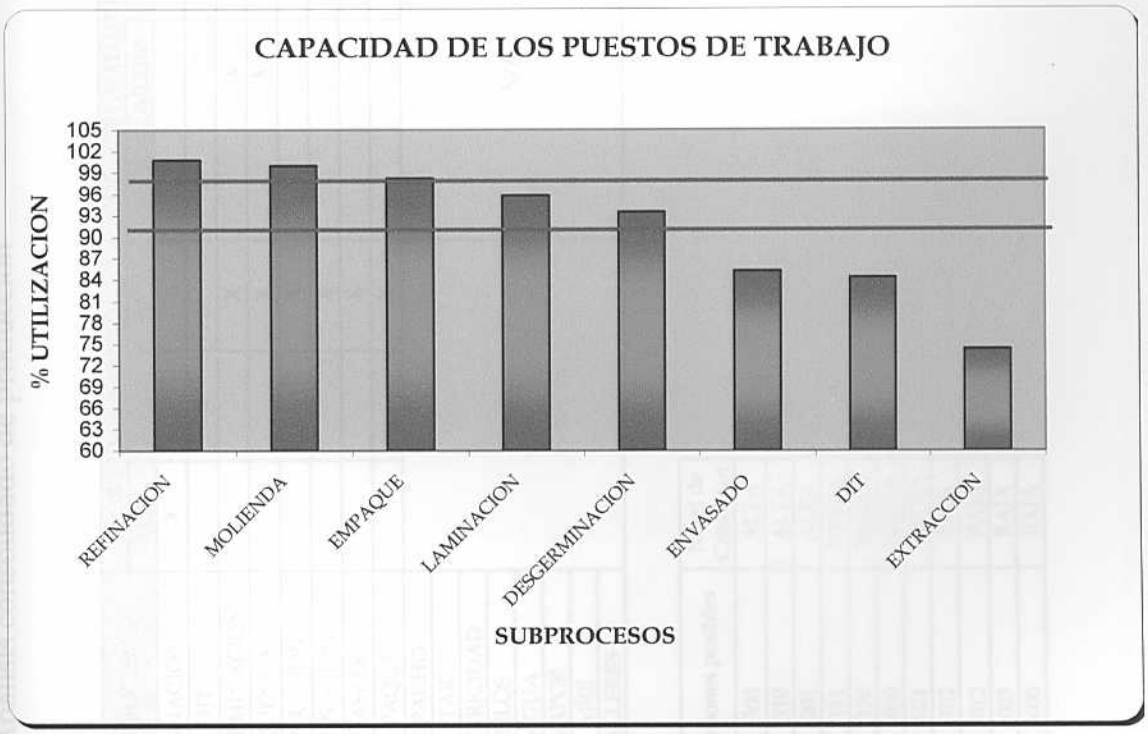
ANEXO 2.3.2. Análisis de productividad de costos

ID	SUBPROCESO	DESVIACION Bs.	% DESVIACION	DESVIACION 2
12	DIT	-121.78	106.68	6.68
5	EXTRACCION	-45.67	102.35	2.35
1	DESGERMINACION	-973.19	100.93	0.93
3	MOLIENDA	582.54	99.45	0.55
6	REFINACION	-207.30	100.46	0.46
4	EMPAQUE	-353.18	100.30	0.30
2	LAMINACION	185.26	99.82	0.18
7	ENVASADO	-8.81	100.06	0.06
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A
9	PTAR	N/A	N/A	N/A
10	ELECTRICIDAD	N/A	N/A	N/A
11	SILOS	N/A	N/A	N/A
13	AGUA	N/A	N/A	N/A
14	VAPOR	N/A	N/A	N/A
15	AIRE	N/A	N/A	N/A
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A



ANEXO 2.3.3. Análisis de la capacidad de los puestos de trabajo

ID	SUBPROCESO	CAP. UTILIZADA	CAP. REAL	% UTILIZACION
6	REFINACION	19,008.00	18,866.00	100.75
3	MOLIENDA	1,052,640.00	1,052,640.00	100.00
4	EMPAQUE	1,052,640.00	1,071,360.00	98.25
2	LAMINACION	1,052,640.00	1,098,074.88	95.86
1	DESGERMINACION	1,052,640.00	1,126,284.00	93.46
7	ENVASADO	17,040.00	20,000.00	85.20
12	DIT	35,436.00	42,014.00	84.34
5	EXTRACCION	1,783.92	2,400.00	74.33
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A
9	PTAR	N/A	N/A	N/A
10	ELECTRICIDAD	N/A	N/A	N/A
11	SILOS	N/A	N/A	N/A
13	AGUA	N/A	N/A	N/A
14	VAPOR	N/A	N/A	N/A
15	AIRE	N/A	N/A	N/A
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A



ANEXO 2.3.4. Análisis consolidado de producción

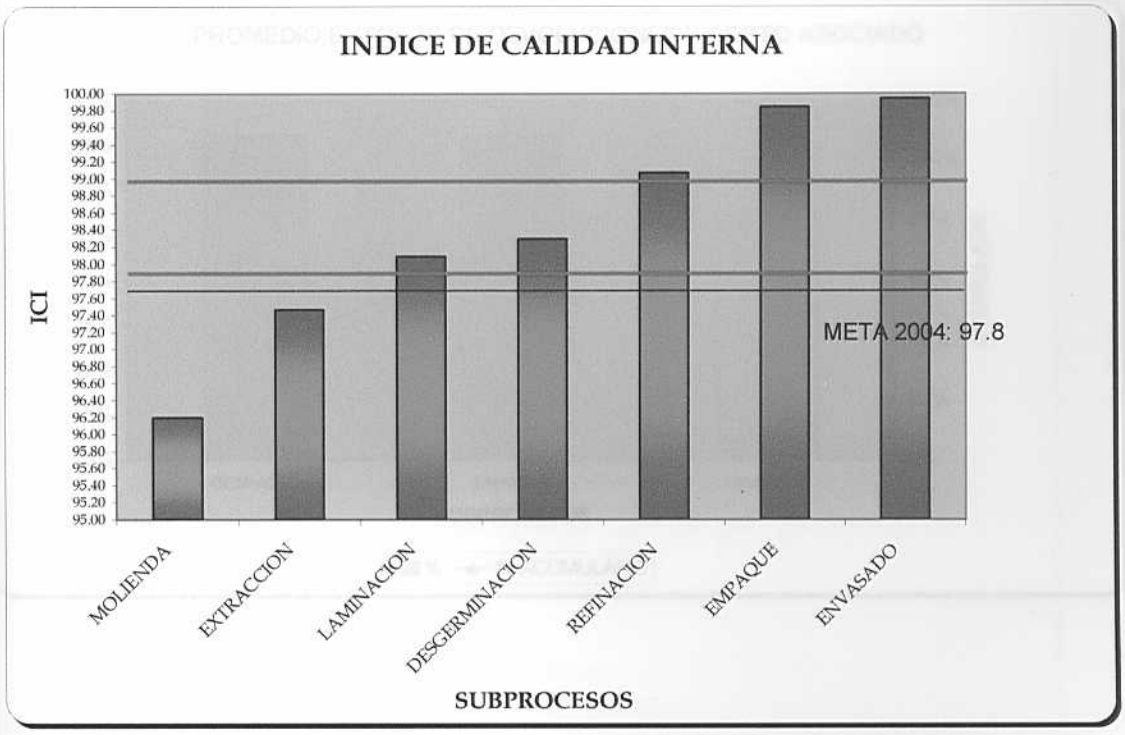
ID	SUBPROCESO	% CUMPLIMIENTO			PRODUCTIVIDAD DE COSTOS			CAP. PUESTOS DE TRAB.			VALOR	CONSECUENCIA
		ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA	ALTA	MEDIA	BAJA		
1	REFINACION	X					X	X			201	ALTA
14	DIT		X		X					X	111	MEDIA
15	DESGERMINACION			X		X			X		021	MEDIA
16	MOLIENDA			X		X		X			120	MEDIA
2	EXTRACCION			X	X					X	102	BAJA
3	LAMINACION			X			X		X		012	BAJA
4	ENVASADO			X			X			X	003	BAJA
6	EMPAQUE			X			X	X			102	BAJA
5	DESPACHO	N/A			N/A			N/A			000	BAJA
7	PTAR										000	BAJA
8	ELECTRICIDAD										000	BAJA
9	SILOS										000	BAJA
10	AGUA										000	BAJA
11	VAPOR										000	BAJA
12	AIRE										000	BAJA
13	TALLERES										000	BAJA

Combinaciones posibles	Nivel de Criticidad
300	ALTA
210	ALTA
201	ALTA
111	MEDIA
120	MEDIA
030	MEDIA
021	MEDIA
102	BAJA
012	BAJA
003	BAJA
000	BAJA

ANEXO 2.4. Análisis de calidad interna

ID	SUBPROCESO	ICI
3	MOLIENDA	96.2
5	EXTRACCION	97.47
2	LAMINACION	98.09
1	DESGERMINACION	98.29
6	REFINACION	99.07
4	EMPAQUE	99.84
7	ENVASADO	99.94
8	DESPACHO	NA
9	PTAR	NA
10	ELECTRICIDAD	NA
11	SILOS	NA
12	DIT	NA
13	AGUA	NA
14	VAPOR	NA
15	AIRE	NA
16	TALLERES	NA

DIAGRAMA DE PARETO

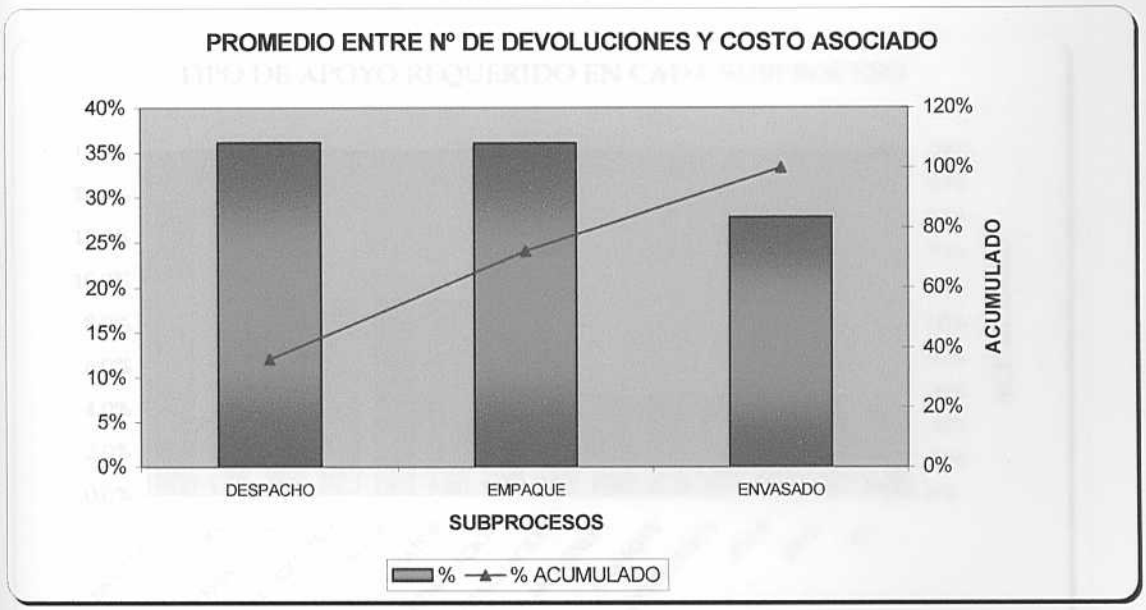


ANEXO 2.5. Análisis de calidad externa

# DE DEVOLUCIONES	0%
COSTO	100%

ID	SUBPROCESO	Nº DE DEVOLUCIONES	COSTO ASOCIADO	%	% ACUMULADO
8	DESPACHO	508	Bs 3,583,815.77	36.1%	36.1%
4	EMPAQUE	708	Bs 3,581,362.20	36.1%	72.2%
7	ENVASADO	258	Bs 2,764,915.30	27.8%	100.0%
1	DESGERMINACION	0	0	0	100.0%
2	LAMINACION	0	0	0	100.0%
3	MOLIENDA	0	0	0	100.0%
5	EXTRACCION	0	0	0	100.0%
6	REFINACION	0	0	0	100.0%
9	PTAR	0	0	0	100.0%
10	ELECTRICIDAD	0	0	0	100.0%
11	SILOS	0	0	0	100.0%
12	DIT	0	0	0	100.0%
13	AGUA	0	0	0	100.0%
14	VAPOR	0	0	0	100.0%
15	AIRE	0	0	0	100.0%
16	TALLERES	0	0	0	100.0%

DIAGRAMA DE PARETO

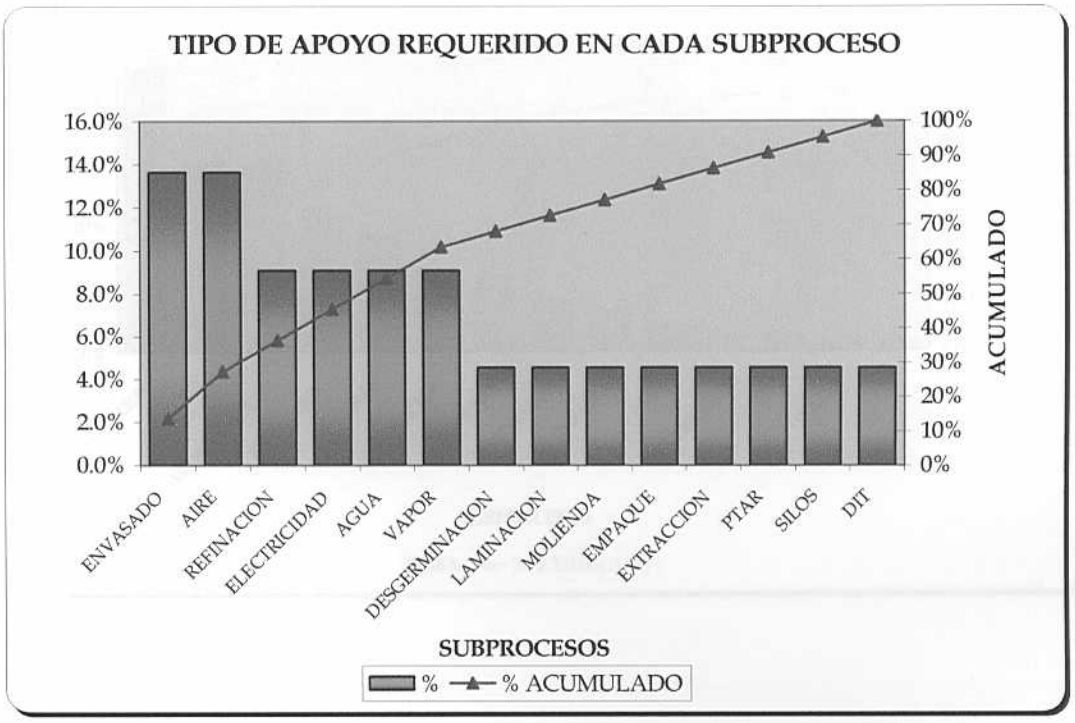


ANEXO 3. Análisis de complejidad

ANEXO 3.1. Análisis de nivel de apoyo

ID	SUBPROCESO	TIPO DE APOYO REQUERIDO	%	% ACUMULADO
7	ENVASADO	3	13.6%	14%
15	AIRE	3	13.6%	27%
6	REFINACION	2	9.1%	36%
10	ELECTRICIDAD	2	9.1%	45%
13	AGUA	2	9.1%	55%
14	VAPOR	2	9.1%	64%
1	DESGERMINACION	1	4.5%	68%
2	LAMINACION	1	4.5%	73%
3	MOLIENDA	1	4.5%	77%
4	EMPAQUE	1	4.5%	82%
5	EXTRACCION	1	4.5%	86%
9	PTAR	1	4.5%	91%
11	SILOS	1	4.5%	95%
12	DIT	1	4.5%	100%
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A

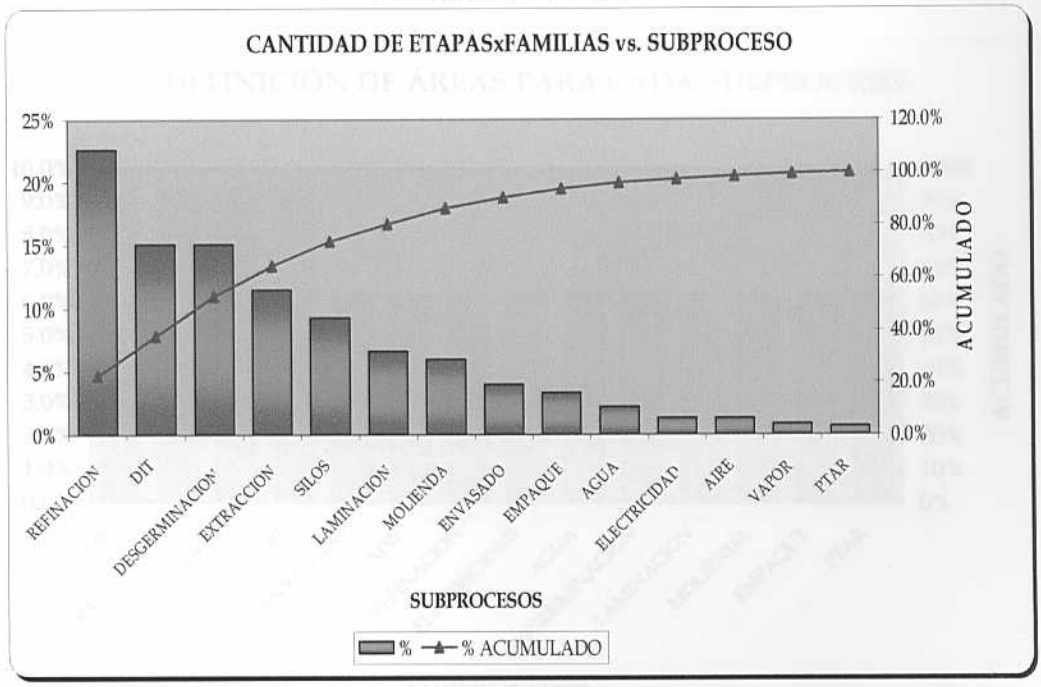
DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 3.2. Análisis de etapas x familias

ID	SUBPROCESO	CANT. DE ETAPAS	CANT. DE FAMILIAS	ETAPASxFAMILIAS	%	% ACUMULADO
12	REFINACION	6	17	102	23%	22.6%
6	DIT	4	17	68	15%	37.7%
7	DESGERMINACION	4	17	68	15%	52.8%
4	EXTRACCION	4	13	52	12%	64.3%
10	SILOS	3	14	42	9%	73.6%
8	LAMINACION	3	10	30	7%	80.3%
9	MOLIENDA	3	9	27	6%	86.3%
1	ENVASADO	1	18	18	4%	90.2%
5	EMPAQUE	1	15	15	3%	93.6%
13	AGUA	2	5	10	2%	95.8%
11	ELECTRICIDAD	3	2	6	1%	97.1%
15	AIRE	2	3	6	1%	98.4%
14	VAPOR	2	2	4	1%	99.3%
3	PTAR	1	3	3	1%	100.0%
2	DESPACHO	0	0	0	0%	100.0%
16	TALLERES	0	0	0	0%	100.0%

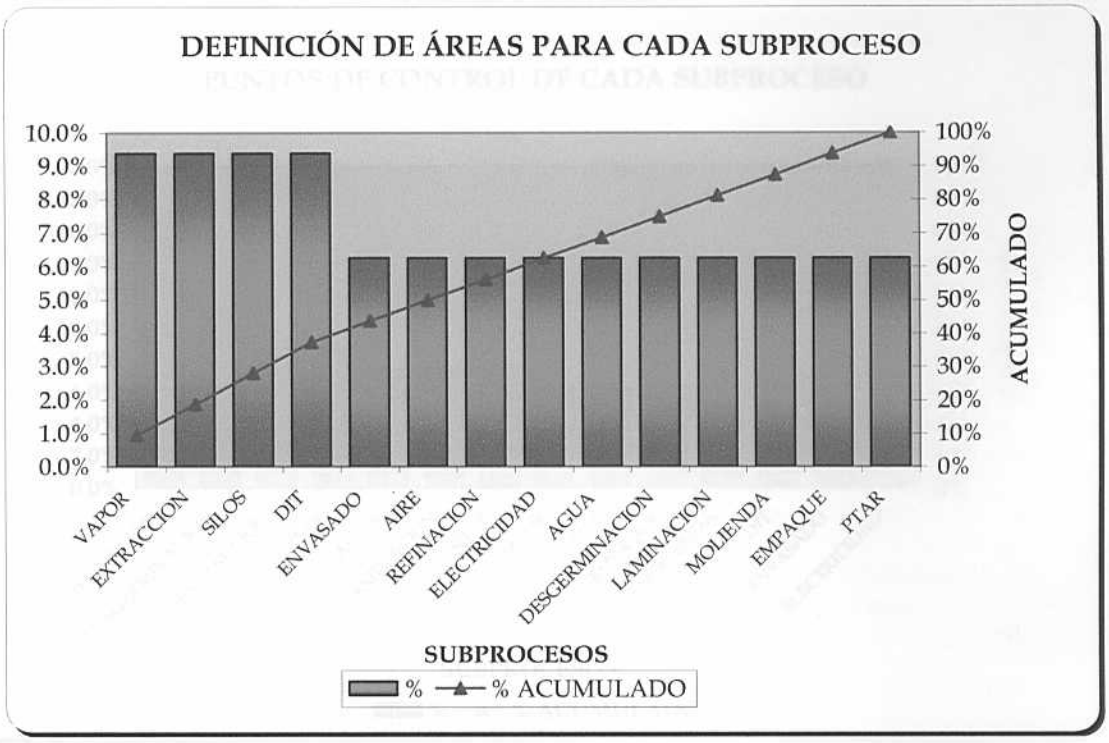
DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 3.3. Análisis de clase de área

ID	SUBPROCESO	TIPO DE ÁREA	%	% ACUMULADO
14	VAPOR	3	9.4%	9%
5	EXTRACCION	3	9.4%	19%
11	SILOS	3	9.4%	28%
12	DIT	3	9.4%	38%
7	ENVASADO	2	6.3%	44%
15	AIRE	2	6.3%	50%
6	REFINACION	2	6.3%	56%
10	ELECTRICIDAD	2	6.3%	63%
13	AGUA	2	6.3%	69%
1	DESGERMINACION	2	6.3%	75%
2	LAMINACION	2	6.3%	81%
3	MOLIENDA	2	6.3%	88%
4	EMPAQUE	2	6.3%	94%
9	PTAR	2	6.3%	100%
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A

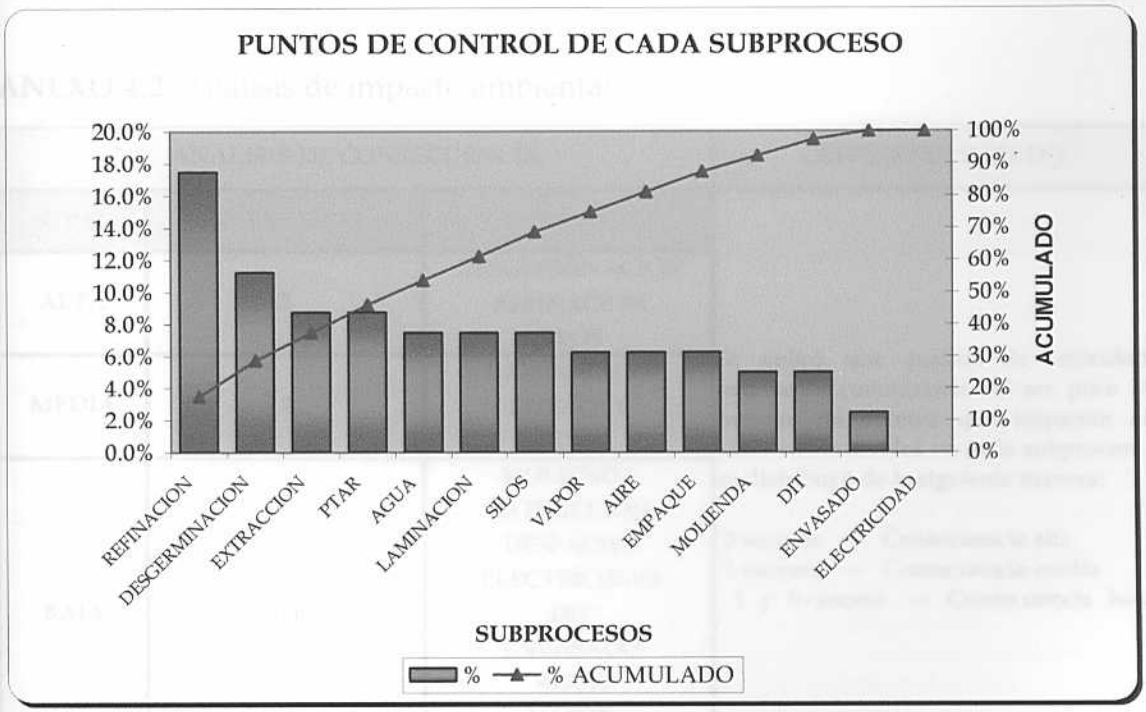
DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 3.4. Análisis de puntos de control

ID	SUBPROCESO	CANTIDAD DE PTOS. DE CONTROL	%	% ACUMULADO
6	REFINACION	14	17.5%	18%
1	DESGERMINACION	9	11.3%	29%
5	EXTRACCION	7	8.8%	38%
9	PTAR	7	8.8%	46%
13	AGUA	6	7.5%	54%
2	LAMINACION	6	7.5%	61%
11	SILOS	6	7.5%	69%
14	VAPOR	5	6.3%	75%
15	AIRE	5	6.3%	81%
4	EMPAQUE	5	6.3%	88%
3	MOLIENDA	4	5.0%	93%
12	DIT	4	5.0%	98%
7	ENVASADO	2	2.5%	100%
10	ELECTRICIDAD	0	0.0%	100%
8	DESPACHO	N/A	N/A	N/A
16	TALLERES	N/A	N/A	N/A

DIAGRAMA DE PARETO



ANEXO 4. Criterios utilizados en los análisis de consecuencia

ANEXO 4.1. Análisis de seguridad

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	10%	LAMINACION EMPAQUE	Se aplicó el análisis ABC para determinar la consecuencia de los Sub-procesos, luego se asignó una ponderación a cada nivel siguiendo la distribución teórica de Pareto, que dice: - Entre 65-80% consecuencia 3 (baja). - Entre 15-25% consecuencia 2 (media). - Entre 5-10% consecuencia 1 (alta). Esta es tomada como la distribución normal para cualquier análisis de criticidad.
MEDIA	25%	DESGERMINACION TALLERES REFINACION MOLIENDA	
BAJA	65%	EXTRACCION PTAR ENVASADO DESPACHO ELECTRICIDAD SILOS DIT AGUA VAPOR AIRE	

ANEXO 4.2. Análisis de impacto ambiental

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
NIVEL	N° SUCESOS	SUBPROCESO	Se aplicó una analisis de criticidad netamente cuantitativo. Al ser poco el numero de sucesos que impactan al ambiente ocurridos en cada subproceso, se distribuyó de la siguiente manera: 3 sucesos → Consecuencia alta 2 sucesos → Consecuencia media 1 y 0 suceso → Consecuencia baja
ALTA	3	DESGERMINACION REFINACION SILOS	
MEDIA	2	LAMINACION EMPAQUE PTAR	
BAJA	1, 0	MOLIENDA EXTRACCION DESPACHO ELECTRICIDAD DIT ENVASADO AGUA VAPOR AIRE	
N/A		TALLERES	

ANEXO 4.3. Análisis de productividad

ANEXO 4.3.1. Porcentaje de cumplimiento

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	90.94 < X < 91.90	REFINACION	En este caso por trabajar con porcentajes, se halló la diferencia entre el valor más alto y el más bajo (9.53). A esta diferencia se le aplico el analisis ABC utilizando 10,25 y 65% para los niveles alto, medio y bajo respectivamente. Luego se hallaron los limites de la siguente forma: 9.53x10% = 0.953 → 90.94 + 0.953 = 91.90 9.53x25% = 2.383 → 91.90 + 2.383 = 94.28 9.53x65% = 6.195 → 94.28 + 6.195 = 100.47 90.94 < X < 91.90 → Consecuencia alta 91.90 < X < 94.28 → Consecuencia media 94.28 < X < 100.47 → Consecuencia baja
MEDIA	91.90 < X < 94.28	DIT	
BAJA	94.28 < X < 100.47	MOLIENDA DESGERMINACION LAMINACION EMPAQUE EXTRACCION ENVASADO	
N/A		DESPACHO PTAR ELECTRICIDAD SILOS AGUA VAPOR AIRE TALLERES	

ANEXO 4.3.2. Productividad de costos

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	X > 1.5	DIT EXTRACCION	Según politicas de la compañia se considera una diferencia de 2% como valor máximo permitido para la desviación en Bolivares del costo de produccion, a partir de esto se decidió lo siguiente: X > 1.5 → Consecuencia alta 0.5 < X ≤ 1.5 → Consecuencia media 0 ≤ X ≤ 0.5 → Consecuencia baja
MEDIA	0.5 < X ≤ 1.5	DESGERMINACION MOLIENDA	
BAJA	0 ≤ X ≤ 0.5	REFINACION EMPAQUE LAMINACION ENVASADO	
N/A		DESPACHO PTAR DESPACHO PTAR ELECTRICIDAD SILOS AGUA VAPOR AIRE TALLERES	

ANEXO 4.3.3. Capacidad de puestos de trabajo

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	98.11 < X < 100.76	REFINACION MOLIENDA EMPAQUE	En este caso por trabajar con porcentajes, se halló la diferencia entre el valor más alto y el más bajo (26.43). A esta diferencia se le aplico el analisis ABC utilizando 10,25 y 65% para los niveles alto, medio y bajo respectivamente. Luego se hallaron los limites de la siguente forma: 26.43x10% = 2.64 → 100.76 - 2.64 = 98.11 26.43x25% = 6.607 → 98.11 - 6.607 = 91.5 26.43x65% = 17.18 → 91.5 - 74.33 = 74.33 98.11 < X < 100.76 → Consecuencia alta 91.5 < X < 98.14 → Consecuencia media 74.33 < X < 91.8 → Consecuencia baja
MEDIA	91.5 < X < 98.14	LAMINACION DESGERMINACION	
BAJA	74.33 < X < 91.8	ENVASADO DIT EXTRACCION	
N/A		DESPACHO PTAR ELECTRICIDAD SILOS AGUA VAPOR AIRE TALLERES	

ANEXO 4.4. Análisis de calidad interna

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
NIVEL	ICI	SUBPROCESO	El ICI se evalúa en una escala del 1 al 100, donde 100 representa el punto más alto de calidad del producto.En consenso con el equipo de trabajo y observando datos historicos se definieron los limites de criticidad. -Menor de 98 → Consecuencia alta -Entre 98 y 99 → Consecuencia media -Mayor a 99 → Consecuencia baja
ALTA	X < 98	MOLIENDA EXTRACCION	
MEDIA	98 ≤ X < 99	LAMINACION DESGERMINACION	
BAJA	X ≥ 99	REFINACION EMPAQUE ENVASADO	
N/A		DESPACHO PTAR ELECTRICIDAD SILOS DIT AGUA VAPOR AIRE TALLERES	

ANEXO 4.5. Análisis de calidad externa

ANALISIS DE CONSECUENCIA			CRITERIO UTILIZADO
NIVEL	PONDERACION	SUBPROCESO	
ALTA	INFLUYEN	DESPACHO EMPAQUE ENVASADO	En este caso solo existen tres subprocesos que influyen en la calidad externa o satisfaccion al cliente, entonces se le asigno un nivel alto de criticidad, mientras a los otros subprocesos incluidos en el estudio se le asigno un nivel bajo. - Influyen en la calidad externa → Criticidad alta - No influyen → Criticidad baja
BAJA	NO INFLUYEN	DESGERMINACION LAMINACION MOLIENDA EXTRACCION REFINACION PTAR ELECTRICIDAD SILOS DIT AGUA VAPOR AIRE TALLERES	

ANEXO 5. Criterios utilizados en los análisis de complejidad

ANEXO 5.1. Análisis nivel de apoyo

ANALISIS DE COMPLEJIDAD			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	Apoyo internacional	ENVASADO AIRE	Se aplicó un análisis de criticidad netamente cualitativo. Se le asignó un valor a cada subproceso según el tipo de apoyo requerido en el área de mantenimiento o reparaciones. Mientras más especializado deba ser el apoyo solicitado, mayor complejidad tendrá el subproceso en cuestión. Apoyo Internacional - Complejidad 3 Apoyo Nacional - Complejidad 2 Apoyo Interno - Complejidad 1
MEDIA	Apoyo nacional	REFINACION ELECTRICIDAD AGUA VAPOR	
BAJA	Apoyo interno	DESGERMINACION LAMINACION MOLIENDA EMPAQUE EXTRACCION PTAR SILOS DIT TALLERES DESPACHO	

ANEXO 5.2. Análisis de etapas x familias

ANALISIS DE CRITICIDAD			CRITERIO UTILIZADO
NIVEL	% PONDERACION	SUBPROCESO	Se aplicó el analisis de criticidad ABC para definir el nivel de cada Subproceso. En este caso de utilizó la siguiente ponderación: - 10% → Criticidad alta - 25% → Criticidad media - 65% → Criticidad baja
ALTA	10%	REFINACION DIT DESGERMINACION	
MEDIA	25%	EXTRACCION SILOS LAMINACION	
BAJA	65%	MOLIENDA ENVASADO EMPAQUE AGUA ELECTRICIDAD AIRE VAPOR PTAR DESPACHO TALLERES	

ANEXO 5.3. Análisis de clase de área

ANALISIS DE COMPLEJIDAD			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	Áreas restringidas	VAPOR EXTRACCION SILOS DIT	En este caso se tienen dos variables que influyen en el Tipo de Área según la política de la empresa, las cuales son: Áreas Restringidas - Complejidad alta Áreas Controladas - Complejidad media
MEDIA	Áreas controladas	ENVASADO AIRE REFINACION ELECTRICIDAD AGUA DESGERMINACION LAMINACION MOLIENDA EMPAQUE PTAR TALLERES DESPACHO	

ANEXO 5.4. Análisis de puntos de control

ANALISIS DE COMPLEJIDAD			CRITERIO UTILIZADO
ALTA	10%	REFINACION DESGERMINACION EXTRACCION	Se aplicó el analisis ABC para determinar la criticidad de los Sub-procesos, luego se asignó una ponderación a cada nivel siguiendo la distribución teórica de Pareto, que dice: - 65% deben tener criticidad 3 (baja). - 25% deben tener criticidad 2 (media). - 10% deben tener criticidad 1 (alta). Ésta es tomada como la distribución normal para cualquier analisis de criticidad.
MEDIA	25%	PTAR AGUA LAMINACION SILOS	
BAJA	65%	VAPOR AIRE EMPAQUE MOLIENDA DIT ENVASADO ELECTRICIDAD DESPACHO TALLERES	

ANEXO 6. Tabla de criterios utilizados para jerarquización de matriz de consecuencia

	CONSECUENCIA			CRITICIDAD	CRITERIO
	ALTA	MEDIA	BAJA		
REPETICIONES POR NIVEL	5	0	0	ALTA	Se le asignó el nivel Alto por presentar mayor número de características con consecuencias altas. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	4	1	0	ALTA	
	4	0	1	ALTA	
	3	2	0	ALTA	
	3	1	1	ALTA	
	3	0	2	ALTA	
	2	2	1	ALTA	
	2	1	2	ALTA	
	0	5	0	MEDIA	Se le asignó el nivel Medio por presentar mayor número de características con consecuencias medias. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	1	4	0	MEDIA	
	0	4	1	MEDIA	
	2	3	0	MEDIA	
	1	3	1	MEDIA	
	0	3	2	MEDIA	
	1	2	2	MEDIA	
	2	0	3	BAJA	Se le asignó el nivel Bajo por presentar mayor número de características con consecuencias bajas. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	1	1	3	BAJA	
	0	2	3	BAJA	
	1	0	4	BAJA	
	0	1	4	BAJA	
	0	0	5	BAJA	

ANEXO 7. Tabla de criterios utilizados para jerarquización de matriz de complejidad.

	COMPLEJIDAD			CRITICIDAD	CRITERIO
	ALTA	MEDIA	BAJA		
REPETICIONES POR NIVEL	4	0	0	ALTA	Se le asignó el nivel Alto por presentar mayor número de características con consecuencias altas. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	3	1	0	ALTA	
	3	0	1	ALTA	
	2	2	0	ALTA	
	2	1	1	ALTA	
	2	0	2	MEDIA	Se le asignó el nivel Medio por presentar mayor número de características con consecuencias medias. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	0	4	0	MEDIA	
	1	3	0	MEDIA	
	0	3	1	MEDIA	
	1	2	1	MEDIA	
	0	2	2	MEDIA	
	1	1	2	BAJA	Se le asignó el nivel Bajo por presentar mayor número de características con consecuencias bajas. En caso de empate se selecciona las más crítica.
	0	1	3	BAJA	
	1	0	3	BAJA	
	0	0	4	BAJA	

ANEXO 8. Tabla de horas de parada en empaque por núcleo 5

Empaque		
Área de empresa	Emplazamiento	Total
HARINAS	NUCLEO 5	640.55
	NUCLEO 7	584.00
	NUCLEO 4	577.32
	NUCLEO 6	546.70
	NUCLEO 3	465.56
	NUCLEO 2	356.16
	NUCLEO 8	67.90
	NUCLEO 1	37.53
	COMUNES	17.16
	GERMARINA	9.10
Total general		**3301.98**

ANEXO 9. Tabla de horas de parada por equipo en el núcleo 5

Empaque			
Área de empresa	Emplazamiento	Perfil catálogo	Total
HARINAS	NUCLEO 5	Empaquetadora SIG	402.03
		Enfardadora	206.52
		Codificador JAIME	14.33
		Palitizadora	10.67
		Entoleter	4.83
		Sifter	2.17
	Total NUCLEO 5		640.55
Total general			**640.55**

ANEXO 10. Tabla de horas de parada por falla potencial en el núcleo 5

Empaque			
Área de empresa	Emplazamiento	Modos de fallas	Total
HARINA	NUCLEO 5	DESAJUSTE MECANICO	439.30
		FALSO CONTACTO	46.25
		DEFORMACION	43.59
		DESGASTE	35.93
		AGENTE CONTAMINANTE	27.33
		MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	7.74
		BAJA PRESION DE AIRE	7.66
		CORTOCIRCUITO	5.83
		PERDIDA DE SINCRONISMO	5.00
		DESCENTRADO	4.83
		SOBRE CARGA	4.50
		AVERÍA EQUIPO COMÚN EXTERNO AL PUESTO	2.50
		BOBINA DEL CONTACTOR DAÑADA	2.50
		OBSTRUCCIÓN	2.17
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1.83
		SIN COMUNICACIÓN	1.67
		FALTA DE DISOLVENTE	1.50
		DESCALIBRACION	0.42
Total general			640.55

ANEXO 11. Tabla de horas de parada por causa de falla en el núcleo 5

DURACIÓN DE PARADAS POR CAUSAS		
Emplazamiento	**Causas**	**Total**
NUCLEO 5	SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	142.15
	SISTEMA DE FORMACIÓN	138.71
	LA DEVANADORA	98.05
	SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	63.27
	TUNEL DE FORMACION	52.38
	TABLERO ELÉCTRICO	30.5
	MESA DEVANADORA	25.77
	PREVANADORA	14.96
	CODIFICADOR JAIME 1000	14.33
	CINTA DE EVACIÓN	11.25
	LA AGRUPADORA	10.91
	FALLA DEL SIFTER CONTROL	6.34
	LA PREDEVANADORA	5.5
	TRANSPORTADORES ENTRADA	5.17
	DAÑOS DEL MOTOR	4.83
	PREAGRUPADORA	3.59
	TABLERO ELÉCTRICO	3.33
	PARADA OPERACIONAL	2.5
	MESA ELEVADORA	1.67
	TRANSPORTADORES DE PAQUETES	1.42
	LA BALANZA	1.42
	MESA AGRUPADORA	1.17
	TABLERO ELÉCTRICO	1
	ALMACÉN DE PALETAS	0.33
Total NUCLEO 5		640.55

ANEXO 12. Tabla de consecuencias por modo de falla

Consecuencias	
Modo de fallas	**Efecto de modo de fallas**
DESAJUSTE MECANICO	Parada del equipo
	Pérdida de insumos
	Rompimiento de parte mecánica
	Insatisfacción al cliente
FALSO CONTACTO	Parada del equipo
	Insatisfacción al cliente
DEFORMACION	Parada del equipo
	Pérdida de insumos
	Afecta seguridad del operario
DESGASTE	Parada del equipo
	Rompimiento de parte mecánica
	Pérdida de insumos
AGENTE CONTAMINANTE	Parada del equipo
	Pérdida de insumos
	Daño total a equipos
MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	Parada del equipo
	Pérdida de insumos
	Insatisfacción al cliente
BAJA PRESION DE AIRE	Parada del equipo
CORTOCIRCUITO	Parada del equipo
	Afecta seguridad del operario
	Daño total a equipos
PERDIDA DE SINCRONISMO	Parada del equipo
	Rompimiento de parte mecánica
	Pérdida de insumos
DESCENTRADO	Parada del equipo
	Insatisfacción al cliente
	Pérdida de insumos
SOBRECARGA	Parada del equipo
	Rompimiento de parte mecánica
	Daño total a equipos
AVERÍA EQUIPO COMÚN EXTERNO AL PUESTO	Parada del equipo
BOBINA DEL CONTACTOR DAÑADA	Parada del equipo
OBSTRUCCIÓN	Parada del equipo
	Daño total a equipos
FALTA DE LUBRICACIÓN	Parada del equipo
	Daño total a equipos
	Desgaste de equipos
SIN COMUNICACIÓN	Parada del equipo
FALTA DE DISOLVENTE	Parada del equipo
DESCALIBRACION	Parada del equipo

ANEXO 13. Tabla de severidad por modo de falla en el núcleo 5

ANALISIS DE SEVERIDAD DE EFECTOS					
Emplazamiento	Causas	Modo de fallas	Total (h)	%	Valor critico
NUCLEO 5	CAUSAS DE LA DEVANADORA	AGENTE CONTAMINANTE	15.92	16%	8
		BAJA PRESION DE AIRE	0.66	1%	5
		DESAJUSTE MECANICO	64.73	66%	10
		DESGASTE	5.75	6%	7
		FALSO CONTACTO	3.25	3%	6
		MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	7.74	8%	7
	Total CAUSAS DE LA DEVANADORA		98.05		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN	BAJA PRESION DE AIRE	5	4%	6
		CORTOCIRCUITO	1.17	1%	5
		DEFORMACION	27.77	20%	8
		DESAJUSTE MECANICO	84.08	61%	10
		DESGASTE	13.2	10%	7
		FALSO CONTACTO	5.33	4%	6
		PERDIDA DE SINCRONISMO	2.16	2%	6
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN		138.71		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	BAJA PRESION DE AIRE	2	1%	6
		CORTOCIRCUITO	2.33	2%	6
		DESAJUSTE MECANICO	132.98	94%	10
		DESGASTE	4.34	3%	6
		FALTA DE LUBRICACIÓN	0.5	0%	5
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR		142.15		
	CAUSAS DE LA AGRUPADORA	DEFORMACION	0.33	3%	6
		DESAJUSTE MECANICO	9.08	83%	10
		FALSO CONTACTO	1.5	14%	8
	Total CAUSAS DE LA AGRUPADORA		10.91		
	CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION	AGENTE CONTAMINANTE	1.17	2%	6
		DESAJUSTE MECANICO	49.21	94%	10
		FALSO CONTACTO	1.17	2%	6
		FALTA DE LUBRICACIÓN	0.83	2%	6
	Total CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION		52.38		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	AGENTE CONTAMINANTE	0.33	1%	5
		CORTOCIRCUITO	0.33	1%	5
		DEFORMACION	7.66	12%	7
		DESAJUSTE MECANICO	39.3	62%	10
		DESGASTE	11.31	18%	8
		FALSO CONTACTO	2.67	4%	6
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1.67	3%	6
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN		63.27		
	CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	7.24	51%	10
		DESAJUSTE MECANICO	1.67	12%	7
		DESCALIBRACION	0.42	3%	6
		DESCENTRADO	1.33	9%	7
		FALTA DE DISOLVENTE	1.5	10%	7
		OBSTRUCCIÓN	2.17	15%	8
	Total CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000		14.33		
	CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA	DEFORMACION	5.83	23%	8
		DESAJUSTE MECANICO	18.61	72%	10
		DESCENTRADO	0.83	3%	6
		DESGASTE	0.5	2%	6
	Total CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA		25.77		
	CAUSAS DE LA PREVANADORA	DEFORMACION	2	13%	8
		DESAJUSTE MECANICO	9.12	61%	10
		DESCENTRADO	2.67	18%	8
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1.17	8%	7
	Total CAUSAS DE LA PREVANADORA		14.96		
	CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	11.25	100%	10
	Total CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN		11.25		
	CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR	BOBINA DEL CONTACTOR DAÑADA	2.5	52%	10
		DESGASTE	0.5	10%	7
		SOBRE CARGA	1.83	38%	9
	Total CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR		4.83		
	CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES	DESAJUSTE MECANICO	1.42	100%	10
	Total CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES		1.42		
	CAUSAS DE MESA ELEVADORA	DESAJUSTE MECANICO	1.67	100%	10
	Total CAUSAS DE MESA ELEVADORA		1.67		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	30	98%	10
		SOBRE CARGA	0.5	2%	6

NUCLEO 5	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		30.5		
	CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL	DESAJUSTE MECANICO	4.17	66%	10
		SOBRE CARGA	2.17	34%	9
	Total CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL		6.34		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	CORTOCIRCUITO	2	60%	10
		FALSO CONTACTO	1.33	40%	9
	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		3.33		
	CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA	AGENTE CONTAMINANTE	2.67	52%	10
		DESAJUSTE MECANICO	2.5	48%	9
	Total CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA		5.17		
	CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	1.92	53%	10
		SIN COMUNICACIÓN	1.67	47%	9
	Total CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA		3.59		
	CAUSAS DE MESA AGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	0.67	57%	10
		FALTA DE LUBRICACIÓN	0.5	43%	9
	Total CAUSAS DE MESA AGRUPADORA		1.17		
	CAUSAS DE LA PREDEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	5.5	100%	10
	Total CAUSAS DE LA PREDEVANADORA		5.5		
	CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL	AVERÍA EQUIPO COMÚN EXTERNO AL PUESTO	2.5	100%	10
	Total CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL		2.5		
	CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	1	100%	10
	Total CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO		1		
	CAUSAS DE LA BALANZA	DESAJUSTE MECANICO	1.42	100%	10
	Total CAUSAS DE LA BALANZA		1.42		
	CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS	DESGASTE	0.33	100%	10
	Total CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS		0.33		
Total NUCLEO 5			640.55		

ANEXO 14. Tabla de criterios para análisis de la severidad por modo de falla

Efecto	Criterios: Severidad del efecto para AMEF	Fila
Peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
Peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy Arriba	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable, pero un cierto item(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable.	6
Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos items de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelto a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	4
De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	3
De muy poca importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1

ANEXO 15. Tabla de ocurrencia por modo de falla en el núcleo 5

ANALISIS DE OCURRENCIA					
Emplazamiento	Causas	Modo de fallas	Total	Prob. de ocur.	Valor crítico
NUCLEO 5	CAUSAS DE LA DEVANADORA	AGENTE CONTAMINANTE	33	23%	8
		BAJA PRESION DE AIRE	2	1%	6
		DESAJUSTE MECANICO	86	59%	10
		DESGASTE	8	6%	7
		FALSO CONTACTO	1	1%	5
		MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	15	10%	7
	Total CAUSAS DE LA DEVANADORA		145		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN	BAJA PRESION DE AIRE	4	3%	6
		CORTOCIRCUITO	1	1%	5
		DEFORMACION	12	10%	7
		DESAJUSTE MECANICO	81	69%	10
		DESGASTE	13	11%	7
		FALSO CONTACTO	3	3%	6
		PERDIDA DE SINCRONISMO	3	3%	6
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN		117		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	BAJA PRESION DE AIRE	1	1%	5
		CORTOCIRCUITO	2	2%	6
		DESAJUSTE MECANICO	109	94%	10
		DESGASTE	3	3%	6
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1	1%	5
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR		116		
	CAUSAS DE LA AGRUPADORA	DEFORMACION	1	5%	6
		DESAJUSTE MECANICO	18	86%	10
		FALSO CONTACTO	2	10%	7
	Total CAUSAS DE LA AGRUPADORA		21		
	CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION	AGENTE CONTAMINANTE	2	4%	6
		DESAJUSTE MECANICO	40	89%	10
		FALSO CONTACTO	2	4%	6
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1	2%	6
	Total CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION		45		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	AGENTE CONTAMINANTE	1	3%	6
		CORTOCIRCUITO	1	3%	6
		DEFORMACION	3	8%	7
		DESAJUSTE MECANICO	24	63%	10
		DESGASTE	5	13%	8
		FALSO CONTACTO	3	8%	7
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1	3%	6
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN		38		
	CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	13	54%	10
		DESAJUSTE MECANICO	3	13%	8
		DESCALIBRACION	1	4%	6
		DESCENTRADO	2	8%	7
		FALTA DE DISOLVENTE	1	4%	6
		OBSTRUCCIÓN	4	17%	8
	Total CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000		24		
	CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA	DEFORMACION	2	9%	7
		DESAJUSTE MECANICO	17	77%	10
		DESCENTRADO	2	9%	7
		DESGASTE	1	5%	6
	Total CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA		22		
	CAUSAS DE LA PREVANADORA	DEFORMACION	1	6%	7
		DESAJUSTE MECANICO	10	63%	10
		DESCENTRADO	4	25%	8
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1	6%	7
	Total CAUSAS DE LA PREVANADORA		16		
	CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	9	100%	10
	Total CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN		9		
	CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR	BOBINA DEL CONTACTOR DAÑADA	1	17%	8
		DESGASTE	1	17%	8
		SOBRE CARGA	4	67%	10
	Total CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR		6		
	CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES	DESAJUSTE MECANICO	2	100%	10
	Total CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES		2		
	CAUSAS DE MESA ELEVADORA	DESAJUSTE MECANICO	3	100%	10
	Total CAUSAS DE MESA ELEVADORA		3		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	6	86%	10
		SOBRE CARGA	1	14%	8

NUCLEO 5	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		7		
	CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL	DESAJUSTE MECANICO	1	33%	8
		SOBRE CARGA	2	67%	10
	Total CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL		3		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	CORTOCIRCUITO	1	33%	8
		FALSO CONTACTO	2	67%	10
	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		3		
	CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA	AGENTE CONTAMINANTE	4	50%	10
		DESAJUSTE MECANICO	4	50%	10
	Total CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA		8		
	CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	3	75%	10
		SIN COMUNICACIÓN	1	25%	8
	Total CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA		4		
	CAUSAS DE MESA AGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	1	50%	10
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1	50%	10
	Total CAUSAS DE MESA AGRUPADORA		2		
	CAUSAS DE LA PREDEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	3	100%	10
	Total CAUSAS DE LA PREDEVANADORA		3		
	CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL	AVERÍA EQUIPO COMÚN EXTERNO AL PUESTO	1	100%	10
	Total CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL		1		
	CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	1	100%	10
	Total CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO		1		
	CAUSAS DE LA BALANZA	DESAJUSTE MECANICO	2	100%	10
	Total CAUSAS DE LA BALANZA		2		
	CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS	DESGASTE	1	100%	10
	Total CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS		1		
Total NUCLEO 5			599		

ANEXO 16. Tabla de criterios para análisis de la ocurrencia de los modos de falla

Probabilidad del incidente	Incidente Tarifas	Fila
Muy Arriba: El incidente es casi inevitable	X > 50%	10
	50% < X < 33,33%	9
Alto: Asociado generalmente a los procesos similares que han fallado anteriormente	33,33% < X < 12,5%	8
	12,5% < X < 5%	7
Moderado: Asociado generalmente a los procesos similares previos que han experimentado incidentes ocasionales, pero no en proporciones importantes	5% < X < 1%	6
	X < 1%	5
	X < 1%	4
Bajo: Los incidentes aislados se asociaron a procesos similares	X < 1%	3
Muy Bajo: Solamente los incidentes aislados se asocian a procesos casi idénticos	X < 1%	2
Telecontrol: El incidente es inverosímil.	X < 1%	1

ANEXO 17. Tabla de controles de fallas en el núcleo 5

Control de fallas				
Equipo	**Motivo**	**Alarma**	**Parada de Equipo**	**Tipo de Control**
Empaquetadora	Abrir compuerta de rodillos devanadores	Si	Si	Automática
	Fin de bobina de material de empaque	Si	Si	Automática
	Trancamiento de película en mesa devanadora	Si	Si	Automática
	Movimiento manual de máquina dosificadora	Si	Si	Automática
	Bolsa pegada al mandril formador	Si	Si	Automática
	Sobreacumulación de paquetes en cinta de evacuación	Si	Si	Automática
	Parada de emergencia activada	Si	Si	Automática
	Codificador de paquetes defectuoso	Si	Si	Automática
	Disparo térmico de motor de empaquetadora	Si	Si	Automática
	Falta de harina / Tolva vacía	Si	Si	Automática
	Paquete mal dosificado	No	No	Automática
	Paquete abierto en la cinta de evacuación	No	No	Automática
Enfardadora	Detector de paquete abierto	Si	Si	Automática
	Falta de pliego de papel para enfardar	Si	Si	Automática
	Deficiencia en peso del fardo	Si	No	Automática
	Falla en la predevanadora	Si	Si	Automática
	Sobreacumulación de fardos a la salida de la enfardadora	Si	Si	Automática
Paletizadora	Parada de emergencia	No	Si	Manual
	Parada de seguridad	No	Si	Manual
	Sobreacumulación de paletas	Si	Si	Automática
	Falta de paletas	Si	Si	Automática

ANEXO 18. Tabla de criterios de evaluación para determinar la detección de una causa del modo de falla en el núcleo 5

Efecto	Criterios: Severidad del efecto para AMEF	Fila
Peligroso; sin alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá sin alarma.	10
Peligroso; con alarma	Puede poner en peligro al operador del ensamblaje. El incidente afecta la operación o la no conformidad segura del producto con la regulación del gobierno. El incidente ocurrirá con alarma.	9
Muy Arriba	Interrupción importante a la cadena de producción. 100% del producto puede ser desechado. El producto es inoperable con pérdida de función primaria.	8
Alto	Interrupción de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción desechada. El producto es operable, pero en un nivel reducido del funcionamiento.	7
Moderado	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser desechado (no se clasifica). El producto es operable, pero un cierto item(s) de la comodidad / de la conveniencia es inoperable.	6
Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. 100% del producto puede ser devuelto a trabajar. El producto es operable, pero algunos items de la comodidad / de la conveniencia funcionan en un nivel reducido del funcionamiento.	5
Muy Bajo	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. El producto puede ser clasificado y una porción puede ser devuelto a trabajar. La mayoría de los clientes notan el defecto.	4
De menor importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente hacia fuera-de-estación. Los clientes medios notan el defecto.	3
De muy poca importancia	Interrupción es de menor importancia a la cadena de producción. Una porción del producto puede ser devuelto a trabajar en línea solamente en-estación. Los clientes exigentes notan el defecto.	2
Ninguno	El modo de fallo no tiene ningún efecto.	1

ANEXO 19. Tabla de nivel de detección por causa de modo de falla

ANALISIS DE DETECCIÓN			
Emplazamiento	**Causas**	**Modo de fallas**	**Valor critico**
NUCLEO 5	CAUSAS DE LA DEVANADORA	AGENTE CONTAMINANTE	1
		BAJA PRESION DE AIRE	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESGASTE	1
		FALSO CONTACTO	1
		MALA CALIDAD DE MATERIAL DE EMPAQUE	1
	Total CAUSAS DE LA DEVANADORA		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN	BAJA PRESION DE AIRE	1
		CORTOCIRCUITO	1
		DEFORMACION	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESGASTE	1
		FALSO CONTACTO	1
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE FORMACIÓN		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR	BAJA PRESION DE AIRE	1
		CORTOCIRCUITO	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESGASTE	1
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE CIERRE SUPERIOR		
	CAUSAS DE LA AGRUPADORA	DEFORMACION	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		FALSO CONTACTO	1
	Total CAUSAS DE LA AGRUPADORA		
	CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION	AGENTE CONTAMINANTE	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		FALSO CONTACTO	1
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1
	Total CAUSAS DEL TUNEL DE FORMACION		
	CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN	AGENTE CONTAMINANTE	1
		CORTOCIRCUITO	1
		DEFORMACION	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESGASTE	1
		FALSO CONTACTO	1
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1
	Total CAUSAS DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN		
	CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000	AGENTE CONTAMINANTE	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESCALIBRACION	1
		DESCENTRADO	1
		FALTA DE DISOLVENTE	1
		OBSTRUCCIÓN	1
	Total CAUSAS DEL CODIFICADOR JAIME 1000		
	CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA	DEFORMACION	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESCENTRADO	1
		DESGASTE	1
	Total CAUSAS DE LA MESA DEVANADORA		
	CAUSAS DE LA PREVANADORA	DEFORMACION	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
		DESCENTRADO	1
		PERDIDA DE SINCRONISMO	1
	Total CAUSAS DE LA PREVANADORA		
	CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN	DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DE LA CINTA DE EVACIÓN		
	CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR	BOBINA DEL CONTACTOR DAÑADA	1
		DESGASTE	1
		SOBRE CARGA	1
	Total CAUSA DE DAÑOS DEL MOTOR		
	CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES	DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DEL TRANSPORTADORES DE PAQUETES		
	CAUSAS DE MESA ELEVADORA	DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DE MESA ELEVADORA		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	1
		SOBRE CARGA	1

NUCLEO 5	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		
	CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL	DESAJUSTE MECANICO	1
		SOBRE CARGA	1
	Total CAUSAS DE FALLA DEL SIFTER CONTROL		
	CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO	CORTOCIRCUITO	1
		FALSO CONTACTO	1
	Total CAUSAS DEL TABLERO ELÉCTRICO		
	CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA	AGENTE CONTAMINANTE	1
		DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DE TRANSPORTADORES ENTRADA		
	CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	1
		SIN COMUNICACIÓN	1
	Total CAUSAS DE LA PREAGRUPADORA		
	CAUSAS DE MESA AGRUPADORA	DESAJUSTE MECANICO	1
		FALTA DE LUBRICACIÓN	1
	Total CAUSAS DE MESA AGRUPADORA		
	CAUSAS DE LA PREDEVANADORA	DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DE LA PREDEVANADORA		
	CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL	AVERÍA EQUIPO COMÚN EXTERNO AL PUESTO	1
	Total CAUSAS DE PARADA OPERACIONAL		
	CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO	FALSO CONTACTO	1
	Total CAUSAS DE TABLERO ELÉCTRICO		
	CAUSAS DE LA BALANZA	DESAJUSTE MECANICO	1
	Total CAUSAS DE LA BALANZA		
	CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS	DESGASTE	1
	Total CAUSAS DE ALMACÉN DE PALETAS		
Total NUCLEO 5			

ANEXO 20. Rutinas de mantenimiento

Equipo:	Enfardadora	**Modelo:**	SP
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	Hesser

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	1	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	3,5	1	Cada 500 horas

1. Revisar el transportador de caída libre.
2. Revisar los transportadores de entrada.
3. Revisar la preagrupadora de 20 paquetes.
4. Revisar el transportador ancho.
5. Revisar el impulsador principal.
6. Revisar las levas.
7. Revisar la predevanadora.
8. Revisar la balanza de 20 Kg.
9. Revisar los rodillos del transportador de caída libre.
10. Revisar la unidad de mantenimiento.

Rutina 2	1,5	1	Cada 1500 horas

1. Cambiar la pistola pulverizadora.

Rutina 3	3,0	2	Cada 3000 horas

1. Cambiar la correa ancha.
2. Cambiar la cadena del motor de la predevanadora.
3. Cambiar la bomba de pega fría.
4. Cambiar el cartucho filtrante.

Rutina 4	2,0	1	Cada 4000 horas

1. Cambiar las cuchillas fijas.

2. Cambiar la cuchilla móvil.

Rutina 5	5,0	2	Cada 6000 horas

1. Cambiar la cadena del impulsador.
2. Cambiar las cadenas de la transmisión.
3. Cambiar la cadena del rodillo devanador.

Equipo:	Paletizadora	**Modelo:**	
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	STEI

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	1	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	3,5	1	Cada 500 horas

1. Revisar rodillo con piñón.
2. Revisar rodillo de 32 mm.
3. Revisar el eje del volteador.
4. Revisar el contrapeso.
5. Revisar el piñón eje transmisión principal.
6. Revisar cadena de contrapeso.
7. Revisar eje con piñón del transportador de paletas.
8. Revisar MAGAZIN de paletas.

Rutina 2	4	1	Cada 6000 horas

1. Cambiar cadena del transportador de rodillos.
2. Cambiar cadena de impulsador de fardos.
3. Cambiar cadena RC 40.

Equipo:	Empaquetadora N° 8	**Modelo:**	PFD
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	SIG

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	2	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	5	1	Cada 500 horas

Inspección general:

1. Cambio y ajuste de la cuchilla fija de la devanadora.
2. Cambio de la cuchilla móvil de la devanadora.
3. Cambio de los rodillos de 120 x 40 mm de la devanadora.
4. Cambio y ajuste de placa superior saca-bolsa.
5. Cambio y ajuste de placa lateral saca-bolsa.
6. Cambio de pistola de cola fría.
7. Revisión y ajuste de conexiones y mangueras.

Rutina 2	5,5	3	Cada 1000 horas

Devanadora:

1. Cambiar banda de freno a la devanadora.
2. Cambio y ajuste de rodillo aplicador en la devanadora.
3. Cambio y ajuste de dedos prensadores de la devanadora.

Formación:

1. Cambio de tacos de fondo en la sección de formación.
2. Cambio y ajuste de la cuchilla fija del cierre superior.
3. Cambio y ajuste de la cuchilla móvil del cierre superior.

Rutina 3	4,5	2	Cada 1500 horas

Sección de Cierre:

1. Cambio de correa superior de la cinta de evacuación.
2. Cambio de correa inferior de la cinta de evacuación.

Rutina 4	17,5	6	Cada 3000 horas

Devanadora:

1. Cambio y ajuste de las cuchillas de fondo en la devanadora.
2. Cambio de rodillo de arrastre de 60 x 315 mm.

3. Cambio de rodillos de arrastre de 60 x 15 mm.
4. Cambio de las uñas del trinquete de la devanadora.
5. Cambio y ajuste de resortes de torsión de la mesa de empates.
6. Cambio de los dedos de la mesa de retención.
7. Cambio de rodamientos 6005 2rs.
8. Cambio de cadena rc 50.
9. Cambio de cadena B-83

Sección de formación:

1. Cambio de válvula de la mesa de plegado en la sección de formación.
2. Cambio y ajuste del saca-bolsa.
3. Cambio de rodillo macizo de 20 mm en la sección de formación.
4. Limpieza y ajuste de la bomba de lubricación.

Dosificadora:

1. Cambio de la correa del vibrador en el dosificador.
2. Cambio de las correas del motor principal en el dosificador.
3. Cambio de los rodamientos del brazo vibrador en el dosificador.

Sección de Cierre:

1. Cambio de válvulas de la pistola en la sección de cierre.
2. Cambio de los bujes del plegador de fuelle.
3. Cambio de las bocinas bujes del plegador de fuelle.

Rutina 5	20,5	6	Cada 6000 horas

Devanadora:

1. Cambio de los rodamientos del soporte del porta bobina en la sección de devanado.
2. Cambio bocinas del rodillo en colador.
3. Cambio de rodamiento de los rodillos 60 x 15 mm.
4. Cambio de los rodillos de leva de 27 mm del freno.
5. Cambio de piñones B-83 de 12 dientes.
6. Cambio de la válvula del seno del papel.
7. Cambio de la válvula de la flauta.

Formación:

1. Cambio de la válvula del saca-bolsa.
2. Cambio de prensadores longitudinales.
3. Cambio y ajuste del prensador derecho.
4. Cambio y ajuste del prensador izquierdo.
5. Cambio de rodillo macizo de 25 mm.

Dosificador:

1. Cambio del vibrador.
2. Cambio de soportes para mesa vibradora.
3. Revisión y ajuste del eje de los soportes de la mesa.

Sección de Cierre:

1. Cambio de pasador de 12 mm del cierre superior.
2. Cambio de rodamiento de aguja al plegador de fuelle.

Equipo:	Codificador N° 8	**Modelo:**	Jaime 1000
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	Image

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	1	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	3	1	Cada 500 horas

1. Dar función de refrescamiento por 15 seg.
2. Realizar limpieza al circuito hidráulico.
3. Limpiar el cabezal de impresión.
4. Revisar cableado del cañón.
5. Realizar mantenimiento a relé de fallas.
6. Ajustar fibra óptica y su base.
7. Dar refrescamiento por 15 min.

Rutina 2	0,2	1	Cada 1000 horas

1. Realizar mantenimiento de limpieza a compartimiento.

Rutina 3	0,2	1	Cada 2000 horas

1. Ordenar el cableado y mangueras.

Rutina 4	1	1	Cada 11500 horas

1. Cambio de filtro cartucho parte Nº EMN-5934 Imaje.

Equipo:	Entoleter	**Modelo:**	
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	1	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	1,5	2	Cada 1000 horas

1. Revisión general.

Rutina 2	1,5	2	Cada 3000 horas

1. Cambiar la goma del cuplón.
2. Balancear el rotor.

Rutina 3	5	3	Cada 6000 horas

1. Cambiar el cuello.

Equipo:	Sifter	**Modelo:**	MPAR -M
Tipo de Trabajo:	Continuo	**Fabricante:**	Buhler

Tipo de Rutina	Duración (h)	Nro. de Personas	Frecuencia
Rutina 0	1	1	Cada 250 horas

1. Inspección general.

Rutina 1	2	1	Cada 1000 horas

1. Revisión general.
2. Revisar el contrapeso.
3. Revisar ajuste de guardas.
4. Revisar tuberías.

Rutina 2	1	2	Cada 1500 horas

1. Cambiar correa.

LISTA DE REPUESTOS REQUERIDOS

ANEXO 21. Repuestos necesarios para el plan de mantenimiento

Equipo: Enfardadora

Rutina 2:

Material	10394
Cantidades	4
Unidades	Piezas
Denominación Componente	Pistola Pulverizadora de Cola 8 108-115

Rutina 3:

Material	25067
Cantidades	1
Unidades	Piezas
Denominación Componente	Correa de 4400 x 450 mm

Material	24849
Cantidades	2
Unidades	Piezas
Denominación Componente	Correa en V B51

Rutina 4:

Material	5514
Cantidades	1
Unidades	Piezas
Denominación Componente	Cuchillas con corte N° 9026-090-01

Material	5482
Cantidades	1
Unidades	Piezas
Denominación Componente	Cuchilla de corte superior N° 9026-090-0

Rutina 5:

Material	4340

Cantidades	1
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena de rollos simple T-9-525 4950200

Material	23468
Cantidades	3,05
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena ISO 12B-1 Paso ¾" europeo

Material	23464
Cantidades	3,05
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena ISO 10B-1 Paso 5/8" europeo SIG

Equipo: Paletizadora

Rutina 2:

Material	23405
Cantidades	11,15
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena ANSI RC 40-1 Paso ½"

Equipo: Empaquetadora

Rutina 1:

Inspección General:

Material	10394
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Pistola pulverizadora de cola 8 108-115-

Material	7542
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo de avance 40 x 120 mm PFD

	FNAC

Material	7158
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Placa superior para expulsador de bolsa

Material	7155
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Placa lateral expulsador de bolsa PFDFNAC

Material	5494
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuchilla móvil 452 x 63 x 30 x 5 mm Nº 5
Material	5484
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuchilla fija 472 x 40 x 11 mm 58.326.629 FNAC

Rutina 2:

Devanadora:

Material	7527
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo aplicador de pega completo FNAC

Material	5996
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Goma para dedo prensador SIG PFD

Material	4688

Cantidades	1
Unidades	Metro
Denominación Componente	Banda para freno 3/16" x 2" Tejido 201

Sección de Formación:

Material	7819
Cantidades	12
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Taco de fondo para mandril L54691818SIG FNAC

Sección de Cierre:

Material	5498
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuchilla móvil Nº 58.572.011.3 PFD FNAC

Material	5486
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuchilla fija INF.58.572.010-3 PFD FNAC

Rutina 3:

Sección de Cierre:

Material	25063
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Correa de 4180 x 120 mm

Material	25059
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Correa de 3800 x 120 mm

Rutina 4:

Devanadora:

Material	59641
Cantidades	3,05
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena ISO 083 SIG PFD FNAC

Material	30533
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodamiento 25 x 47 x 12 6005-2RS

Material	23404
Cantidades	3,05
Unidades	Metros
Denominación Componente	Cadena ANSI RC 50-1 Paso 5/8"

Material	8035
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Uña de trinquete para rueda SIG PFD FNAC

Material	7597
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo superior de 60 mm 57.190.680 FNAC

Material	7577
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo inferior de goma 60 x 315 mm FNAC

Material	7419
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Resorte de torsión para dedos mesa empate

Material	5554
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Dedo de retensión mesa de empate PFD FNAC

Material	5469
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuchilla de fondo 58.345.306 PFD FNAC

Dosificadora:

Material	24823
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Correa en V B45

Material	24789
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Correa en V A35

Material	7514
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodamiento 20 x 32 x 20 NKI 20/2

Sección de Cierre:

Material	21334
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Electroválvula MFH-5-1/4 REF. 6211 FESTO

Material	4936
Cantidades	3
Unidades	Pieza

Denominación Componente	Buje de bola 16/26 x 36 IKO/INA Nº 653

Material	4802
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Bocina de 12 x 18 x 14 de bronce autolubricante

Rutina 5:

Devanadora:

Material	30634
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodamiento 17 x 40 x 12 6203-2RS

Material	30524
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodamiento 20 x 42 x 12 6004-2RS

Material	21334
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Electroválvula MFH-5-1/4 REF.6211 FESTO

Material	7558
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo leva Nº 5791769 27 mm SIG PFD

Material	6897
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Piñón ISO 8B-1 Z12 Paso 12.7 mm manzana B

Material	4787
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Bocina 20 x 38 x 80 Bronce autolubricante

Sección de Formación:

Material	21334
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Electroválvula MFH-5-1/4 REF.6211 FESTO

Material	7587
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodillo macizo de 25 mm Nº 57.90.606

Material	7235
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Prensador izquierdo

Material	7231
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Prensador derecho Nº 54.441.001.2

Material	7182
Cantidades	12
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Pletina para brazo prensador SIG PFD FNAC

Dosificadora:

Material	59685
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Vibrador con baño de aceite Máquina

	SIG PFD

Material	7775
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Soporte mesa vibradora SIG PFD FNAC

Sección de Cierre:

Material	59111
Cantidades	4
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Pasador cilíndrico 12 x 33 mm SIG PFD FNAC

Material	7499
Cantidades	6
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Rodamiento 16 x 22 x 16 HK 1616

Equipo: Codificador Jaime

Rutina 3:

Material	13649
Cantidades	5
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cinta strikc de 6" (150 mm de largo)

Rutina 4:

Material	22144
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Filtro cartucho Parte Nº ENM-5834 Imaje

Equipo: Entoleter

Rutina 2:

Material	7346
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Goma para cuplón G-1000 goma negra

Rutina 3:

Material	21877
Cantidades	1
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Cuello entoleter con eje máquina SIG

Equipo: Sifter

Rutina 2:

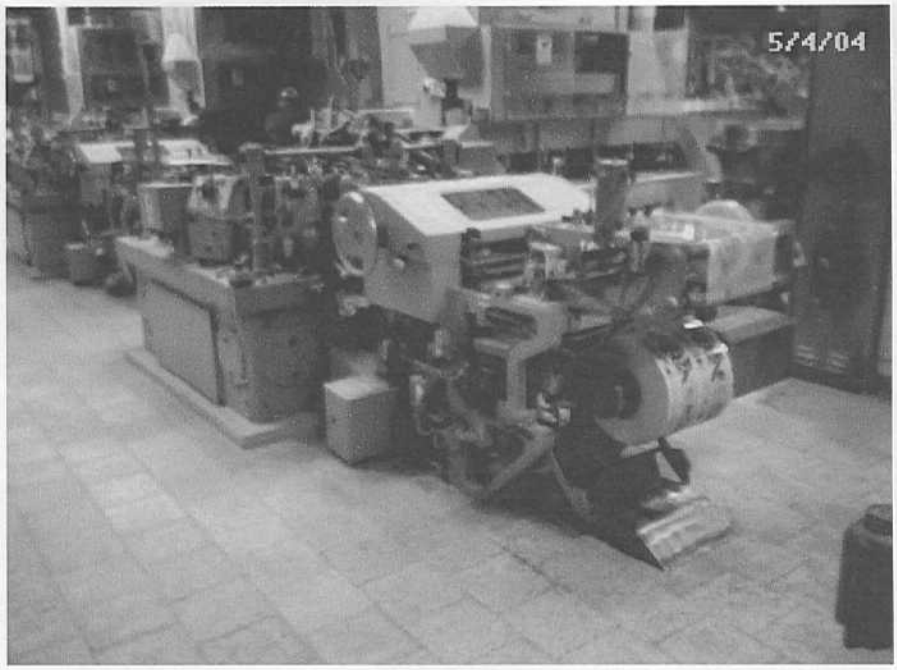
Material	24906
Cantidades	2
Unidades	Pieza
Denominación Componente	Correa en V A65

FOTOGRAFIAS

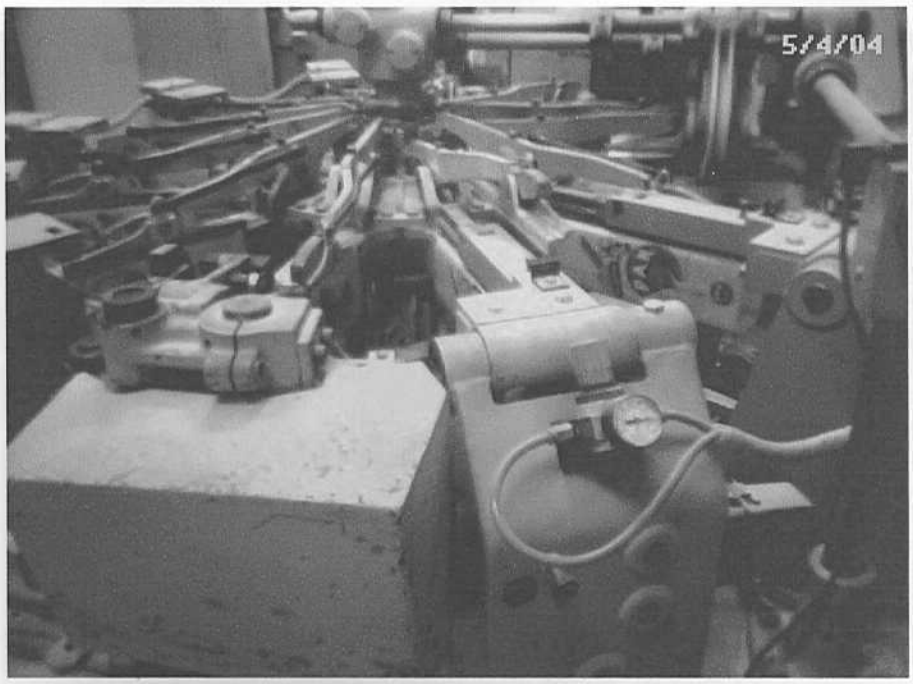
ANEXO 22. Área de empaque

ANEXO 23. Empaquetadora SIG

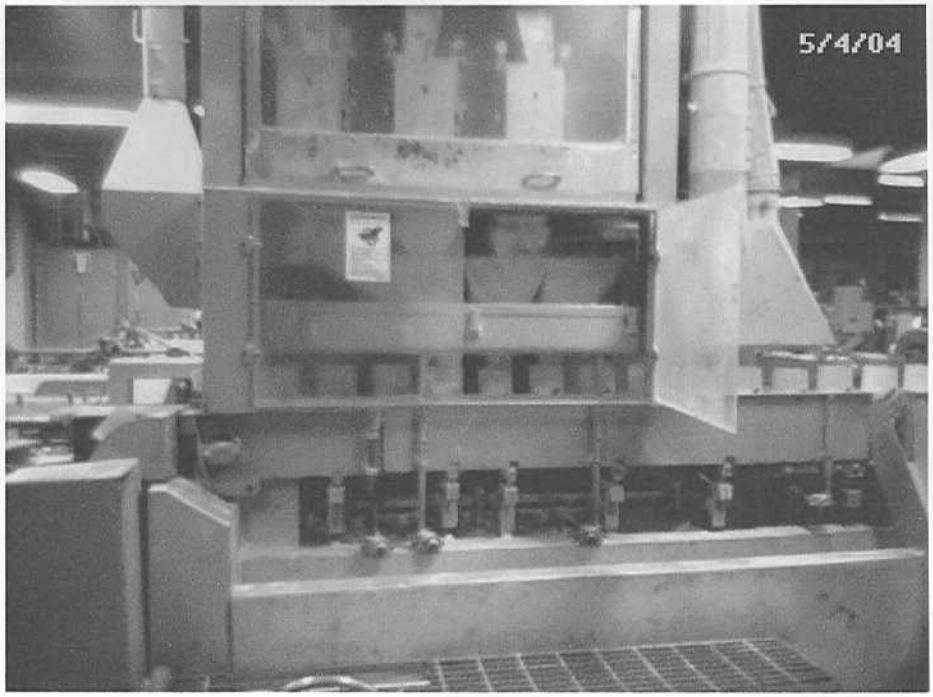
ANEXO 24. Devanadora 1



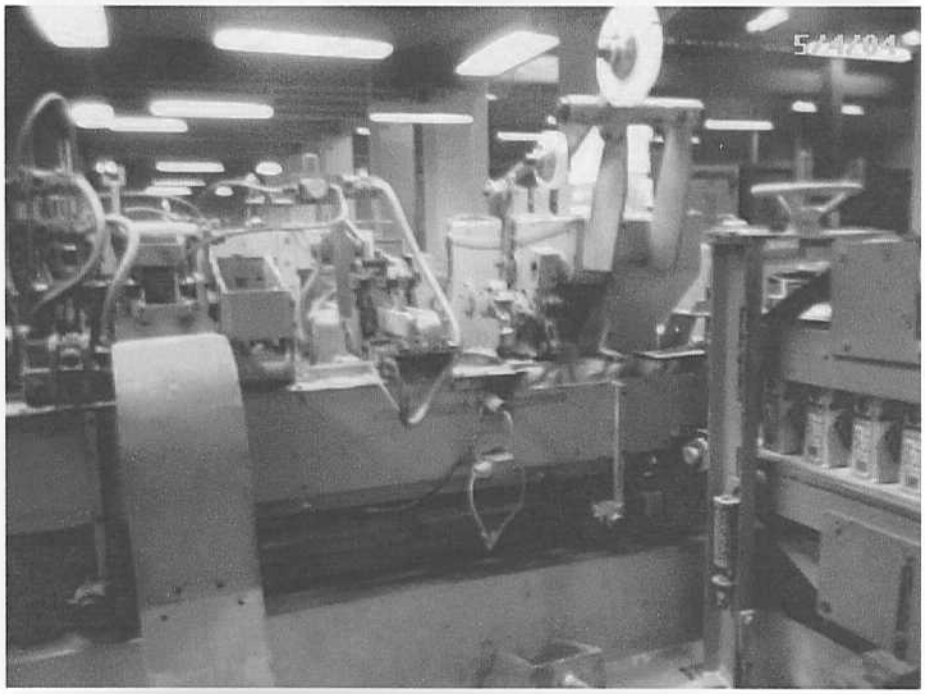
ANEXO 25. Devanadora 2



ANEXO 26. Dosificadora



ANEXO 27. Cierre superior



ANEXO 28. Codificador JAIME

ANEXO 29. Enfardadora 1

ANEXO 30. Enfardadora 2

ANEXO 31. Paletizadora