



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES  
ÁREA DE ESTUDIO DE POSTGRADO  
*ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA EN CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD*



DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD  
DEL ÁREA DE SECADO DE LA MÁQUINA TISSUE SEIS”  
**CASO: MANPA “DIVISIÓN HIGIÉNICOS”**

Autora:  
Ing. Ruiz, Emili  
C.I.: 14.729.292

Bárbula, Mayo 2012



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y SOCIALES**  
**ÁREA DE ESTUDIO DE POSTGRADO**



***ESPECIALIZACIÓN DE GERENCIA EN CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD***

DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD  
DEL ÁREA DE SECADO DE LA MÁQUINA TISSUE SEIS”  
**CASO: MANPA “DIVISIÓN HIGIÉNICOS”**

Bárbula, Mayo 2012

# **DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD DEL ÁREA DE SECADO DE LA MÁQUINA TISSUE SEIS**

## **CASO: MANPA “DIVISIÓN HIGIÉNICOS”**

**Autor:** Ruiz. P., Emili A.

**Tutor:** Erick., Guerrero

**Fecha:** Noviembre, 2011

### **RESUMEN**

La presente investigación nace de la necesidad de mejorar la gestión de mantenimiento mecánico, mediante la técnica denominada mantenimiento centrado en confiabilidad, la cual es una guía utilizada para mitigar los modos de fallo que se presentan en un entorno operacional, permitiendo el cumplimiento de los requerimientos de producción, seguridad, regulaciones ambientales y costos. La disminución de tiempos improductivos, permitirá incrementar la disponibilidad de máquina y por ende la productividad, por tal razón debe disminuirse las horas de mantenimiento correctivo, para no contribuir en el incremento de los costos, por consumos de repuestos y fabricación de piezas, horas hombre por sobre tiempo, entre otros. El objetivo general es Diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis. Para ello, fue necesario diagnosticar los equipos rotativos existentes en la máquina, realizar un estudio de factibilidad sobre el diseño de un plan de mantenimiento preventivo y construir un plan de centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis. La metodología utilizada es de un proyecto factible, documental- de campo, como revisión documental se realizaron consultas de informes de producción, mantenimiento, datos estadísticos e información técnica; como técnica se empleó, la observación y la entrevista con los trabajadores directos involucrados en el tema de estudio, con la intención de conocer las causas del problema de investigación y desarrollar una propuesta sustentada en actividades preventivas para mitigar impactos negativos que afectan directamente al proceso.

Palabras claves: fallas, tiempos improductivos, criticidad, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo.

**DESIGN OF A PREVENTIVE MAINTENANCE, RELIABILITY CENTERED  
TO ENHANCE THE PRODUCTIVITY OF THE AREA OF TISSUE MACHINE  
DRYING OF SIX**

**CASE: MANPA "HYGIENE DIVISION"**

**Author:** Ruiz. P., Emili A.

**Tutor:** Erick., Guerrero

**Date:** Noviembre, 2011

**Summary**

This research stems from the need to improve the management of mechanical maintenance, using the technique called reliability centered maintenance, which is a guideline used to mitigate the failure modes that occur in an operational environment, allowing the fulfillment of the requirements production, safety, environmental regulations and costs. Reduced downtime will increase machine availability and thus productivity, for that reason should be reduced corrective maintenance hours, not to contribute to the increased costs for consumption of spares and parts manufacturing, man-hours over time, among others. The overall objective is to design a maintenance plan focused on reliability to maximize productivity of the area of tissue machine drying six. This was necessary to diagnose the existing rotating equipment in the machine, perform a feasibility study on the design of a maintenance plan and build a plan focused on reliability to maximize productivity of the area of tissue machine drying six. The methodology is a feasible project, documentary field as literature review, consultations were held production reports, maintenance, technical information and statistical data, was used as a technique, observation and interviews with workers involved in direct topic of study, with the intention of determining the causes of the research problem and develop a proposal

supported by preventive activities to mitigate negative impacts that directly affect the process.

Keywords: failure, downtime, critical, preventive maintenance, corrective maintenance

## INDICE DE TABLAS

CUADRO Nº	Pág.
1. Aspectos y consecuencias a evaluar para la determinación del nivel de criticidad.....	44
2. Matriz de criticidad para los equipos rotativos.....	46
3. Pasos necesarios para la aplicación del método AMEF.....	54
4. Clasificación según Gravedad o Severidad de Fallo.....	56
5. Clasificación según la probabilidad de ocurrencia.....	57
6. Clasificación según Probabilidad de no detección.....	58
7. Población en Estudio del Área de Operaciones y Mantenimiento.....	102
8. Tiempos perdidos de la Máquina Tissue seis “División Higiénicos”.....	111
9. Clasificación de tiempos perdidos y frecuencia de fallas por fase del proceso.....	121
10. Tiempos Perdidos por Departamento de Servicio “Área de Secado de la Máquina Tissue Nº 6”.....	124
11. Matriz de criticidad del Área de Secado Máquina Tissue seis.....	128
12. Costo de tiempos improductivos.....	162
13. Costo de mano de obra ociosa del personal de producción.....	163
14. Costo de repuestos por mantenimiento correctivo.....	164
15. Costo de las horas hombre por sobre tiempo.....	165
16. Costo de fabricación de piezas por mantenimiento correctivo.....	165
17. Resumen de costos de la situación actual .....	166

18. Costo de lubricantes.....	167
19. Salario del Recurso Humano Maestros Mecánicos.....	170
20. Beneficios contractuales Recurso Humano Maestros Mecánicos.....	170
21. Costo de capacitación del personal .....	171
22. Costo de Repuestos para la propuesta.....	172
23. Resumen de costos totales de la situación propuesta.....	174
24. Costos Totales de la Situación Actual y la Situación Propuesta.....	174
25. Ahorros estimados con la implantación de la propuesta.....	175
26. Cálculos de Indicadores de Rentabilidad.....	178
27. Indicadores de desempeño para la evaluación del proceso.....	183

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº	Pág.
1 Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el análisis de modos de fallas y sus efectos de criticidad, AMFEC.....	39
2: Flujograma para determinar el nivel de criticidad de los equipos rotativos.....	47
3: Diagrama de la metodología de Análisis de Modos y Efectos de Fallas.....	52
4: Diagrama de la Máquina Tissue Seis Piso Operaciones.....	79
5: Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	96
6: Tiempos perdidos por fase del proceso de fabricación del papel.....	122
7. Número de fallas por fase del proceso.....	122
8: Gráfico de Pareto Tiempos Perdidos por Departamento de Servicio “Área de Secado de la Máquina Tissue Nº 6” .....	124

9. Etapas para el desarrollo de los indicadores de gestión.....181

## INTRODUCCIÓN

Actualmente la máquina tissue seis dedicada a la manufactura de papel semi elaborado ubicada en, Maracay Estado Aragua Zona Industrial la Hamaca de la división higiénicos, ha venido presentando fallas en los equipos rotativos y por ende paradas de máquina y disminución de la eficiencia. Esto se ha evidenciado por la cantidad de tiempos improductivos y frecuencia de fallas mecánicas en el área de secado, y como consecuencia ha generado impacto directo en la productividad, disponibilidad y todos los costos aunados en la gestión de mantenimiento correctivo, entre ellos costos de horas hombre por sobre tiempo, mano de obra ociosa, repuestos e insumos, toneladas de papel dejadas de fabricar, entre otros. Este bajo rendimiento va en detrimento de la obtención de los productos estimados con los recursos ó insumos planificados y/o asignados en el tiempo establecido; todo ello repercute en el compromiso de la empresa con sus clientes, ya que se hace notoria la brecha entre la demanda de estos con la producción real, generando retraso en el cumplimiento de los pedidos, insatisfacción de los clientes internos- externos y re trabajo en cuanto a la planificación de otras gerencias: operaciones fabricación, conversión, logística y ventas.

En tal sentido, se evidencia la necesidad de buscar alternativas a través del control estadístico de procesos, que permitan contribuir a la generación de soluciones ante la problemática que presenta la empresa, específicamente en el área de secado de la máquina seis. Por ello, se plantea el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), principalmente porque es un proceso de estudio analítico, sistemático y además permite a las

organizaciones canalizar los recursos, que son limitados y por ello debe optimizarse la utilización. Este proceso se enmarca principalmente en varios aspectos y consecuencias a evaluar en un análisis de criticidad como: costos, calidad, tiempo, servicios, frecuencia de fallas, riesgos, y se apoya en la metodología de análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), que pudiera ocurrir en un equipo, con la finalidad de conocer mejor el funcionamiento de los equipos que se pretenden analizar y con ello las diferentes fallas que impactan directamente en la elaboración de papel semi elaborado y la prestación de servicio, además de otorgar mayor aseguramiento a los trabajadores y el entorno. La investigación pretende construir un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis, a fin de incrementar la disponibilidad de los equipos rotativos, mejorar la eficiencia, vida útil de los equipos, entre otros beneficios.

En tal sentido y teniendo en cuenta que la investigación se enmarca bajo la modalidad de proyecto factible, se estructuró de la siguiente forma: diagnóstico de los equipos rotativos existentes, estudio de factibilidad sobre la propuesta y diseño del plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis. La elaboración de planes de preventivo bien diseñados, contribuye a garantizar la operación de los equipos, mediante rutinas de mantenimiento periódicas previniendo la aparición de fallas y consecuencias derivadas de estas.

# **CAPITULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **Planteamiento del Problema**

Con el transcurso del tiempo el hombre en la búsqueda constante de su bienestar ha inventado diversidad de aparatos y equipos que le permitan satisfacer sus necesidades, esto se ha convertido en un proceso de evolución de lo artesanal a manufacturero o procesos industrializados; el ingenio propio del hombre lo ha conducido al perfeccionamiento y mejoramiento incorporando aspectos de ciencia y tecnología, para dar paso a la satisfacción de las necesidades del mercado. Este proceso de industrialización, modernización, revolución tecnológica, permitió varios cambios significativos como la incorporación de nuevas tecnologías en la electricidad, metalúrgica, termodinámicas, químicas, telecomunicaciones; entre otras.

En Venezuela, el proceso de industrialización tomó auge después de la segunda guerra mundial debido a todos los efectos y/o consecuencias que trajo consigo esta; la principal consecuencia significativa fue el desabastecimiento de productos importados, esto hizo al estado venezolano realizar planificación de estrategias enfocadas a la solicitud de créditos para la activación del motor industrial destinado a la fabricación de bienes de

consumos; posteriormente comenzó la sustitución de importaciones a través de la adquisición de maquinarias y tecnologías extranjeras, para establecer el sector industrial y dar inicio al desarrollo manufacturero de los bienes de consumo alimenticio y otros sectores de la producción.

La evolución industrial también tomó auge en otros sectores como el de la manufactura de papel, donde la ingeniería industrial y las necesidades de satisfacer la demanda permitió reestructurar los procesos y por ende todas las operaciones de fabricación a través de maquinarias y actualización tecnológica que contribuyera al procesamiento de papel en forma continua, esto con la finalidad de aumentar la productividad e incrementar la competitividad para abastecer los mercados. (Red Escolar Nacional, 2008).

No obstante la incorporación de maquinarias y tecnologías dio inicio a las primeras reparaciones y mantenimiento de los equipos y por ende surgen nuevos conceptos para prestar atención ya que guardan relación con la competitividad, tales como: costos, tasas de fallas, disponibilidad de la maquinaria, por estas razones el mantenimiento evolucionó junto con el desarrollo industrial, con el tiempo se fueron evidenciando paradas imprevistas que influían directamente sobre la producción afectando la productividad y por ende la satisfacción de las demandas de los mercados, inicialmente el mantenimiento se basaba completamente en las reparaciones inmediatas al momento de fallar los equipos, posteriormente debido al incremento de los costos y disminución de la competitividad surge la necesidad de aplicar mantenimiento preventivo, a fin de disminuir el correctivo; a través de inspecciones y cambios programados de equipos y maquinarias, sin lugar a duda el mantenimiento ha conseguido muchos

avances y mejoramiento continuo de todo lo que engloba su gestión. (Molina, 2010).

Los constantes cambios en la industria y la automatización han repercutido en el incremento de fallas y tiempos no productivos, es por esta razón que el mantenimiento ha cambiado sus perspectivas y enfoque gerencial dirigido a nuevos métodos, técnicas, disciplina, organización, responsabilidades; entre otras, esta mejora continua le ha permitido establecer una relación entre gestión de mantenimiento, producción, calidad, seguridad industrial y medio ambiente, para alcanzar disponibilidad, productividad y competitividad; esto se ha canalizado a través de la filosofía de mantenimiento centrado en confiabilidad. En la máquina tissue seis de Manpa *División Higiénicos* ubicada en Maracay Estado Aragua Zona Industrial la Hamaca, existe la necesidad de garantizar gestión de mantenimiento que permita incrementar la disponibilidad de equipos, por ello es necesario estudiar las verdaderas causas de las frecuencias de fallas que originan los tiempos improductivos y por ende influyen en la disminución de la productividad, disponibilidad y eficiencia de la máquina tissue seis, este bajo rendimiento va en detrimento de la obtención de los productos estimados con los recursos ó insumos asignados en el tiempo establecido; todo esto repercute en el compromiso de la empresa con sus clientes, ya que se hace notoria la brecha entre la demanda de estos con la producción real, generando retraso en el cumplimiento de los pedidos, insatisfacción de los clientes internos- externos y re trabajo en cuanto a la planificación de otras gerencias: operaciones fabricación, conversión, logística y ventas. Así mismo incide en la planificación estimada de los trabajos a ejecutar, pues se deben desviar los recursos para subsanar fallas de tipo correctivo.

El proceso de fabricación de papel en primera fase semielaborado consta de seis sub procesos denominadas: desfibrado, mezclado, refinación, formación, secado y embobinado, para el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se consideró específicamente el área de secado, ya que de las seis fases que conforman el proceso de fabricación de papel esta área representó el 58,73% de los tiempos perdidos o improductivos de la máquina, según data registrada por el Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento para el año 2010.

El proceso de fabricación se detiene debido a las fallas presentadas en los equipos de la máquina de forma imprevista impactando principalmente en el plan de producción, calidad del producto, productividad además de los efectos que tienen en la seguridad y el medio ambiente.

A través de la revisión de registros del Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento del año 2010; se registraron en el área de secado 86,10 horas de tiempos perdidos equivalentes a 26 fallas en total, esto se traduce en toneladas de papel semielaborado dejadas de fabricar, además del incremento de las horas de sobretiempo, materiales y/o repuestos para realizar mantenimiento correctivo, disminución de la vida útil de los equipos rotativos por el máximo deterioro permisible lo que se traduce en pérdida de la eficiencia de rendimiento del equipo; incremento en los costos que se generan en las reparaciones de los equipos por averías muy frecuente, incumplimiento en la producción objetivo para satisfacer la demanda de productos tanto por el departamento de conversión y por ende, en el cliente final.

Es evidente que no existe una planificación del mantenimiento preventivo, además no se realiza análisis del registro de fallas de los equipos rotativos a través de herramientas como el Ishikawa, histogramas, paretos; entre otros que apoyar al seguimiento y control de las causas que generan los tiempos perdidos e ineficiencias de la máquina y de esta manera poder contribuir eficientemente rutinas de mantenimiento preventivo.

De lo anterior, surge la siguiente interrogante.

¿Cuál es el beneficio de diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Diseñar un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis.

## **Objetivos Específicos**

- Diagnosticar los tiempos improductivos de los equipos rotativos existentes en la máquina tissue seis.
- Realizar un estudio de factibilidad sobre el diseño del plan de mantenimiento preventivo.
- Construir un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis”

## **Justificación**

Para la Empresa Manufacturas de Papel Manpa División Higiénicos es esencial el aprovechamiento de la capacidad instalada de la línea para alcanzar su producción objetivo y por ende la eficiencia de la máquina, se hace necesario analizar las principales causas que generan los tiempos improductivos a fin de buscar su disminución y al mismo tiempo incrementar la disponibilidad de la máquinas, mejorar la eficiencia, vida útil de los equipos.

Por otra parte contribuye el justo a tiempo de los productos programados y poder cumplir en el tiempo y con los recursos establecidos tanto a los clientes internos y externos.

El incremento de la producción de la máquina papelera seis proporcionará para la organización cumplimiento de los objetivos corporativos, sincronización de los lineamientos de su razón de ser “Misión”, que van acordes con las metas de producción, tiempos y costos menores, satisfaciendo así la demanda de los clientes.

Este trabajo de investigación permitirá analizar los modos y efectos de fallas de los equipos para diseñar planes de mantenimiento preventivo-predictivo; y el cumplimiento de los mismos permita optimizar la productividad de la máquina papelera seis.

Por otra parte el presente trabajo de investigación, servirá de guía para la elaboración de planes de mantenimiento preventivo de los otros sub procesos de la máquina tissue seis y las otras máquinas existentes en la organización, tal es el caso de la máquinas 5, 7 y 8; ya que presentan características de diseño muy similares y su principio de funcionamiento es la fabricación de papel semielaborado.

## **CAPITULO II**

## MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

### Antecedentes

Después de haber hecho varias revisiones documentales de investigaciones, trabajos de pregrado y post grado, revistas, entre otros inherentes al tema mantenimiento preventivo se puede hacer referencia a ciertas investigaciones de interés para el tema en estudio:

Según Parra (2010) realizó una investigación denominada *Modelo Integral para Optimizar la Confiabilidad en Instalaciones Petroleras*. La investigación permitió orientar a las organizaciones petroleras sobre las diversas técnicas de optimización de confiabilidad y poder predecir el comportamiento de los eventos de fallas y determinar cuáles son las estrategias más efectivas para eliminar y/o minimizar el impacto de estos eventos de fallas dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.

La investigación desarrolló varios aspectos importantes y permitió concluir lo siguiente:

- Jerarquización, selección y definición del contexto operacional de los activos a evaluar.
- Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF).
- Jerarquización de los Modos de Fallas.
- Modelaje de índices de Confiabilidad
- Análisis costo riesgo beneficio para determinar actividades de mantenimiento e inspección
- Análisis del Costo de Ciclo de Vida.

El Modelo Integral para Optimizar la Confiabilidad en las Instalaciones Petroleras permitió concluir que el uso combinado de diferentes metodologías permiten mejorar los niveles de Confiabilidad de los sistemas de subsuelo, y de esta forma se puede maximizar la rentabilidad del negocio petrolero.

Según Matos y Díaz (2008) presentaron su trabajo de grado en la Universidad Valle del Momboy, con nombre *“Diseño de un Modelo de Mantenimiento para las Grandes Empresas de la Zona Industrial del Municipio Valera”*. En la investigación se evaluaron las características operacionales del mantenimiento de las empresas seleccionadas, se diagnosticó la situación actual de mantenimiento en dichas empresas y por último se diseñó un modelo de mantenimiento de acorde a las características operacionales de las plantas industriales. Esta investigación fue desarrollada bajo la metodología de un proyecto factible de campo.

El estudio permitió concluir lo siguiente:

- La evaluación del mantenimiento debe entenderse como un proceso continuo que comienza con satisfacer los objetivos de la capacitación.
- El impacto deseado con el mantenimiento es optimizar en forma económica la utilización y disponibilidad de los equipos e instalaciones de los servicios.
- La medición del grado en que un mantenimiento ha contribuido a mejorar alguna de estas situaciones, resulta bastante difícil debido a que existe muchos factores externos, que también influyen en el resultado final, tales como edad de los equipos, presupuestos, calidad de la energía que se suministra, entre otros.

Por otra parte Basabe y Bejarano (2009) presentaron en su trabajo de grado en la universidad de Bogotá titulado *“Estudio de Impacto Generado Sobre la Cadena de Valor a partir del Diseño de una Propuesta para la Gestión del Mantenimiento Preventivo en la Cartera Salitre Blanco de Aguilar Construcciones S.A.”*. En la investigación se diagnóstico el proceso de mantenimiento actual en el cual se encontró gran impacto en los estados financieros de la compañía y en el flujo de caja, razón por la cual la gerencia general de la organización decidió apostar a la disminución del mantenimiento correctivo reconociendo, naturalmente, la imposibilidad de su eliminación total mediante el aumento del mantenimiento preventivo utilizando herramientas que permitan la planeación y programación del mismo.

El estudio permitió concluir los siguientes aspectos:

- La documentación de los procesos productivos de la compañía permite identificar oportunidades de mejora relevantes que posiblemente no se observen en el transcurso cotidiano de las actividades laborales.
- Se opta por la implementación de mantenimiento preventivo teniendo en cuenta que las actividades de mantenimiento correctivo se reducirán pero no se eliminarán, de esta forma, se plantea el mantenimiento preventivo no como la solución absoluta a los fallos inesperados sino como una herramienta que posibilite mediante los planes de mantenimiento actuar de forma proactiva en la mayoría de los casos.

- Las políticas de mantenimiento constituyen un conjunto de “actitudes” que debe adoptar todo el personal de la organización para que se garantice la adecuada implementación del plan propuesto de mantenimiento preventivo. Por esto la importancia de que sea divulgado y aprehendido por toda la organización, de manera que no sólo los mecánicos y operarios que tienen que ver directamente con la manipulación de la maquinaria asuman estas responsabilidades, sino que también aquellos que no lo están tanto puedan ser parte activa del proceso.

Salazar (2009) presentó en su trabajo de grado en la universidad de oriente, con nombre *“Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC (MCC) para Sistemas de Aires en Plantas de Extracción de Líquidos de Gas Natural”*. En la investigación se evaluó el contexto operacional y se determinó que el sistema de aire para instrumentos y servicios presentaban en general condiciones normales, con respecto a los registros de información sobre fallas, operaciones e intervenciones de mantenimiento a los equipos no se encontraron fuentes confiables en cuanto al área operacional y de mantenimiento, sin embargo a través de los grupos de trabajo se diagnosticó que en el sistema se presentaban numerosas alarmas y fallas en los equipos considerándose desfavorable a la gestión de mantenimiento y por ende de la planta.

La investigación permitió desarrollar varios aspectos importantes:

- Establecer la criticidad de los componentes del sistema de manera eficaz.

- Determinar funciones, fallas funcionales, modos de falla y efecto de falla a los componentes críticos del sistema.
- Tipo de mantenimiento aplicar mediante árbol lógico de decisiones.

De las investigaciones señaladas se utilizarán para el desarrollo de la propuesta los siguientes aspectos:

- Jerarquización, selección y definición del contexto operacional de los activos a evaluar.
- Establecimiento de la criticidad de los componentes del sistema de manera eficaz.
- Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF) a los componentes críticos del sistema.
- Jerarquización de los modos de falla.

- El impacto con el mantenimiento de forma económica en la utilización de los equipos e instalaciones de los servicios.

## **Bases Teóricas**

Rojas (citado por Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2009), explica el desarrollo de las perspectivas teóricas como la relación de varias fases importantes como la recopilación, análisis de conceptos teóricos, revisión de investigaciones y antecedentes que guarden relación con el tema, a fin de enmarcar el planteamiento del problema con sustentos teóricos y de esta manera contribuir con el desarrollo de la investigación a través del marco teórico.

## **Productividad**

Cada día el tema de productividad toma más importancia en todas las naciones y ámbitos de nuestras vidas, puesto que cada vez se esfuerzan más en mejorar la calidad de vida, y a través del tiempo han determinado que esto se logra con la sabia utilización y optimización de los recursos, ya que se genera mayor cantidad de productos y/o servicios a menores costos de entradas e insumos necesarios para su obtención. Por tanto, el uso más productivo de los recursos, nos ayuda a disminuir desperdicios, para obtener mayor rendimiento de los mismos. Es importante destacar que la

productividad observada debe ser medida en un periodo determinada de día, mes, año, semana. (León, 2005).

## **Eficiencia**

Sobre la definición de eficiencia ISO 9001:2000 nos dice que la eficiencia es la relación entre los resultados alcanzados y los recursos utilizados.

Es importante tener en cuenta que la eficiencia representa el costo por producto, por esta razón podemos decir que va de la mano con la productividad y al mismo tiempo hoy día sabemos que una organización no es competitiva si no cumple con determinados conceptos que enfocan a la Ingeniería Industrial (Producción, Bajos Costos, Estandarización de Procesos, Mejora Continua, Eficiencia, Estandarización, Nuevos Métodos de Trabajo, entre otros); al final tiempo de vida de las organizaciones se pueden medir por el volumen de producción fabricado ó la cantidad de servicios prestados, según sea el tipo de organización vs. Recursos utilizados, pero todo esto no es suficiente puesto que existen requerimientos exigidos por nuestros consumidores denominado *Calidad*. (Jiménez, Castro y Brenes, 2007).

## **Disponibilidad de Equipos**

Se entiende por la proporción de tiempo que una máquina está en disposición para la producción respecto al tiempo total. Esta disponibilidad depende de dos factores críticos:

- La frecuencia de las averías relacionado directamente con la confiabilidad.
- El tiempo necesario para reparar las mismas relacionadas directamente con la mantenibilidad.

## **Mantenimiento**

Con respecto a mantenimiento, Penkova (2007) señala:

El mantenimiento consiste en una serie de actividades con cuya ejecución se logra alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles e instalaciones preserva sus funciones y afecta todos los aspectos de una organización: disponibilidad y costos, seguridad, integridad ambiental, eficiencia energética y calidad de productos. Entonces, el objetivo de mantenimiento de máquinas y equipos, se puede definir cómo conseguir como definir un determinado nivel de disponibilidad de

producción en condiciones de calidad exigible, al mínimo coste y con el máximo de seguridad para el personal que las utiliza y que las mantiene. (p.669).

## **Gestión de Mantenimiento**

Según Norma Covenin 3049 (1993) “...es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento.” (p.1).

## **Indicadores de Gestión de Mantenimiento**

Se refiere a las medidas verificables con respecto al estándar establecido por el departamento de mantenimiento, los indicadores de gestión además permiten o favorecen porque nos orientan en función de un exceso o déficit con respecto al estándar que tan eficientes y productivos se están utilizando los recursos para la obtención de los objetivos. (Gutiérrez, s.f.)

Un adecuado diseño y construcción de indicadores de gestión de mantenimiento permitirá realizar seguimiento y control de todos los recursos involucrados en el proceso, de esta manera nos dará una orientación de las actividades de desempeño en cuanto al aprovechamiento de los recursos para el logro de los objetivos adecuadamente.

## Diagrama de Pareto

Con respecto a la definición de diagrama de Pareto, Rovira (2009), señala lo siguiente:

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema

Analizando la definición los diagramas o gráficos de Pareto son una herramienta estadística que permite identificar oportunidades de mejoras efectivas y eficientes de los procesos de manufactura y servicio, a través de la herramienta se pueden visualizar los pocos vitales y muchos triviales, para garantizar la optimización de los recursos o insumos de un proceso característico.

## Ingeniería de Mantenimiento

Según Norma Covenin 3049 (1993) "...es la función responsable de la definición de procedimientos, métodos, análisis de técnicas a utilizar, contratos, estudios de costos y los medios para hacer el mantenimiento, incluyendo la investigación y el desarrollo del mismo." (p.1).

La ingeniería de mantenimiento juega un papel muy importante en el desarrollo de esta investigación ya que permite desarrollar todas las herramientas y conocimientos del área a fin de contribuir eficientemente en el diseño del plan de mantenimiento preventivo.

## Clasificación del Mantenimiento

- **Mantenimiento Rutinario:** es el mantenimiento que generalmente es realizado por los operadores de las máquinas con frecuencias no mayor a una semana, las actividades realizadas consisten en rutinas de lubricación, ajustes, calibraciones de piezas y/o componentes, todo esto con la finalidad de evitar deterioros tempranos en los equipos y prolongar la vida útil para mantener operativo el sistema productivo.

- **Mantenimiento Programado:** consiste en el establecimiento de periodos o frecuencias de tiempo para realizar actividades de mantenimiento

inherentes a sustituciones de partes o elementos del sistema productivo, la programación de los recursos se realiza tomando en cuenta especificaciones de fabricantes, experiencias de los trabajadores, clientes y/o usuarios.

- **Mantenimiento Correctivo:** es realizado justo después que aparece la falla, ocasionando paradas imprevistas de la máquina o sistema productivo, en este mantenimiento generalmente las actividades están orientadas a modificaciones de elementos, cambio de especificaciones, entre otros.

- **Mantenimiento Preventivo:** el principal objetivo de este mantenimiento es reducir las reparaciones haciendo mantenimiento antes de que aparezca la falla, para esto se basa en la utilización de información documental, estadísticas, frecuencias de fallas, entre otros medios disponibles que le permita determinar las rutinas de inspección periódicas.

### **Mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC)**

Con respecto al mantenimiento centrado en confiabilidad, García (2003) señala:

Es una técnica más dentro de las posibles para poder elaborar un Plan de Mantenimiento, que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente desarrollada para el sector aviación, donde los altos costos derivados de la sustitución sistemática

de piezas amenazaba la rentabilidad de las compañías aéreas, fue trasladada posteriormente al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico. (p.37)

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una técnica utilizada para desarrollar planes de mantenimiento, debido a la canalización de los recursos, ya que se apoya en un estudio de criticidades de los equipos que afectan a los sub sistemas del sistema productivo.

El mantenimiento centrado en confiabilidad nos guía en la generación de planes de mantenimientos capaces de mitigar los modos de fallas que se presentan en un entorno operacional específicos, para que los activos cumplan con los requerimientos de desempeño, costos, seguridad y regulaciones ambientales.

El mantenimiento centrado en confiabilidad es un proceso analítico, sistemático basado en el entendimiento de la función de los sistemas y las fallas funcionales. El corazón de este proceso es una metodología de análisis sistemático de los modos y efectos de fallas (AMEF) que pudiera ocurrir en un equipo específico, evaluados en su contexto operacional. (Gutiérrez, s.f.)

## **Resultados que aporta la metodología de MCC**

Según García (2003), señala algunos de los resultados que aporta la metodología:

1. Mejora en la comprensión del funcionamiento de los equipos.
  
2. Estudio de las posibilidades de fallo de un equipo y el desarrollo de los mecanismos que tratan de evitarlas, ya sean producidas por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
  
3. Elaboración de planes que permitan garantizar la operación de los equipos dentro de los parámetros marcados. Esos planes engloban:
  - Planes de mantenimiento.
  
  - Procedimientos operativos tanto de producción como de mantenimiento.
  
  - Modificaciones o mejoras posibles.
  
  - Determinación del stock de repuesto crítico que es deseable que permanezca en planta.

## **Beneficios a perseguir como metas en un mantenimiento centrado en confiabilidad**

González (2003), define algunos beneficios en el MCC:

### **•Costes**

- Reducir las paradas en producción de forma rentable.
- Reducir los niveles de mantenimiento correctivo

### **•Servicio**

- Conocer mejor los requerimientos del servicio del cliente.
- Reducir averías con especial incidencia en las que repercuten en el servicio.
- Mejor comunicación entre mantenimiento y producción.

### **•Calidad**

- Incremento de la disponibilidad por menor correctivo y menor preventivo.
- Eliminación de los fallos crónicos que no entienda producción cómo no se reparan.

- **Tiempo**

- Reducción de las paradas programadas para grandes revisiones.
- Intervalos normalmente más largos entre paradas por seguimientos predictivos.
- Tiempos de reparación más cortos por mejor conocimiento del sistema en su conjunto.

- **Riesgos**

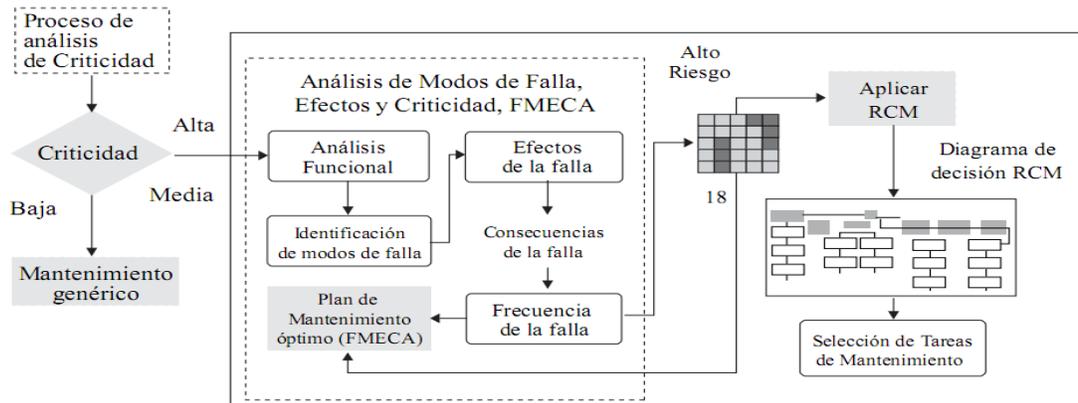
- Mayor aseguramiento de la integridad de la seguridad y entorno.

- Análisis de fallos ocultos y sus causas, que no suelen revisarse en mantenimientos rutinarios.
- Reducción de la probabilidad de fallos múltiples.
- Reducción de riesgos asociados a las tareas rutinarias.

### **Proceso RCM**

El proceso RCM pretende conocer el funcionamiento del sistema operativo y de los diferentes equipos que lo conforman, mediante un proceso sistemático que enmarca análisis de criticidad, análisis de modos de modos y efectos de fallas de los equipos que se hayan identificado como críticos dentro del sistema productivo, y el cálculo del número de prioridad de riesgo que permitirá determinar los modos de fallo de mayor preocupación y con ello proponer y orientar los recursos y acciones correctoras y/o preventivas.

**Figura 1.** Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el análisis de modos de fallas y sus efectos de criticidad, AMFEC



**Fuente.** Tomado de la Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (2010).

## Análisis de criticidad

Con respecto al análisis de criticidad, García (2003) expresa lo siguiente:

No todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa. (p.24)

La importancia del análisis de criticidad guarda relación directa con la disponibilidad de recursos financieros para el mantenimiento de los equipos, es por ello la necesidad de estudiar el impacto de los equipos en la planta.

### **Niveles de importancia de criticidad**

García (2003), define los niveles de criticidad de los equipos de la siguiente manera.

**1. Equipos críticos:** son todos aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

**2. Equipos importantes:** *son aquellos equipos cuya parada, avería o mal funcionamiento afecta a la empresa, pero las consecuencias son asumibles.*

**3. Equipos prescindibles:** *son aquellos con una incidencia escasa en los resultados. Como mucho, supondrán una pequeña incomodidad, algún pequeño cambio de escasa trascendencia, o un pequeño coste adicional.*

### **Aspectos y consecuencias a evaluar en un análisis de criticidad**

- **Seguridad industrial y medio ambiente SHE/HSE:**

- A: Accidentes personales, agresiones al medio ambiente y daños materiales.

- B: Exposición de riesgos de accidentes al medio ambiente o del patrimonio.

- C: Ningún riesgo.

- **Calidad CP:**

- A: Productos con defectos, reducción de la velocidad y reducción de la producción.

- B: Variación de la calidad o de la productividad.

- C: No afecta.

- **Tasa de ocupación TO:**

- A: 24 horas por día.
  - B: Dos turnos u horario administrativo.
  - C: ocasionalmente o no hace parte del proceso productivo.
- 
- **Oportunidad de producción OP:**
- A: Para todo el proceso productivo.
  - B: Para parte del proceso productivo.
  - C: No afecta al proceso productivo.
- 
- **Frecuencia de falla FQ:**
- A: Intervalo menor a seis meses.
  - B: En promedio una vez por año.

- C: Raramente ocurre.

- **Costos asociados:**

- A: Los costos de reparación son elevados.
- B: Los costos de reparación son soportables.
- C: Los costos de reparación son irrelevantes.

En la evaluación de cada uno de los aspectos se estudia cada uno de los niveles de criticidad los cuales se clasifican en:

- Alto riesgo: para su evaluación se empleará la letra “A”, que define criticidad alta en el equipo.
- Medio riesgo: para su evaluación se empleará la letra “B”, que define criticidad media en el equipo.

- Bajo riesgo: para su evaluación se empleará la letra “C”, que define criticidad baja en el equipo.

A continuación se muestra *la tabla N° 1* donde se aprecia para cada aspecto las consecuencias inherentes a alto riesgo, medio riesgo y bajo riesgo.

**Tabla N° 1.** Aspectos y consecuencias a evaluar para la determinación del nivel de criticidad

		Aspectos y Consecuencias a Evaluar					
		Seguridad Industrial y Medio Ambiente	Calidad	Tasa de Ocupación	Oportunidad de Producción	Frecuencia de Falla	Costos Asociados
Nivel de Criticidad	Alto Riesgo <b>A</b>	La falla ocasiona accidentes graves con fatalidades y/o afectaciones al hombre o al medio ambiente	La falla genera producto inaceptable y fuera de especificaciones mínimas	El equipo es operado 24Hrs y no tiene equipo de suplencia	Una falla en el equipo ocasiona la detención completa del proceso productivo	El equipo presenta fallas recurrentes con acciones correctivas inmediatas	La falla genera elevados tiempos de reparación y muy altos costos asociados
	Medio Riesgo <b>B</b>	La falla acarrea riesgos y ocasiona eventos reportables con acciones de mejora	La falla genera producto con desviación en especificaciones pero en rangos de aceptación	El equipo es operado por turnos y cuenta con equipo de suplencia	Una falla en el equipo ocasiona una detención parcial ó reducción en la velocidad de producción	El equipo presenta fallas ocasionales con acciones correctivas programables	La falla genera altos/moderados tiempos de reparación y altos/moderados costos asociados
	Bajo Riesgo <b>C</b>	La falla no genera consecuencias lamentables ni eventos reportables	La falla no ocasiona efectos negativos sobre la producción	El equipo es usado ocasionalmente	No tiene efectos graves sobre la continuidad del proceso productivo	El equipo presenta fallas poco frecuentes	Los tiempos de reparación y los costos asociados no son relevantes

**Fuente.** Tomado del Manual de Calidad SKF Venezolana Procedimiento de Gestión PG-600 de Servicios Contratados IMS (2005)

**Riesgo:** Se trata de un evento futuro e incierto que podría tener repercusiones negativas para el logro de los objetivos de una organización.

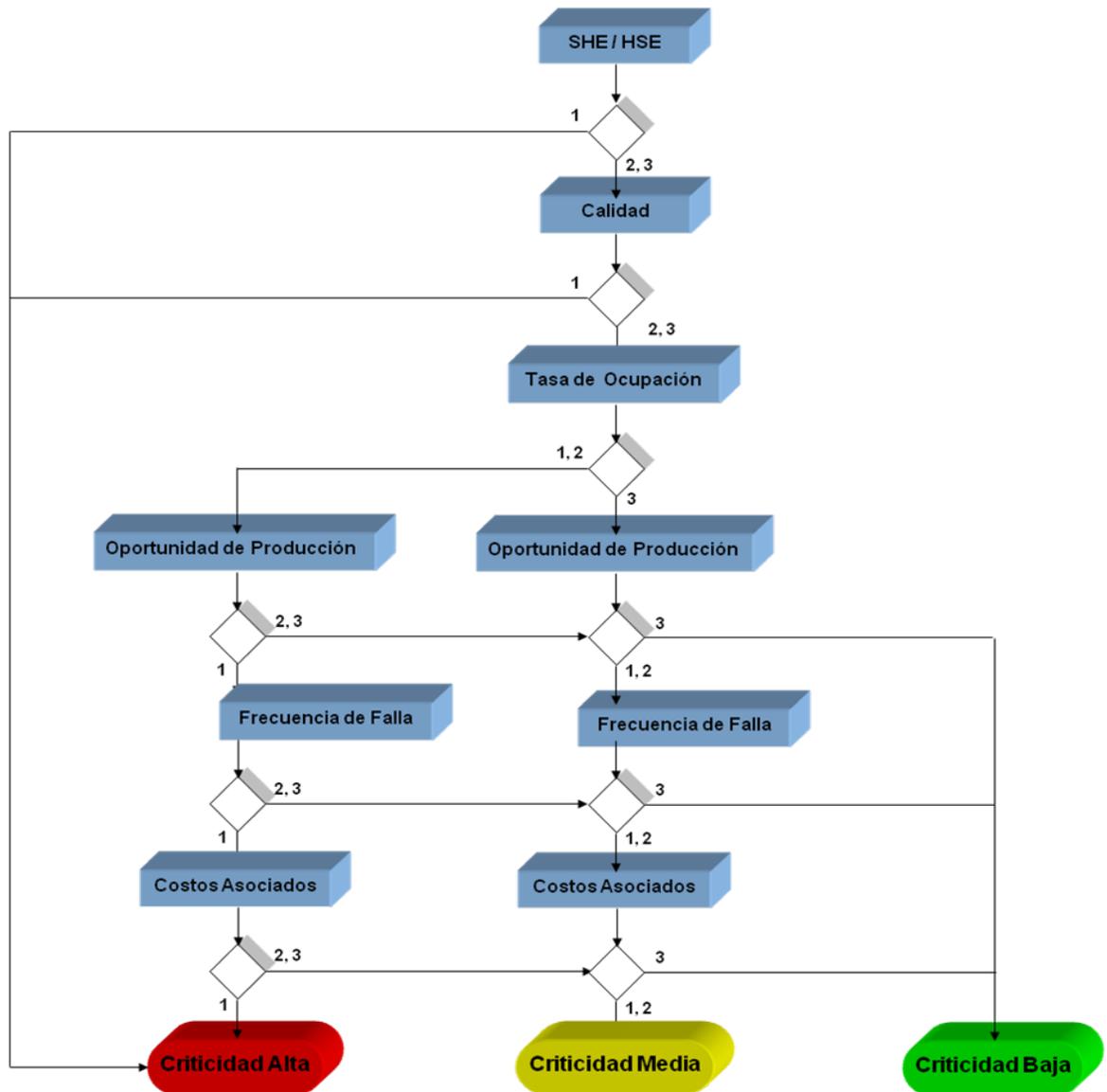
### **Impacto del riesgo**

Se trata del impacto probable que podría tener el riesgo sobre la organización en caso de que ocurriera. Cabe mencionar que no todas las amenazas tendrán el mismo impacto, ya que cada sistema de la Organización tiene distinto valor. La magnitud del impacto también puede clasificarse como alta, media y baja. (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, s.f.).

- Alta: impacto grave sobre las operaciones, reputación o situación de financiación
  
- Media: impacto importante sobre las operaciones, reputación o situación de financiación.



**Figura N° 2.** Flujoograma para determinar el nivel de criticidad de los equipos rotativos



**Fuente.** Tomado del Manual de Calidad SKF Venezolana Procedimiento de Gestión PG-600 de Servicios Contratados IMS (2005)

A través del análisis del flujograma se puede evaluar la criticidad del equipo tomando en cuenta cada aspecto reflejado en la matriz de criticidad: seguridad industrial y medio ambiente, calidad, tasa de ocupación, oportunidad de producción, frecuencia de fallas y costos asociados, dentro del flujograma se reflejan los números 1, 2 y 3, los cuales corresponden A alto riesgo, B medio riesgo y C bajo riesgo. Una vez asignado el nivel de riesgo a cada aspecto, se podrá obtener el nivel de la criticidad del equipo, guiándose mediante las líneas del flujo.

García (2003), define dentro del Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC a nivel industrial, se requieren realizar otras fases, una vez se haya desarrollado el análisis de criticidad de los equipos en la planta o área en estudio. Las fases importantes que se enmarcan en este proceso son:

- Análisis funcional del activo
- Determinación de los fallos funcionales y técnico de cada equipo del área en estudio.
- Identificación y determinación de los modos de fallas.

- Identificación de las consecuencias y efectos al aparecer la falla funcional.
- Jerarquización del riesgo.
  
- Determinación de las medidas preventivas para evitar o mitigar el impacto de la falla.
  
- Selección de tareas de mantenimiento.
  
- Determinación de las frecuencias adecuadas para realizar las medidas preventivas previamente seleccionadas.
  
- Elaboración y diseño del plan de mantenimiento.

Teniendo en cuenta que el análisis sistemático de modos de fallas, efectos y criticidad es la metodología que apoya significativamente al proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad y que este a su vez permite la elaboración de planes de mantenimiento enfocados a los equipos que representan mayor impacto en la seguridad industrial y medio ambiente, producción, calidad y las instalaciones de la empresa.

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

Con respecto a la metodología de análisis de modos de fallos y sus efectos, González (2003) expresa lo siguiente:

El análisis de los modos de fallos en mantenimiento para evitar errores en las fases o procesos preventivos o correctivos se identifica con el denominado AMEF (failure modes and effects analysis), que, a su vez, se fundamenta en los estudios de árboles de fallos y modos y repercusiones de éstos. Como se desarrolla en las técnicas organizativas de mantenimiento denominadas RCM, este análisis trata de evitar fallos acaecidos en nuestros procesos de mantenimiento, revisando de forma metodológica y sistemática los mismos y la experiencia acumulada. Es un medio esencial para lograr bucles de calidad, tanto a nivel de ingeniería de mantenimiento como de la propia ejecución o producción de mantenimiento. (p.203).

La metodología del AMEF, permite analizar las fallas que presentan los equipos dentro de un sistema productivo además de la determinación de las causas de fallos y las diferentes consecuencias y efectos, este medio permite definir medidas preventivas y correctivas con la finalidad de evitar que se repitan los fallos funcionales y contribuir a incrementar satisfacción del cliente y reducir los costos asociados a los fallos funcionales. Para su desarrollo es necesario cuantificar y calificar las consecuencias y efectos ocasionados por los fallos funcionales esto permitirá establecer prioridades de acuerdo a los niveles de riesgo que tienen en sus repercusiones.

Por otra parte sobre la definición exacta de la metodología “AMFE” Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008), expresa lo siguiente:

El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo. . (p.4).

La metodología es de máxima utilidad para la mejora continua de los procesos actuales, a través del análisis sistemático y metodológico se pueden evidenciar los puntos aspectos de mejora denominado los modos de fallo y con ello sus parámetros de evaluación denominados ocurrencia, detección y severidad.

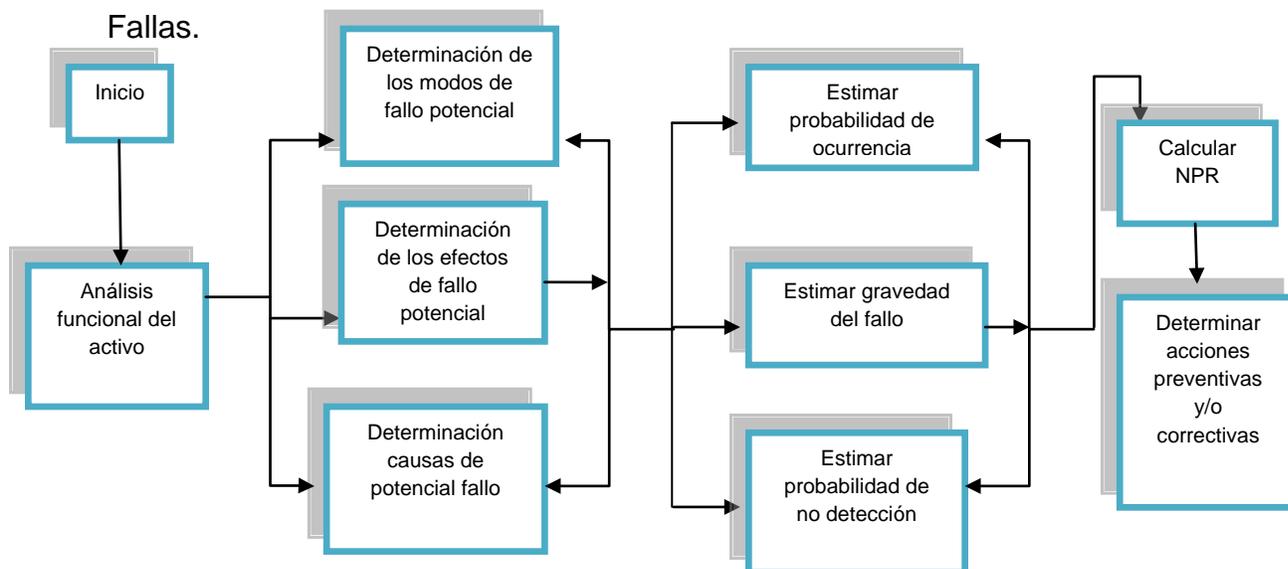
### **Objetivos del AMEF**

- Asegurar la calidad y satisfacer al cliente.
- Diagnosticar los modos de fallos potenciales dentro de un sistema productivo.

- Introducir en las organizaciones la filosofía de prevención.
- Priorizar los modos de fallos que representan mayor impacto en los criterios de disponibilidad, seguridad, calidad, producción, entre otros.
- Tomar acciones preventivas y/o correctivas y documentarlas, con la finalidad de minimizar o eliminar las causas de fallo del proceso.

A continuación se presenta un diagrama de bloque de la metodología de Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad.

**Figura N° 3.** Diagrama de la metodología de Análisis de Modos y Efectos de



**Fuente.** Tomado y adaptado del Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO "AMFE"  
Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008)

## **Tipos de AMEF**

Se pueden distinguir dos tipos de AMEF de acuerdo al marco de gestión de proceso principalmente porque existe una correlación significativa entre ellos, los AMEF de diseño y proceso siguen uno al otro en una secuencia lógica, por ejemplo en la elaboración de los AMEF de diseños se pueden identificar deficiencias del proceso que inciden directamente como la causa de un modo de fallo de un equipo, esta deficiencia es identificada como un modo de falla del proceso a través de un AMEF.

Para la investigación se analizarán y se levantarán AMEF de procesos, esto se refiere al análisis de modos y efectos de fallos potenciales de un proceso de fabricación, para asegurar su calidad de funcionamiento y de igual forma garantizar los requerimientos y especificaciones del producto exigidos por los clientes. Por ello la importancia de analizar los fallos en los diferentes elementos del proceso como: equipos, materiales, mano de obra, métodos de trabajo y ambiente.

A continuación se describen los pasos necesarios para la aplicación de la metodología de AMEF de diseño y de proceso:

**Tabla N° 3. Pasos necesarios para la aplicación del método AMEF**

 <b>HOJA DE INFORMACIÓN</b> <b>ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS (AMEF)</b> <b>MÁQUINA TISSUE SEIS</b> <b>MANPA “DIVISIÓN HIGIÉNICOS”</b>									(a) Fotografía del equipo en estudio
Sistema:		Gerencia:		Realizado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
Sub sistema:		Dpto.:							
Equipo		Responsable:		Fecha de elaboración del AMEF:		Fecha de revisión del AMEF:		AMEF N°:	
<i>Función</i>	<i>Modo de Fallo</i>	<i>Efectos del Fallo</i>	<i>Gravedad o severidad del fallo (S)</i>	<i>Causa del fallo</i>	<i>Probabilidad de ocurrencia (O)</i>	<i>Probabilidad de no detección (D)</i>	<i>Número de prioridad de riesgo (NPR)</i>	<i>Acciones Recomendadas</i>	<i>Responsables</i>
(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)

**Fuente:** Tomado y adaptado del Departamneto de Promoción Económica Librería HOR DAGO “AMFE” Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008)

## **Pasos Necesarios para la Aplicación del AMEF**

**a) Fotografía del equipo en estudio:** se ilustra una foto del equipo que se va analizar, para tener un poco de apreciación visual.

**b) Función:** para el AMEF de proceso se colocan todas las funciones que realiza el equipo a lo largo del proceso productivo.

**c) Modo de fallo:** se identifican cuando un elemento o sistema no funciona de acuerdo a las especificaciones de diseño, por lo tanto se reconoce como una desviación con respecto a la función.

**d) Efectos de fallo:** una vez ocurre el fallo o modo de fallo potencial es importante describir los efectos, estos se refieren a los síntomas o consecuencias dentro del sistema productivo y el entorno del mismo. Un modo de fallo puede tener varios efectos, para la evaluación del AMEF se elegirán los más graves.

**e) Gravedad o severidad del fallo (S):** este índice de evaluación valora el nivel de las consecuencias que afecta directamente al cliente, la clasificación del grado de severidad esta basada únicamente en los efectos del fallo. El índice de gravedad o severidad es independiente de la ocurrencia o detección.

A continuación se ilustra la tabla de valoración de clasificación de la severidad por cada efecto de fallo.

**Tabla Nº 4:** Clasificación según Gravedad o Severidad de Fallo

<b>Criterio</b>	<b>Valor de S</b>
No hay efecto	<b>1</b>
Los defectos pueden ser retrabajados en el lugar	<b>2-3</b>
Interrupción menor en la producción. Desempeño reducido de la función secundaria.	<b>4-5</b>
Interrupción mayor en la producción. Perdida de desempeño de la función secundaria.	<b>6-7</b>
Interrupción mayor de la línea de producción. Perdida de la función primaria. 100 % de desperdicio.	<b>8-9</b>
Puede dañar la máquina o al operador.	<b>10</b>

**Fuente:** Tomado del Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO "AMFE" Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008).

**f)Causa del fallo:** se refiere a todas las *causas potenciales del fallo* atribuibles a cada modo de fallo, estas se definen como el origen de una debilidad del proceso cuya consecuencia es el modo de fallo. Es importante definir las causas de manera completa y coherente con la finalidad de tener efectividad en la elaboración de las acciones correctivas y/o preventivas hacia las causas del fallo.

**g) Probabilidad de ocurrencia (O):** se define como la probabilidad de que una causa específica ocurra dando lugar a la aparición de un modo de fallo . Este índice de valoración esta directamente relacionado con la *causa del fallo*.

A continuación se ilustra la tabla de valoración de la probabilidad de ocurrencia.

**Tabla N° 5:** Clasificación según la probabilidad de ocurrencia

<b>Criterio</b>	<b>Valor de O</b>
Muy escasa probabilidad de ocurrencia. Defecto inexistente en el pasado.	<b>1</b>
Escasa probabilidad de ocurrencia. Muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.	<b>2-3</b>
Moderada probabilidad de ocurrencia. Defecto aparecido ocasionalmente.	<b>4-5</b>
Frecuente probabilidad de ocurrencia. En circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.	<b>6-7</b>
Elevada probabilidad de ocurrencia. El fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.	<b>8-9</b>
Muy elevada probabilidad de fallo. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	<b>10</b>

**Fuente:** Tomado del Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO “AMFE” Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008).

**h) Probabilidad de no detección:** este índice se refiere a la causa y/o modo de fallo originado “no detectado” que llega al cliente. Para mejorar el índice es necesario mejorar el sistema de control de detección actuales y la causa

A continuación se ilustra la tabla de valoración de la probabilidad de no detección.

**Tabla Nº 6:** Clasificación según Probabilidad de no detección

<b>Criterio</b>	<b>Valor de D</b>
Muy escasa. El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	<b>1</b>
Escasa. El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría raramente escapar a algún control primario, pero sería posteriormente detectado.	<b>2-3</b>
Moderada. El defecto es una característica de bastante fácil detección.	<b>4-5</b>
Frecuente. Defectos de difícil detección que con relativa frecuencia llegan al cliente.	<b>6-7</b>
Elevada. El defecto es de naturaleza tal, que su detección es relativamente improbable mediante los procedimientos convencionales de control y ensayo.	<b>8-9</b>
Muy elevada. El defecto con mucha probabilidad llegará al cliente, por ser muy difícil detectable.	<b>10</b>

**Fuente:** Tomado del Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO “AMFE” Análisis Modal de Fallas y Efectos (2008).

**i) Número de prioridad de riesgo:** es el valor resultante de la multiplicación de la probabilidad de ocurrencia (O), la gravedad o severidad (S) y/o la probabilidad de no detección (D); el valor obtenido del NPR para cada modo de fallo permitirá determinar las áreas de mayor interés y de esta manera proponer y orientar las acciones correctivas y/o preventivas. Una vez obtenido el valor NPR, es importante evaluarlos mediante la siguiente escala:

### **Prioridad de Riesgo (NPR)**

<b>500-1000</b>	Alto riesgo de falla
<b>125-499</b>	Riesgo de falla medio
<b>1-124</b>	Riesgo de falla bajo
<b>0</b>	No existe riesgo de falla

Es importante señalar que no solo deben tomarse en cuenta los NPR con mayor valor, sino que también aquellos que tengan una alta probabilidad de ocurrencia, sin importar que el resultado de NPR haya sido alto o bajo. (Análisis del Modo y Efecto de la Falla, s.f.).

De igual forma, también deben considerarse aquellos casos que poseen índice de gravedad igual a 10, aunque el resultado del número de

prioridad de riesgo haya sido menor de 100. (Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO “Análisis modal de fallos y efectos”, 2008).

**j) Acciones recomendadas:** se refiere a una breve descripción de las acciones a ejecutar, para ello es necesario tomar en cuenta los modos de fallas que tienen el mayor valor de NPR a fin de establecer prioridades de atención, sin embargo no se puede desapercibir los modos de falla con índice de gravedad y probabilidad de ocurrencia alta.

**k) Responsables:** se refiere a los responsables de las diferentes acciones propuestas.

### **Bases Legales**

La investigación estará basada legalmente en la Norma Venezolana Covenin 3049-93, su aplicación está dirigida a aquellos sistemas de operación sujetos a acciones de mantenimiento. A través de la norma se podrán sustentar todas las definiciones inherentes a los diferentes tipos de mantenimiento, estructura organizativa, fallas de los equipos, indicadores de mantenimiento, sistema de información de mantenimiento, índices de evaluación para el control del trabajo.

La investigación se sustentará también a través de la Norma ISO 14224 debido a que brinda una base de datos de confiabilidad y

mantenimiento en el área de estudio de producción referido a la máquina tissue seis.

Dentro de los aspectos que se considerarán para soportar y apoyar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) se encuentra la estructuración de jerarquías ISO 14224, la cual consiste en tomar la máquina y dividirla de mayor a menor detalle. A efectos de la investigación se dividirá el área de secado en:

- Sistema: se considera como un conjunto que realiza una función específica, en un servicio determinado dentro del proceso y se puede identificar entradas y salidas.
- Sub sistema: se refiere a los equipos que posibilitan que el sistema realice su función operativa, una consideración del subsistema es que una falla de un equipo afecta el funcionamiento del sistema.
- Equipo: unidad mantenible y que pertenece al sub sistema, sobre el cual es necesario realizar acciones de mantenimiento.

## **Presentación de la Empresa**

### **Reseña Histórica**

A comienzos de los años cincuenta un par de empresarios inició la conceptualización y construcción de una idea empresarial que con el correr de los tiempos se convirtió en una de las Grandes Empresas Venezolanas que han desarrollado una fructífera actividad industrial, que ha sido y es, ejemplo de la aplicación y práctica de ideas empresariales en nuestro país.

Al transcurrir los años cincuenta existían empresas que ya conformaban un sector industrial pujante e importante en el país, como lo eran las del negocio de Cemento.

En este sector industrial, participaban activamente Juan y Carlos Delfino, a través de la Compañía Fábrica Nacional de Cementos, la cual requeriría una serie de insumos para su funcionamiento y desarrollo,

especialmente insumos que le permitieron transportar sus productos a los sitios de consumo.

En este sentido los requerimientos de sacos de papel para embalar Cemento, hicieron que estos dos empresarios, incursionaron en el negocio de la manufactura de papel y la fabricación de sacos de éste mismo material, creando y desarrollando la Empresa Manufacturas de Papel MANPA.

Esta empresa, conjuntamente con la Compañía Anónima Fábrica de Papeles de Maracay creada en 1912 y gerenciada también por Juan y Carlos Delfino, formaron a partir de entonces el Grupo de empresas papeleras de la familia Delfino.

Con el tiempo, las operaciones se fueron diversificando y creciendo, tanto en nuevos mercados, siempre dentro del ámbito paplero, dando así origen a la Corporación Industrial Alpes, entre las más importantes.

A partir del año 1992, MANPA emprende una nueva forma de entender el entorno y el negocio en el cual interactúa: el del PAPEL. Analizaron el entorno, redefinieron la misión, productos, mercados, estrategias y en función de estas se replanteo MANPA del futuro.

La primera etapa de este replanteamiento fue la construcción e implantación del concepto de Unidades Estratégicas de Negocio (U.E.N) y Unidades Estratégicas Funcionales (U.E.F), las cuales correspondieron a productos y mercados específicos definidos como estratégicos.

Para conformar estas Unidades de Negocio y Funcionales se reorganizó la anterior Planta de Manufacturas de Papel en dos Grandes Unidades de Negocio:

- ❖ U.E.N. Molino de Papel de Imprimir, Escribir y Embalar (I/E/E): fabricación de papeles blancos y Kraft.
  
- ❖ U.E.N. Conversión: Fabricación de productos de papel: Bolsas, sacos, cuadernos, blocks, resmas, formas continuas.
  
- ❖ Se incorporó a la Unidad de Negocio de Conversión aquellas Plantas o Empresas cuya principal actividad era la convertir el papel que MANPA producía, en productos finales. De esta forma se constituyeron sub- unidades de negocio dentro de la U.E.N. Conversión:
  
- ❖ U.E.N. Conversión- Sacos.

- ❖ U.E.N. Conversión- Bolsas.
  
- ❖ U.E.N. Conversión- Productos Escolares y de Oficina.
  
- ❖ U.E.N. Conversión- Formas Continuas, Resmas, Resmillas, Almacenadoras y Transporte.

Asimismo, se incorporó a MANPA, la C.A. Fábrica de Papeles de Maracay, como la Unidad Estratégica de Negocio Molino Papel Higiénico, responsable de la fabricación y conversión de papeles higiénicos.

Para estandarizar prácticas de control de los recursos humanos, financieros y materiales se crearon las Unidades Estratégicas Funcionales Corporativas de Recursos Humanos y la de Finanzas.

La consolidación de la nueva estructura organizativa de MANPA, realizada a principio de los años noventa, se hizo posible gracias a la adquisición, por parte de MANPA, de la totalidad de las acciones de las empresas C.A. Fábrica de Papeles de Maracay y Corporación Industrial Alpes, Transporte Alpes.

Desde entonces, cada una de estas empresas viene operando y desarrollando sus actividades de acuerdo a los lineamientos y estrategias de MANPA, pero respetando las denominaciones jurídicas ante clientes y proveedores específicos.

### **Misión**

Fabricamos y comercializamos productos de papel, cartulinas, cartón y afines, con alto valor agregado en el mercado nacional y destacada participación en Latinoamérica mediante una eficaz utilización de los recursos, maximizando la rentabilidad del negocio y garantizando el más alto beneficio a los accionistas y trabajadores, conservando la ética y principios corporativos.

### **Visión**

Ser líderes en cada segmento que sirvamos con productos de papel, convertidos o no, en los mercados nacionales e internacionales con los niveles de calidad y servicio que satisfagan a nuestros clientes.

## **Política Integral de la Calidad, Seguridad Ambiente**

Manufacturas de Papel, C.A. (MANPA) S.A.C.A., es una empresa dedicada a la producción, conversión, comercialización y distribución de papel para uso industrial, comercial, doméstico, escolar y de oficina.

Manpa reconoce como prioridades fundamentales para la continuidad y éxito en sus operaciones, el mantener la calidad, la mejora continua e innovación en sus productos y servicios, preservar la integridad física, la vida y salud de sus trabajadores, proteger al medio ambiente y ser miembro responsable de la comunidad en las cuales se desenvuelve.

En función de este enunciado declara su compromiso de:

- Dar cumplimiento a las normativas legales vigentes, normativas internas y requisitos del cliente.
- Evaluar los procesos de manera continua a fin de garantizar:
- Productos y servicios que satisfagan las necesidades de nuestros clientes y consumidores, así como la productividad en las operaciones.

- Condiciones de trabajo que aseguren la salud y el bienestar de nuestros trabajadores.
  
- El uso eficiente de los recursos para contribuir a la mejora del desempeño ambiental haciendo énfasis en la cultura del reciclado.
- Asegurar que esta política sea comunicada, entendida y aceptada para todos y cada uno de los trabajadores, proveedores, contratistas o personas relacionadas con nuestra empresa, revisándola anualmente para constatar su vigencia.
  
- Proveer los recursos económicos para su cumplimiento.

## Valores

❖ **Lealtad:** En MANPA creemos y practicamos la responsabilidad, compromiso, honestidad y trabajo en equipo, como valores presentes en todas nuestras acciones y relaciones.

❖ **Responsabilidad:** Nos comprometemos a dar lo mejor de nuestras capacidades para el logro de los objetivos de MANPA y políticas vigentes. Entendemos la responsabilidad como la disposición y compromiso para

cumplir lo relativo a puntualidad y asistencia y las funciones inherentes a mi trabajo.

❖ **Compromiso- Sentido de Pertenencia:** Dirigimos nuestros esfuerzos al logro de los objetivos de MANPA en una relación ganar- ganar en la cual se fortalece mi relación personal, laboral y familiar.

❖ **Honestidad:** Nuestros actos se fundamentan en la rectitud y la integridad, brindando a nuestros compañeros el mismo trato que esperamos para nosotros, comprometidos a actuar de manera consistente con los más altos valores de ética personal y del negocio.

❖ **Trabajo en Equipo:** Sumamos nuestros esfuerzos trabajando de manera armónica, activa e integrada a fin de alcanzar objetivos comunes, con espontaneidad para colaborar con otros compañeros de MANPA, confiando y apoyándonos los unos a los otros y respetando nuestras individualidades.

## **El Proceso de Fabricación de Papel**

### **Definición**

Es un proceso a través del cual se transforma la materia prima adecuada, para la obtención final de papel deseado.

### **Descripción del Proceso**

La fabrica Manpa División Higiénicos, es una empresa dedicada a la fabricación de papel tissue de diferentes tipos y calidades: higiénicos, servilletas, faciales y toallas, así como papel para envolver.

La materia prima básica es la fibra vegetal de la madera (celulosa). Los materiales celulósicos son:

- Pulpa química blanqueada (fibra larga y fibra corta).

- Pulpa de papel reciclable, la cual es una pulpa de fibra secundaria, producto de la recolección del papel reciclable y del proceso generado en la planta de destintado de la empresa.

- Pasta destintada proveniente de la planta de destintado.

El proceso de fabricación de papel comienza con la recepción de la materia prima, dicha materia pasa a una etapa de preparación hasta llegar finalmente a la etapa de fabricación propiamente dicha.

Para la descripción de este proceso se utilizó la Máquina Papelera # 6, tipo Fourdriner para papeles tipo tissue. Así tenemos:

### **Preparación de la Pasta**

El departamento de producción solicita diariamente a la sección de materia prima la cantidad necesaria de insumos (desperdicios importado, nacionales, pulpa y productos químicos), necesarios para la fabricación del papel del tipo a realizar.

Esta etapa se divide en:

## **Desfibrado**

Este proceso se lleva a cabo en una cuba metálica provista de aspas giratorias llamada pulper, hidropulper o molino. En el pulper la materia prima en forma de pacas, es hidratada y desmenuzada, a la vez que se le suministra vapor hasta obtener una forma homogénea llamada pasta. Esta pasta es transferida a través de tubería a un tanque de recepción y agitación de pasta desfibrada, llamado tanque # 1. De este tanque pasa al limpiador de alta densidad, luego al limpiador de partículas gruesas (screen) y finalmente a la caja de vertedero en donde se regula el flujo antes de pasar a la etapa de pre-refinación.

## **Pre-Refinación**

La pasta proveniente de la caja de vertedero, es enviada al pre-refinador de disco, en el cual se prepara la pasta para que cumpla con las características físico- mecánicas, exigidas para el papel a fabricar. La pre-refinación consiste en el corte por acción mecánica de las fibras celulósicas. Una vez pre-refinada es transferida posteriormente al Tanque # 2.

## **Tanque # 2**

En este tanque se mezcla el pre- refinado y la pasta proveniente de la planta de destintado junto con la pasta recuperada del tanque de la cucha y el tanque liebeck al cual llega el sobrante del reel. Del tanque # 2 pasa al tanque de máquina o tanque # 3, en donde se almacena y agita.

## **Refinación**

La refinación final se lleva a cabo en un refinador tipo jordan, en el cual se realiza una molido con el fin de homogeneizar el tamaño de la fibra. Una vez molido la pasta es transferida a la caja de pasta en donde se regula el flujo de manera continua a la bomba de recirculación.

## **Etapas de Limpieza**

La bomba de recirculación impulsa la pasta (previa disminución de la consistencia por medio de agua con fibra proveniente del tanque del pie de la tela) a los limpiadores uniflow, la pasta aceptada es transferida a los limpiadores primarios de los cuales lo aceptado se dirige a la bomba de circulación y lo rechazado sigue un proceso de depuración a través de los limpiadores secundarios, terciarios y cuaternarios. Una vez limpiada la pasta,

el paso siguiente es la disminución de consistencia (con agua del pie de la tela), posteriormente es impulsada por la bomba de circulación al colador rotativo en donde se realiza la depuración final, lo aceptado del colador pasa directamente a la caja cabecera.

## **Formación**

La caja cabecera es la receptora de la pasta en la máquina, esta se encarga de mantenerla homogeneizada y distribuirla en forma uniforme sobre una malla continua y rotatoria llamada tela o malla, sobre la cual se forma una hoja de papel húmeda continua. Esta hoja es transferida a un fieltro húmedo, en el punto de contacto llamado foil pick up. El fieltro transporta la hoja hasta la primera prensa, la cual adhiere la hoja a un cilindro secador giratorio llamado yankee. La hoja de papel ya seca, es despegada de yankee por medio de la cuchilla crepadora. Esta hoja despegada es enrollada en una bobina, con ayuda de un cilindro giratorio llamado reel. Esta bobina final es transformada en los productos finales de la empresa.

## **La Máquina**

## **Definición**

Esta máquina es el corazón de toda fábrica de papeles del tipo fourdriner, nombre este que se le atribuye en honor a los hermanos fourdriner, es una máquina verdaderamente práctica para la elaboración de papel, a ella llega la pasta preparada para dar inicio a la última etapa de fabricación como lo es: la forma, secado y finalmente embobinar el papel para luego ser procesado en el área de conversión para la elaboración de los diferentes productos de la empresa.

## **Características Técnicas**

La máquina posee parámetros de funcionamiento los cuales son:

- Localización: C.A. Fábrica de papel de Maracay
- Máquina: número 6
- Tipo/Modelo: Fourdriner

- Graduación: Tissue

- Peso base: 16 gm/m<sup>2</sup>

- Velocidad del Yankee: 3800 Ft/min

### **Área de Secado**

Es el área en el cual se termina de extraer por completo el agua a la hoja de papel.

### **Filtro Pick up**

Este fieltro o paño realiza la función de trasladar la hoja desde el pick up, (lugar donde se transfiere la hoja de la malla al fieltro) hasta el yankee, pasando por una serie de cajas de vacío en las cuales se le extrae agua a la hoja.

### **Cajas de Vacío**

Son cajas de forma rectangular cuyo ancho coincide con el fieltro, son colocadas en contacto con el fieltro para que por medio del vacío generado en ellas, a través de las bombas de vacío, absorba parte del agua de la hoja de papel.

## **Prensas**

Son rodillos con sistemas neumáticos los cuales son encargados de comprimir la hoja transferida desde el fieltro contra el yankee, extraen agua y conforman la hoja de papel.

### **Primera Prensa**

Este rodillo tiene en su interior una caja de vacío la cual extrae otra parte de agua a la hoja, este vacío y la diferencia de temperatura hacen que la hoja al entrar en contacto con el yankee se adhiera a el.

### **Segunda Prensa**

Consolida la hoja de papel al yankee, dándole con esto un secado uniforme a la hoja de papel.

### **Rollo intermedio**

Rodillo situado en medio de las dos prensas. Es un rollo conductor el cual tiene la función de desprender el fieltro del yankee originando con esto que el fieltro solo establezca contacto con el yankee en dos puntos.

### **Rollo Tensor**

Proporciona tensión al fieltro. Esta situado en la parte superior del sistema.

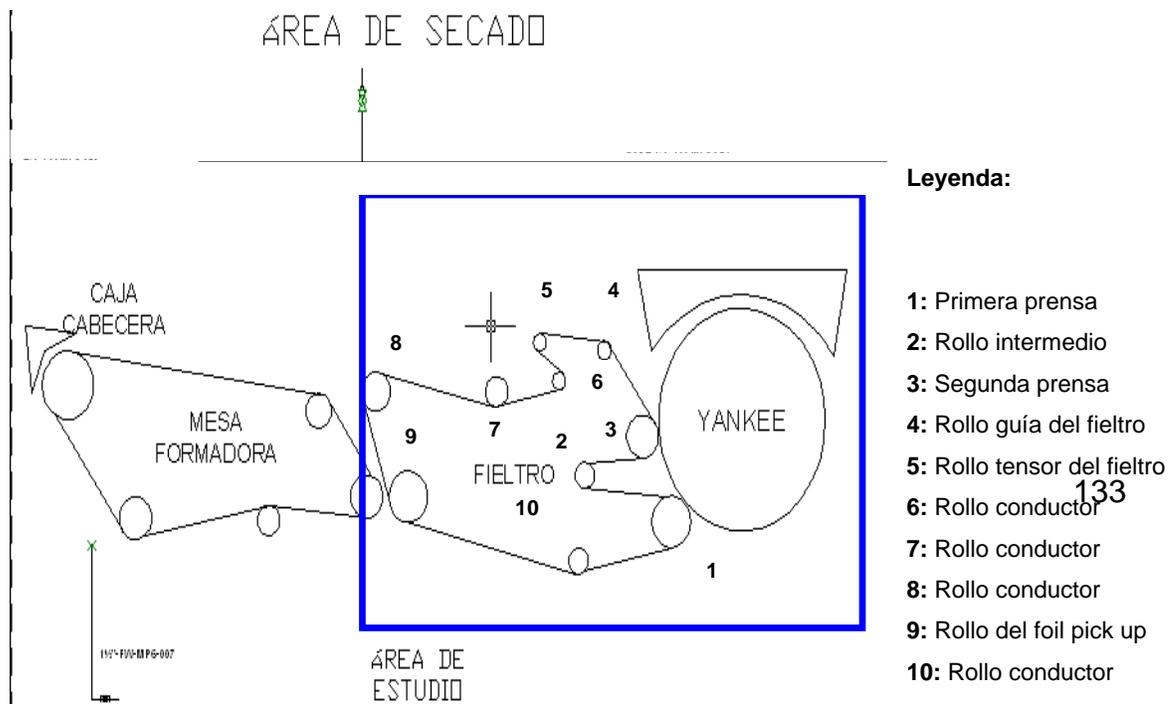
### **Rollo Guía**

Rodillo que impide el movimiento transversal del fieltro, esta nivelación se consigue por medio de sistemas hidráulicos.

### El Yankee

Es un cilindro metálico, el cual mediante vapor inyectado en su interior, retira la parte final del agua presente en la hoja. La hoja pegada a su superficie es secada y transportada desde la primera prensa hasta la cuchilla crepadora, lugar este en donde se desprende.

**Figura N° 4.** Diagrama de la Máquina Tissue Seis Piso Operaciones



**Fuente.** Tomado y adaptado del Trabajo de Pasantías Cierre de circuitos de Agua Manufacturas de Papel (MANPA) S.A.C.A División Higiénicos (2010)

### **Air Cap**

Consiste en una carcasa que recubre al yankee a todo lo ancho en su parte superior, esta carcasa proporciona aire caliente a la hoja sobre el yankee para ayudarlo a terminar el proceso de secado.

~

### **Regaderas de Alta Presión**

Son dos, proporcionan agua a alta presión. Están situadas:

- Parte superior del fieltro antes del rollo tensor.
  
- Parte inferior de la malla entre el rollo tensor y el rollo guía.

## **Regaderas de Químicos**

Proporcionan soluciones químicas son:

- Regadera de daraspray, ubicada después del rollo tensor, en la malla.
- Regadera de shellsol, localizada después de la segunda prensa en el fieltro.
- Regadera de daraspray, situada sobre el rollo de la bandeja en el fieltro.
- Regadera de Yankee Spray para coating release en el Yankee. (Oscilante).

Ambas regaderas son oscilantes.

## **Cuchillas:**

Son unas hojas metálicas que realizan funciones de limpieza y despliegue de la hoja de papel, dependiendo de la posición con respecto al yankee.

Las cuchillas que están ubicadas sobre el Yankee son:

### **Cuchillas Superior**

Despega la hoja formada del Yankee con la finalidad de facilitar el cambio de la cuchilla crepadora.

### **Cuchilla Crepadora**

Despega la hoja del Yankee originando el crepado que se desea en el papel.

### **Cuchilla Limpiadora**

Es colocada en contacto con el Yankee para limpiar su superficie.

### **Definición de Términos**

- **Organización:** acción y efecto de organizar u organizarse. Acción constituida para determinado fin. (Larousse 1997, p.219).
  
- **Productividad:** es un indicador que mide el resultado de productos y/o servicios con respecto al tiempo empleado para obtenerlos, y se dice que hay mayor productividad cuando se obtienen los resultados pautados en el menor tiempo posible y con la cantidad de recursos necesarios. (Ruiz, 2012)
  
- **Disponibilidad:** es un indicador que resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo, es decir el tiempo de operación, por el tiempo de la máquina total disponible para producir. (Ruiz, 2012)

- **Eficiencia:** facultad para lograr un efecto determinado. (Larousse 1997, p.110).
- **Calidad:** se refiere a la percepción que tiene el cliente sobre un determinado producto o servicio, es una fijación mental del consumidor que asume conformidad del mismo, en cuanto le permita satisfacer las necesidades y expectativas. (Ruiz, 2012)
- **Cliente:** persona que utiliza los servicios de un profesional, un establecimiento o una empresa. (Larousse 1997, p.71).
- **Tissue:** Papel de seda, un tipo de translúcida de papel delgado. (Ruiz, 2011).
- **Crepado:** técnica del proceso papelerero que es realizada por la cuchilla crepadora, para ayudar a controlar la propiedad del papel denominada suavidad. (Ruiz, 2011)
- **Screen:** limpiador de partículas gruesas. (Ruiz, 2011)
- **Frecuencia:** repetición de un acto o suceso. (Larousse 1997, p.141).

- **Mantenimiento Preventivo:** se refiere a las acciones o rutinas preventivas para prevenir o disminuir las consecuencias de los fallos que puede presentar un equipo en determinado momento .Las acciones de mantenimiento preventivo, están enfocadas en evitar los fallos en el equipo y por ende .el impacto que puede tener en el sistema productivo y el cliente. (Ruiz, 2012)

- **Optimización:** se refiere al aprovechamiento de los recursos disponibles para mejorar la productividad de la planta. (Ruiz, 2012)

- **Lado banda:** se denomina en términos papeleros de producción de Manpa de la División higiénicos, al lado opuesto de la máquina en el piso de operaciones donde se ubican los motores, transmisiones, entre otros. (Ruiz, 2011)

- **Lado frente:** se denomina en términos papeleros de producción de Manpa de la División higiénicos, al lado del panel del operador ubicado en el pasillo de acceso principal de la máquina de piso operaciones, para monitorear las variables del proceso de elaboración de papel. (Ruiz, 2011)

### **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

## **Tipo de investigación**

De acuerdo a las características del problema y el objeto de estudio, esta investigación es de tipo campo, con apoyo de la investigación documental.

### **Investigación de Campo**

Por otra parte sobre la investigación de campo el manual de la UPEL (2003), la define como:

El análisis sistemático de problemas en la realidad con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos de interés son recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios. (p.14)

En tal sentido la investigación de campo permitió la recolección directa de datos para su respectivo análisis, dejando claro además que en este tipo de estudio, el investigador no pretende manipular las variables, ya que su enfoque primordial es analizarlos, interpretarlos y entenderlos de forma tal como son obtenidos originalmente.

### **Investigación documental**

Esta investigación se sustentó fundamentalmente en la revisión y consulta de información de datos de materiales impresos o digitalizados con la finalidad de obtener datos relevantes para el análisis y la contribución a la resolución de problemática planteada. (Arias, 1999).

Sobre la investigación documental el manual de la UPEL (2003), la define como:

El estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con

apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor. (p.15)

Para la investigación se realizaron consultas de informes de producción, mantenimiento, datos estadísticos e información técnica referentes a: tiempos perdidos por causas de mantenimiento correctivo de la máquina, equipos intervenidos, acciones correctivas de mantenimiento, frecuencia de fallas por equipo, disponibilidad de equipos; datos técnicos de funcionamiento, historiales de equipos; entre otros.

## **Nivel de Investigación**

Según Arias (citado por Pallela y Martins, 2010), se refiere “al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno.” (p.92).

La investigación se abordará bajo el nivel descriptivo y explicativo:

### **Descriptivo**

Se refiere a la descripción detallada de realidades referentes a los individuos, grupos o situaciones que se pueden presentar en un determinado

momento. La descripción abarca recopilación de la información, registro, análisis e interpretación del tema que se este investigando. (Pallela y Martins, 2010).

Según lo anteriormente expuesto por los autores, se deduce que el nivel de investigación es descriptivo, debido a que se realizó recopilación, análisis e interpretación de información, referente a los tiempos improductivos, frecuencia de fallas, aspectos y consecuencias a evaluar para cada uno de los equipos rotativos, análisis funcional del equipo, efectos del fallo, consecuencias del fallo, número de prioridad de riesgo, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de no detección, todo ello necesario para el diagnóstico y diseño de la propuesta.

## **Explicativo**

Se refiere a la determinación y explicación de todas las causas y efectos referidos a uno o varios acontecimientos, con la finalidad de conocerlos con mayor grado de profundidad. (IBIS 2010, p.93).

El nivel de la investigación es explicativo debido a que se debió encontrar todos los orígenes más probables las causas del fallo y los efectos y/o consecuencias que tienen las mismas sobre la máquina en estudio y por ende el proceso productivo. Todo ello, condujo a la explicación de las

actividades de mantenimiento preventivo y/o correctivo de los equipos críticos que se analizaron.

## **Diseño de Investigación**

La investigación asume un diseño no experimental, que se ajusta al diseño de proyecto factible.

### **Diseño no Experimental**

Con respecto a la definición Pallela y Martins (2010) expresan lo siguiente:

Es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observan las que existen. (p. 87).

De acuerdo a la definición, se consideró el diseño de la investigación no experimental, debido a la espontaneidad de los acontecimientos a analizar, tal es el caso de los tiempos improductivos ocasionados por las fallas de los equipos rotativos, las cuales se analizaron de acuerdo a como se presentaron en la realidad del campo operativo de mantenimiento.

Esta investigación se enmarcó bajo la modalidad de proyecto factible, por lo tanto a través del desarrollo de la investigación se construyó una propuesta para dar respuesta a la problemática planteada. (Véliz, 2005)

Con respecto al proyecto factible, el manual de la UPEL (2003) señala:

Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de las organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una investigación de tipo documental. De campo o un diseño que incluya ambas modalidades (p.16).

Bajo esta modalidad de investigación existe una alternativa de respuesta para atender necesidades a través del desarrollo de una propuesta, que toma en cuenta para su desarrollo el estudio de factibilidad económica, técnica y financiera de las organizaciones y a su vez permite determinar la posibilidad de elaborar la propuesta.

### **Paradigma que Sustenta la Investigación**

Tomando en cuenta los procedimientos documentales y de campo, la investigación se caracteriza bajo un Paradigma con Enfoque Positivista Cuantitativo, debido al requerimiento de consultas de datos, revisión de índices operativos y de mantenimiento, registros estadísticos de fallas y tiempos improductivos, además de la aplicación de guiones de entrevistas, que permitieron la recolección de la información que definirán el diagnóstico y análisis del tema de investigación.

Según Pallela y Martins (2010) “Las investigaciones planteadas atendiendo a los principios de una concepción positiva presuponen la aplicación de instrumentos para la recolección de datos que posteriormente se codifican, tabulan y analizan para concretar conclusiones.” (p.41).

## Técnicas e instrumentos de recolección de datos

### Técnicas

Con respecto a la definición de técnicas, Arias (1999) expresa lo siguiente:

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido. (p.53).

Al respecto se explicarán las técnicas que serán utilizadas en la investigación:

- **Observación:** consiste en capturar información, hechos, situaciones, fenómenos; producidos directamente de la naturaleza, sociedad, procesos, entre otros a través del sentido de la vista (Arias, 2006).

- **Entrevista:** se define como un diálogo o conversación “cara a cara” entre el entrevistador y el entrevistado referente a un tema de investigación preestablecido y conocido por el entrevistador, de tal manera que se pueda obtener la información requerida. La entrevista toma varias ventajas con respecto a otras técnicas:

- Puede indagar mayores aspectos y detalles referidos al tema de investigación.

- Según Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2010) “Casi siempre las entrevistas son individuales, aunque podrían aplicarse a un grupo pequeño (si esta fuera la unidad de análisis o caso). Es decir, el cuestionario lo responden entre todos sus miembros o parte de ellos.” (p.241).

- En la entrevista el tiempo en entrevistar a una sola persona es significativo, pues depende del grado de detalles e información que se indague.

La entrevista se clasifica en estructurada y no estructurada:

- **Entrevista estructurada o formal:** se realizó a través de una guía de entrevista prediseñada la cual contiene las preguntas que se realizarán de cara a cara con el entrevistado. (Arias, 2006).

Para nuestro caso de investigación la guía de entrevista no se utilizó para registrar las respuestas que dieron los entrevistados, se emplearon los formatos con las opciones de respuestas ordenadamente con la finalidad de analizar e interpretar los resultados más eficientemente.

- **Entrevista no estructurada o informal:** en esta técnica no se elabora una guía de entrevista prediseñada, la entrevista se realiza en función del objetivo de análisis de la investigación y las habilidades que debe tener el entrevistador para realizar preguntas objetivas y coherentes. (Arias, 2006).

## **Instrumento**

Con respecto a la definición de instrumentos Arias (1999), expresa lo siguiente:

Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplos: fichas, formatos de

cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de aptitudes y opinión (tipo likert), etc. (p.53).

De igual forma se explicarán los instrumentos que se utilizaron en la investigación:

- **Lista de cotejo o de chequeo:** conocida también como lista de verificación, permite indicar la presencia o ausencia de elementos o aspectos a ser observados.

- **Guía de entrevista:** En la investigación se utilizaron dos guías de entrevistas conformado por preguntas cerradas y con opciones de respuesta previamente delimitadas y codificadas; la primera guía de entrevistas se codificó con letras y la otra guía de entrevistas con números, esto permitió a los entrevistados acotarse a las alternativas de respuestas y de igual forma al entrevistador registrar los resultados en formatos diferentes para analizar eficientemente las respuestas en función de los requerimientos de la investigación. Hernández Sampieri et al. 2010.

- **Libreta de notas:** permite al investigador tomar notas de las observaciones de campo y/o los datos que se recopila al momento que se ejecuta la entrevista abierta sobre los detalles y respuestas de los entrevistados.

**Figura N° 5.** Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos



**Fuente.** Arias (2006). Tomado y Adaptado por Ruiz, E (2011)

## **Validez y Confiabilidad**

### **Validez del Contenido**

Ruiz (citado por Ramírez, 2007), indica que la validez del contenido debería estar orientado en función de los objetivos a fin de que los ítems sean representativos y midan lo que se quiera medir. Se deben obtener resultados efectivos; es por esto la importancia de la buena y adecuada estructuración del instrumento para garantizar óptima recolección de la información.

Para garantizar la validez del contenido del instrumento no basta solo con la convicción del investigador, además se debe demostrar para esto existe un mecanismo muy común denominado juicio de expertos o prueba de jueces.

Este procedimiento es básicamente cualitativo, sin embargo el autor afirma que puede hacerse en algunos rangos cuantitativos. En un principio se dice que el mecanismo es cualitativo debido al juicio de valor sobre la calidad de los ítems que deben tener en el contenido del instrumento. (*Ver anexo 1*)

Con respecto a la validez de expertos Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2010) señalan:

Se refiere al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con voces calificadas. Se encuentra vinculada a la validez del contenido y, de hecho, se consideró por muchos años como parte de ésta (p.204).

Ruiz (citado por Ramírez, 2007), sugiere contactar a dos jueces o expertos para validar el instrumento de manera independiente, de manera que aporten argumentos teóricos suficientes para estimar las bondades de los ítems. Dentro de las características o rasgos principales que deben evaluar los jueces o expertos son: la congruencia del ítem-rasgo o la variable

a medir, claridad en la redacción, sesgo o tendenciosidad en la formulación de los ítems.

- **Congruencia del ítem-rasgo o la variable a medir:** su presencia obedece al hecho de que a través de él, el investigador recoge un determinado dato o información de interés para el logro de los objetivos planteados.
- **Claridad en la redacción:** se deben evitar confusiones que pueden alterar los resultados y conducir al trabajador a extraer conclusiones falsas.
- **Sesgo o tendenciosidad en la formulación de los ítems:** se refiere al vicio de la tendenciosidad de las preguntas de los cuestionarios o en el caso de las entrevistas, es decir indudablemente que tal como esté redactada la pregunta y las alternativas de respuestas induce al entrevistado a emitir un juicio negativo.

Por lo antes expuesto cabe destacar que la validez de los instrumentos utilizados en la investigación se realizó mediante la evaluación de expertos.

Para esta investigación se utilizaron tres juicios de expertos, con conocimientos de metodología de la investigación y conocimientos respecto al tema Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

### **Confiabilidad del Instrumento**

Posteriormente, una vez validado los instrumentos fue necesario, antes de comenzar con la investigación de campo, determinar la confiabilidad de los guiones de entrevista estructurados, previamente diseñados y revisados. Para ello se realizó una prueba piloto, sobre un pequeño grupo de la población de estudio.

Con respecto a la confiabilidad Pallela y Martins (2010) expresan lo siguiente:

Su misión radica en contrastar hasta qué punto funciona el instrumento como se pretendía en un primer momento y verificar si las preguntas provocan la reacción deseada. Por ello, si es necesario, se han de eliminar ambigüedades y preguntas superfluas, añadir preguntas relevantes o cambiar el orden de éstas para agilizar el flujo de respuestas. (p.164).

La confiabilidad de los guiones de entrevista se apoyó mediante la aplicación de la prueba piloto, antes de iniciar el trabajo en campo, es decir

antes de aplicarlo. Por ello, una vez realizada la prueba piloto, los expertos revisaron los resultados para demostrar que cumplen con los siguientes aspectos para verificar que el instrumento funcionaba, para lo que fue diseñado:

- Verificaron si a través de los guiones de entrevista diseñados y revisados, se podía obtener información que responda a los objetivos de la investigación.
- Comprensión de las preguntas y aceptación por parte de las personas encuestadas.
- Fluidez del instrumento, al momento de entrevistar a las personas.
- Idoneidad de las respuestas cerradas, establecidas como opciones de respuesta.

### **Población y muestra**

Según Arias (1999) “la población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación.” (p.49).

Con respecto a la muestra es un “subconjunto representativo de un universo o población.” (IBIS 1999, p.49).

Para el desarrollo de esta investigación se consideró que la población de estudio estaría conformada por:

### **Población objeto**

Se refiere a todos los equipos que conforman el área de secado de la máquina tissue seis y la muestra o subconjunto representativo de esta población fue determinada a través de un análisis de criticidad.

### **Población sujeto**

Conformada por el personal de operaciones y mantenimiento, debido a que estaban involucrados directamente con la investigación y como muestra se tomó el personal de turno normal el cual estaba conformado por mano de obra especializada del área de mecánica, soldadores, analistas de mantenimiento preventivo, operadores, ayudantes secanteros, supervisores y jefes de áreas.

**Tabla N° 7.** Población en Estudio del Área de Operaciones y Mantenimiento

<b>Personal</b>	<b>Nº de personas</b>
Mano de obra especializada de mantenimiento	10
Operadores y ayudantes secanteros	6
Supervisores	3
Jefes de áreas	3
<b>Total</b>	<b>22</b>

**Fuente.** Ruiz (2011)

Para el estudio se consideró el tamaño de la muestra igual al tamaño de la población tal como lo sustenta Rivas (2011) "...cuando la población es pequeña, incluso se puede tomar a toda la población dentro de la muestra. Es decir la población es igual a la muestra y en este caso no es necesario hacer uso de fórmulas estadísticas."

### **Etapas de la Investigación**

A continuación se muestran las etapas de manera lógica, que dieron como resultado el cumplimiento de los objetivos específicos y por ende el desarrollo de la propuesta planteada en la investigación:

**1. Revisión bibliográfica:** inicialmente se realizó revisión bibliográfica de las bases teóricas que sustentan la investigación, cabe destacar que la información está enfocada al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC), la cual nos permitirá apoyarnos documentalmente para el desarrollo de la propuesta. La revisión de trabajos previos, revistas, documentos y libros impresos y electrónicos, nos permitió conocer y comprender las herramientas teóricas necesarias para la construcción de la propuesta.

En primera instancia se analizó e interpretó el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad como un proceso sistemático y analítico y que depende esencialmente de la metodología AMEF “Análisis de Modos y Efectos de Fallas”, y como fase predecesora el análisis de criticidad para la determinación de los equipos críticos del sistema en estudio.

**2. Revisión documental:** se utilizaron varias técnicas e instrumentos, para la recopilación, organización y análisis de información registrada en carpetas, cuadernos y computadoras, de esta manera se podrá conocer parte de la situación actual de la máquina. En la primera fase se recolectaron datos en la Gerencia de Mantenimiento (Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento) y la Gerencia de Operaciones (Departamento de

Fabricación) sobre tiempos perdidos por mantenimiento correctivo y la frecuencia de falla de los equipos; con esta data se pretende conocer de manera general la magnitud de la problemática planteada.

Seguidamente, se procedió a realizar una clasificación de los equipos por fase del proceso de fabricación del papel con la finalidad de determinar cuál es el área o fase del proceso que amerita mayor atención o necesidad de aplicar el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).

*Es importante destacar que la investigación documental y de campo estuvo presentes durante todo el desarrollo del trabajo.*

**3. Observación directa:** una vez determinada el área crítica del proceso se utilizaron técnicas de observación y como soporte el instrumento lista de cotejo o verificación que se aplicó dentro de planta, en esta fase se pretendió verificar cuales equipos pertenecían al área de estudio pero no estaban presentes en la data registrada y analizada, la idea primordial de esta verificación era incorporar los equipos en el listado de la fase del proceso de fabricación de papel en estudio, la razón era no dejar desapercibido ningún equipo para que todos tuvieran la probabilidad de ser analizados en la fase siguiente.

**4. Identificación de equipos críticos del área de estudio:** en esta etapa de la investigación se pretendía priorizar los equipos que se analizarían posteriormente para la construcción del plan de mantenimiento preventivo.

Para ello se realizó un análisis de criticidad, en el cual se evaluó para cada equipo del área de estudio, los siguientes factores: seguridad industrial y medio ambiente, calidad, tasa de ocupación, oportunidad de producción, frecuencia de falla, costos asociados; es importante resaltar que se utilizó la técnica entrevista estructurada en grupo, apoyado con un guión de entrevista prediseñado el cual permitió evaluar cada factor de criticidad, con respecto al factor frecuencia de falla se obtendrá a través de una revisión de data documental.

Seguidamente se cargaron los datos obtenidos en una tabla denominada Matriz de criticidad, elaborada en Excel con una formulación prediseñada esto fue tomado y adaptado del Manual de Calidad SKF Venezolana Procedimiento de Gestión PG-600 de Servicios Contratos IMS (2005); a través de esta fórmula se obtuvieron como resultado el listado de equipos críticos.

**5. Aplicación de la Metodología Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF):** como insumo de entrada para el desarrollo de esta metodología sistemática de análisis de modos y efectos de fallas fue la identificación de

los equipos críticos del sistema. A continuación se describen las técnicas e instrumentos necesarios para el desenvolvimiento del AMEF:

- La identificación de las funciones se hizo a través de una revisión documental de los diagramas de flujo del proceso, catálogos, manuales de fabricantes y fichas técnicas; además de las entrevistas no estructuradas al personal mano de obra especializada de mantenimiento, operadores y ayudantes secanteros, supervisores y jefes de áreas.
- Los modos de falla, efectos de falla y causas del fallo se consiguieron a través de la revisión de fichas técnicas, libro de novedades, carpetas de tiempos perdidos registrados por producción y data de mantenimiento correctivo registrado por el Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento; además de realizar entrevistas no estructurada con la intención de recabar información que por alguna razón u otra no se encuentra documentada.
- Finalmente se empleó una entrevista estructurada en grupo sustentada a través de un guión de entrevista que permitió obtener efectivamente los índices de gravedad o severidad de falla, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de no detección. Toda la información recabada se registró en una hoja de información de Análisis de Modos y Efectos de Falla para cada equipo crítico.

## **6. Construcción del Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en**

**Confiabilidad:** una vez realizados los Análisis de Modos y Efectos de Fallas, para cada equipo del área de secado se extrajeron las acciones recomendadas las cuales se clasificaron en tareas preventivas, predictivas y correctivas; posteriormente se definió la frecuencia de mantenimiento a través de los registros estadísticos de falla y las recomendaciones del fabricante del equipo. Con lo anteriormente expuesto se realizó el diseño y elaboración del Plan de Mantenimiento Preventivo, para el cual se inició con la elaboración de las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo que estaban conformadas principalmente por: nombre del equipo, acción y/o tareas de mantenimiento recomendadas, mano de obra responsable (mecánicos, lubricadores, analistas de mantenimiento predictivo-preventivo, torneros), frecuencia de mantenimiento, tiempo de ejecución, materiales e insumos.

Cabe destacar que el Plan se apoyó a partir de programas anuales de mantenimiento preventivo, los cuales estaban conformados por el nombre del equipo, códigos de las instrucciones técnicas de mantenimiento, frecuencia de mantenimiento y la escala del año dividido convenientemente de acuerdo en días, semanas, meses y años. La intención de los programas es hacer seguimiento y control de las actividades que se programan y las que se ejecutan; con ello se pretende tener un instrumento que sirva de guía para la planificación de las tareas de mantenimiento y cumplimiento del Plan.

## **CAPITULO IV**

## **DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS**

En el diagnóstico de los equipos rotativos existentes en la máquina tissue seis, se realizó investigación documental y de campo, en la cual se revisó y analizó la data suministrada por el departamento de Planificación y Control de Mantenimiento y el departamento de Fabricación, de igual forma se recopilaron datos directos de la Máquina Tissue seis.

### **Revisión documental**

En primera instancia se inició con la recopilación de la data inherente a tiempos perdidos o improductivos, registrados por las Gerencias de operaciones y mantenimiento, con la finalidad de cuantificar las horas de fallas y el número de fallas de cada equipo. De la data se obtuvieron datos que especifican el año, fecha, equipo que falló, departamento de servicio que intervino la falla, falla funcional, pieza que falló, descripción breve de la acción correctiva ejecutada por mantenimiento, tiempo de reparación del equipo.

A continuación se muestran los registros suministrados por las gerencias de operaciones y mantenimiento, estos datos servirán en primera instancia para determinar cual fase del proceso de fabricación del papel representa mayor tiempo perdido y frecuencia de fallas, posteriormente se

realizará el análisis de la primera fase del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad denominada análisis de criticidad, insumo necesario para la investigación, ya que de aquí se desprenderá el listado de equipos rotativos para desarrollar la siguiente fase del proceso RCM denominada “Análisis de Modos y Efectos de Fallas”

**Tabla Nº 8:** Tiempos perdidos de la Máquina Tissue seis “División Higiénicos”

AÑO	FECHA	EQUIPO	DPTO. SERVICIO	FALLA FUNCIONAL	PIEZA QUE FALLO	ACCIÓN TOMADA	TIEMPO, (min)
2010	3-Enero	Jet viajero	Mecánica	Interfiere en el corte del papel	Niple de tubería	Cambio de niple de la tubería	<b>30</b>
2010	4-Enero	Jet viajero	Mecánica	Interfiere en el corte del papel	Tubería de alimentación de agua	Cambio de tubería de alimentación de agua	<b>141</b>
2010	5-Enero	Primera Prensa	Electrónica	Se detiene la prensa e interrumpe el proceso de formación de papel.	Tarjeta electrónica del drive.	Reemplazo de tarjeta electrónica del drive de prensa.	<b>160</b>
2010	6-Enero	Primera Prensa	Electrónica	Se detiene la prensa e interrumpe el proceso de formación de papel.	Tarjeta electrónica del drive.	Reemplazo de tarjeta electrónica del drive de prensa.	<b>45</b>
2010	10-Enero	Motor de la bomba de vacío # 1.	Mecánica	Detiene el proceso de fabricación de papel.	****	Cambio de motor por 053-0193	<b>120</b>
2010	10-Enero	Motor de la bomba de vacío # 1.	Electricidad	Detiene el proceso de fabricación de papel.	Estator	Cambio de motor por 053-0193	<b>120</b>
2010	18-Enero	Motor del rollo retorno de la malla	Electrónica	Sobre carga en los parámetros del drive.	Drive	Resetear drive	<b>140</b>
2010	20-Enero	Rollo guía de la malla	Instrumentación	No tensa la malla	Guía	Cambio del regulador de alimentación del rollo guía	<b>95</b>
2010	26-Enero	Segunda prensa	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Shell	Cambio de segunda prensa	<b>150</b>
2010	29-Enero	Bomba del tanque 3	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Rodamientos, estopera, empackadura, eje y bocina.	Se termina el mantenimiento y se activa el funcionamiento.	<b>665</b>

**Tabla Nº 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO, (min)</b>
2010	30-Enero	Bomba del tanque 3	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Rodamientos, estopera, empackadura, eje y bocina.	Cambio de rodamientos, estopera, fabricación de bocina, limpieza de eje para dar la medida según bocina, fabricación de cuña, limpieza de plato de sello y cambio de empackadura)	<b>310</b>
2010	1-Febrero	Caja cabecera	Instrumentación	Disminuye la eficiencia en la fabricación de papel.	Repetidor de presión	Cambio de transmisión del repetidor de presión.	<b>45</b>
2010	2-Febrero	Caja cabecera	Instrumentación	Disminuye la eficiencia en la fabricación de papel.	Repetidor de presión	Ajuste de transmisión del repetidor de presión	<b>90</b>
2010	3-Febrero	Jet viajero	Mecánica	Influye en el pase de papel en el reel	Cadena	Reparación de la cadena	<b>80</b>
2010	8-Febrero	Motor rolo retorno	Electricidad	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Embobinado	Cambio de motor	<b>332</b>
2010	15-Febrero	Yankee	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel	Transmisión del yankee	Reparación de la transmisión del yankee: cambio de 02 Rod. 22228, 02 manguitos de fijación HA 3128, preparación de empackaduras para protector de la corona del yankee, reparación de eje, lubricación del sistema.	<b>630</b>

**Tabla N° 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO, (min)</b>
2010	17-Febrero	Yankee	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Transmisión del yankee	Reparación de la transmisión del yankee.	<b>600</b>
2010	18-Febrero	Primera prensa	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.	Caja de vacío	Cambio de primera prensa	<b>180</b>
2010	18-Febrero	REEL	Electricidad	Disparo del reel			<b>15</b>
2010	18-Febrero	Yankee	Instrumentación	Problemas de humedad (diferencial del yankee)	Bomba		<b>40</b>
2010	19-Febrero	Reel	Electricidad	Disparo del drive reel	Drive	Reseteo y arranque	<b>30</b>
2010	21-Febrero	Primera Prensa	Mecánica	Problemas de vacío	Backelitas lado banda	Mover decker de la caja de primera prensa y decker.	<b>60</b>
2010	15-Marzo	Reel	Electricidad	Disminución de la eficiencia	Sobrecarga en el motor del reel.	Reseteo.	<b>35</b>
2010	17-Marzo	Jet de corte	Mecánica		Jet corta tira	Cambiar jet corta tira	<b>45</b>
2010	18-Marzo	Reel	Mecánica				<b>70</b>
2010	18-Marzo	Bomba dosificadora del coating	Instrumentación	No bombea químico al proceso.		Limpieza de bomba y revisión.	<b>44</b>
2010	9-Abril	Regadera del rollo del tensor del fieltro	Mecánica		Regadera	Soldar base de la regadera	<b>120</b>

**Tabla N° 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO, (min)</b>
2010	10-Mayo	Bomba de vacío n° 3	Mecánica	Disminución de velocidad por no tener operativa la bomba de vacío	Conos 74550, copa doble 74851	Reparación de la tapa de rodamiento, mecanizado de busing para polea, mecanizado de manguito y cuñero, cambio de conos, copas, manguito, arandelas, tuercas.	<b>400</b>
2010	11-Mayo	Bomba de vacío n° 3	Mecánica	Disminución de velocidad por no tener operativa la bomba de vacío	Conos 74550, copa doble 74851	Reparación de la tapa de rodamiento, mecanizado de busing para polea, mecanizado de manguito y cuñero, cambio de conos, copas, manguito, arandelas, tuercas.	<b>171</b>
2010	11-Mayo	Bomba de vacío n° 3.	Mecánica	Disminución de velocidad por no tener operativa la bomba de vacío	Conos 74550, copa doble 74851	Reparación de la tapa de rodamiento, mecanizado de busing para polea, mecanizado de manguito y cuñero, cambio de conos, copas, manguito, arandelas, tuercas.	<b>38</b>
2010	13-Mayo	Bomba de vacío n° 3	Mecánica	Disminución de velocidad por no tener operativa la bomba de vacío	Conos 74550, copa doble 74851	Reparación de la tapa de rodamiento, mecanizado de busing para polea, mecanizado de manguito y cuñero, cambio de conos, copas, manguito, arandelas, tuercas.	<b>170</b>
2010	24-Mayo	Motor de circulación (zona del air cap)	Mecánica	Disminución de velocidad de la máquina	Bobina del motor	Cambio de motor	<b>119</b>

**Tabla N° 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO , (min)</b>
2010	24-Mayo	Motor de circulación (zona del air cap)	Electricidad	Disminución de velocidad de la máquina	Bobina del motor	Cambio de motor	<b>119</b>
2010	3-Junio	Fan Pump	Electricidad				<b>310</b>
2010	6-Junio	Motor del rolo retorno	Electricidad	Disparo			<b>95</b>
2010	8-Junio	Segunda prensa	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel	Goma	Cambio de segunda prensa	<b>120</b>
2010	15-Junio	Brazo secundario	Mecánica				<b>25</b>
2010	17-Junio	Motor del rolo retorno	Electricidad	Sobre carga		Reseteo de drive	<b>60</b>
2010	18-Junio	Reductor del rolo de pecho.	Mecánica	Baja velocidad por ausencia de funcionamiento del rolo de pecho	Daños mecánicos del reductor	Adaptación de reductor: preparación de base y mecanizado de acople para reductor.	<b>40</b>
2010	18-Junio	Foil pick up	Mecánica		Tornillos	Alineación del foil pick up	<b>10</b>
2010	3-Julio	Motor de circulación air-cap	Electricidad	Disminución de velocidad de la máquina	Bobina del motor	Cambio de motor	<b>240</b>
2010	6-Julio	Bomba de vacío N° 3	Mecánica				<b>50</b>

**Tabla N° 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO, (min)</b>
2010	6-Julio	Motor de la bomba de vacío #3	Electricidad	Corto-circuito (Baja velocidad por no tener operativa la bomba de vacío n° 3)	Embobinado	Se colocaron flanges para desmontar motor.	<b>390</b>
2010	7-Julio	Grúa	Mecánica	Falla Mecánica en la grúa			<b>25</b>
2010	7-Julio	Bomba de vacío #3	Electricidad	Baja velocidad por no tener operativa la bomba de vacío n° 3	Conector		<b>95</b>
2010	28-Julio	Foil pick up	Mecánica	Detiene el proceso de fabricación de papel.	Falla mecánica en el pasador del foil pick up (se partieron)	Se cambiaron los pasadores del lado frente	<b>30</b>
2010	29-Julio	Foil pick up	Mecánica	Se detiene el proceso de fabricación de papel.			<b>125</b>
2010	4-Agosto	Foil pick up	Mecánica	Se detiene fabricación de papel	Tornillos	Reemplazo de tornillos	<b>98</b>
2010	4-Agosto	Jet viajero	Electrónica	No se detiene al accionarlo		Cambio de sensors	<b>90</b>
2010	27-Agosto	Bomba Dosificadora	Instrumentación	No bombea al químico al proceso.		Limpieza de bomba y revisión.	<b>25</b>
2010	2-Septiembre	Motor del rollo retorno	Electricidad	Sobre carga			<b>115</b>

**Tabla Nº 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO, (min.)</b>
2010	3-Septiembre	Bomba Dosificadora	Instrumentación	No bombea químico al proceso.		Limpieza de bomba y revisión.	<b>85</b>
2010	7-Septiembre	Bomba de los Jets de Corte	Mecánica	Falla mecánica			<b>315</b>
2010	10-Septiembre	Bomba de agua caliente	Mecánica				<b>60</b>
2010	11-Septiembre	Jet viajero	Mecánica				<b>110</b>
2010	13-Septiembre	Bomba Dosificadora	Instrumentación	No bombea químico al proceso.		Limpieza de bomba y revisión.	<b>29</b>
2010	21-Septiembre	Motor de rollo de pecho	Electricidad	Recalentamiento	Motor de rollo de pecho	Ajuste de parámetros.	<b>225</b>
2010	23-Septiembre	Motor rollo retorno	Electricidad	Se detiene el proceso de fabricación de papel.			<b>85</b>
2010	29-Septiembre	Motor de la bomba de recirculación	Mecánica	Disparo del Motor			<b>240</b>
2010	6-Octubre	Brazos primarios	Mecánica		Se soldó brazos primarios		<b>18</b>
2010	21-Octubre	Cardan	Electricidad				<b>90</b>
2010	30-Octubre	Yankee spray	Instrumentación		Regulador de presión	Se regula la presión. Revisión.	<b>32</b>
2010	31-Octubre	Rodillo guía	Instrumentación				<b>105</b>
2010	4-Noviembre	Colador Rotativo	Mecánica	Detiene proceso el de fabricación de papel.	Se partieron los tornillos del aro de sujeción de la cesta.	Cambio de orings, calibración de paletas y reposición de tornillos del aro de sujeción de la cesta.	<b>690</b>
2010	5-Noviembre	Colador Rotativo	Mecánica	Detiene proceso el de fabricación de papel.	Se partieron los tornillos del aro de sujeción de la cesta.	Cambio de orings, Fabricación de bocina y reposición de tornillos del aro de sujeción de la cesta.	<b>900</b>

**Tabla N° 8: (Cont.)**

<b>AÑO</b>	<b>FECHA</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>DPTO. SERVICIO</b>	<b>FALLA FUNCIONAL</b>	<b>PIEZA QUE FALLO</b>	<b>ACCIÓN TOMADA</b>	<b>TIEMPO , (min)</b>
2010	8- Noviembre	Bomba de recirculación	Electricidad				<b>30</b>
2010	13- Noviembre	Segunda prensa	Mecánica	Detiene el proceso de fabricación de papel.	Junta rotativa	Cambio de la junta rotativa.	<b>85</b>
2010	15- Noviembre	Bomba Dosificadora	Instrumentación	No bombea químico al proceso.		Revisión	<b>40</b>
2010	20- Noviembre	Motor de la Primera prensa	Electricidad	Detiene el proceso de fabricación de papel.	Motor		<b>185</b>
2010	25- Noviembre	Reel	Electrónica				<b>25</b>
2010	16- Diciembre	Bomba Dosificadora	Instrumentación				<b>45</b>
2010	22- Diciembre	Bomba Dosificadora	Instrumentación				<b>90</b>

**Fuente.** Tomado y adaptado del Registro de Tiempos Perdidos del Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010).

## **Clasificación de tiempos perdidos y frecuencia de fallas por fase del proceso**

Antes de iniciar con el análisis de los datos es importante señalar que el proceso de fabricación del papel de la máquina tissue seis comprende cinco fases o etapas denominadas: mezclado, formación, refinación, secado y embobinado, es por ello que a partir de la data recopilada se realizó una clasificación de los equipos por cada fase del proceso, además se cuantificó el tiempo perdido y frecuencia de fallas para cada equipo. Esta clasificación se ilustra en la tabla N° 9: Clasificación de tiempos perdidos y frecuencia de fallas por fase del proceso.

Esta clasificación permitió obtener el área o fase del proceso con mayor cantidad de horas improductivas y por ende determinar cual área, amerita necesidad inmediata de aplicar el proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, para la clasificación de los equipos, fue necesario apoyarse en un listado de equipos de la máquina tissue seis, suministrado por los analistas de mantenimiento predictivo, donde además también se utilizó la técnica de la observación directa y el conocimiento del personal de operaciones y mantenimiento para la incorporación de equipos que no se encontraban documentados.

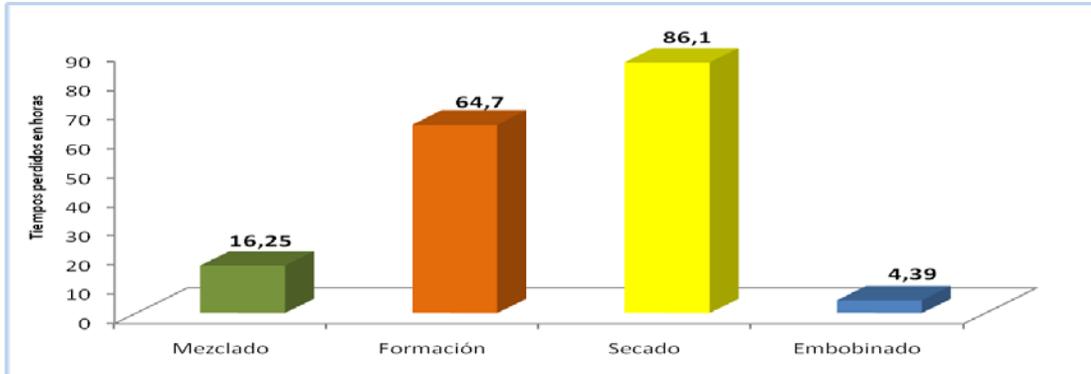
A continuación se muestra la clasificación de tiempos perdidos y frecuencia de fallas por fase del proceso, esta se realizó a partir de la data en estudio para el año 2010.

**Tabla N° 9.** Clasificación de tiempos perdidos y frecuencia de fallas por fase del proceso

Fase del proceso	Equipos	Tiempos Perdido en horas	Nº de Fallas	% Tiempos Perdidos
Mezclado	Bomba del tanque 3	16,25	1	9,48
	<b>Total</b>	<b>16,25</b>	<b>1</b>	
Formación	Colador rotativo	26,50	1	37,74
	Motor de la bomba de vacío n° 1	4,00	1	
	Motor del rolo retorno de la malla	13,78	6	
	Bomba de los jets de corte	5,25	1	
	Motor del rolo de pecho	4,42	2	
	Motor de la bomba de recirculación	4,00	1	
	Rollo guía de la malla	3,33	2	
	Caja de cabecera	2,25	1	
	Reductor del rolo de pecho	0,67	1	
	Bomba de recirculación	0,50	1	
<b>Total</b>	<b>64,70</b>	<b>17</b>		
Secado	Transmisión del yankee	20,50	1	50,22
	Bomba de vacío n° 3	12,40	2	
	Segunda prensa	10,68	4	
	Motor de circulación air cap	9,95	2	
	Jet viajero	7,52	5	
	Primera prensa	7,42	4	
	Motor de la bomba de vacío n° 3	6,50	1	
	Foil pick up	4,38	4	
	Motor de la primera prensa	3,08	1	
	Capota	3,00	1	
	Bomba del yankee	0,67	1	
	<b>Total</b>	<b>86,10</b>	<b>26</b>	
Embobinado	Reel	2,92	5	2,56
	jet de corte	0,75	1	
	Brazos secundarios	0,42	1	
	Brazos primarios	0,30	1	
	<b>Total</b>	<b>4,39</b>	<b>8</b>	
<b>Total</b>		<b>171,44</b>	<b>52</b>	<b>100</b>

Fuente. Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

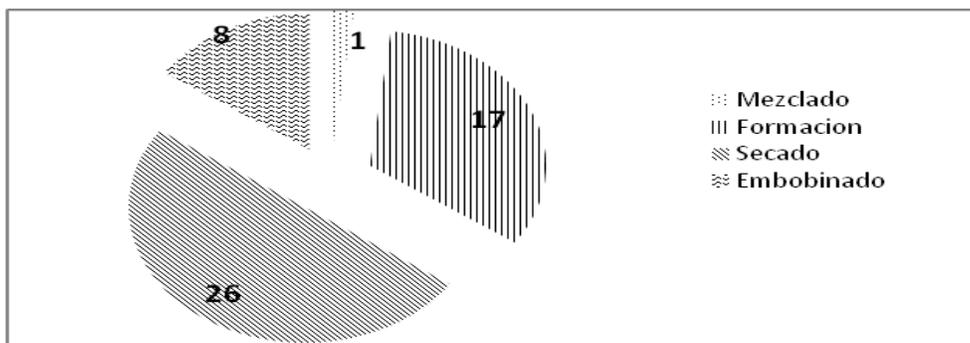
**Figura N° 6.** Tiempos perdidos por fase del proceso de fabricación del papel



**Fuente.** Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

Una vez clasificada la data en la tabla N° 9, se determinó el área de secado con mayor tiempo improductivo en la cual se cuantificó 86,10 horas, seguidamente para el área de formación 64,70 horas, y con respecto al tiempo total de la máquina tissue seis, representan el 50,22% y 37,74% respectivamente, considerándose en orden de prioridades para estudiar a través del Proceso de mantenimiento Centrado en Confiabilidad, en primer lugar el área de secado y posteriormente el área de formación.

**Figura N° 7.** Número de fallas por fase del proceso



**Fuente.** Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

Por otra parte el gráfico de tortas ilustra el número de fallas para cada fase del proceso y se puede apreciar que el área de secado representa la mayor proporción, con un total de 26 fallas cuantificadas para los equipos rotativos que se analizaron el año 2010, seguidamente el área de formación con un total de 17 fallas.

### **Tiempos Perdidos por Departamento de Servicio “Área de Secado de la Máquina Tissue N° 6”**

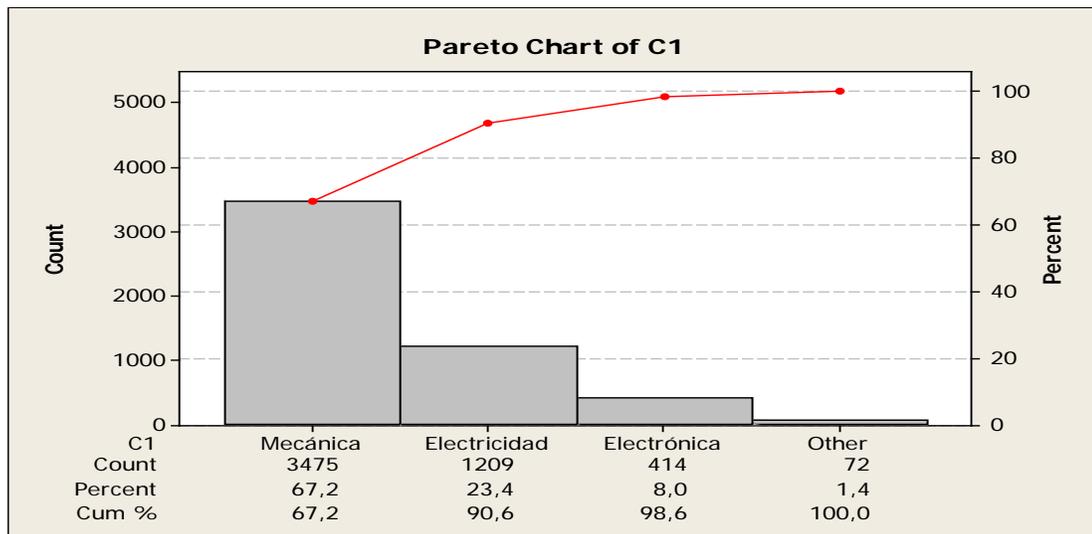
A partir de la data se analizaron también otros aspectos importantes en la investigación, estos nos permitieron determinar cual departamento de servicio de mantenimiento tiene mayor número de fallas, para esto se utilizó Microsoft Excel para filtrar en el área de secado el tiempo perdido por departamento de servicio; además de utilizar la herramienta estadística minitab 14 para elaborar el gráfico de pareto y establecer orden de prioridades. A continuación se ilustra la tabla de valores con la que se construirá el gráfico de pareto por departamento de servicio.

**Tabla N° 10:** Tiempos Perdidos por Departamento de Servicio “Área de Secado de la Máquina Tissue N° 6”

Departamento de Servicio	Tiempo Perdido en minutos	Tiempo Perdido en horas	Tiempo Perdido (%)
Mecánica	3475	57,91	67,20
Electricidad	1209	20,90	23,40
Electrónica	414	7,20	8,00
Instrumentación	72	1,58	1,40
Total	5170	86,16	100

**Fuente.** Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

**Figura N° 8:** Gráfico de Pareto Tiempos Perdidos por Departamento de Servicio “Área de Secado de la Máquina Tissue N° 6”



**Fuente.** Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

Con respecto a los datos registrados por departamento de servicio se obtuvo 57,91 horas de tiempo perdidos para el departamento de mecánica, 20,90 horas para el departamento de electricidad, y con respecto a toda la gestión de servicio de mantenimiento representan 67,20% y 23,40% respectivamente, considerándose estas dos áreas de servicios, en orden de prioridades a atender, en primer lugar se encuentra la gestión de mantenimiento mecánico como la más crítica. De acuerdo a los valores registrados y analizados, para el Diseño del plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis, se estudiará para la metodología del Análisis de Modos y efectos de fallas, los modos de fallas inherentes al área de mecánica y por ende se obtendrán para el plan acciones preventivas y/o correctivas correspondientes a esta área.

Sin embargo es importante considerar para estudios posteriores, la realización de un trabajo similar para el departamento de electricidad, debido a que en orden de prioridades, se encuentra en segundo lugar como el departamento que más tiempo perdido registró. Es por ello la importancia de atención para los modos de fallas eléctricas, a efectos de determinar también acciones preventivas y/o correctivas que ayuden a mitigar las fallas y contribuya a la optimización de la fase de secado y por ende de la máquina tissue seis.

Antes de dar inicio al análisis de equipos críticos del área de secado se realizó la observación directa en planta esto se apoyó con un listado de equipos general de la máquina tissue, en el cual se revisó equipo por equipo

y se comparó con la data registrada y analizada del 2010, en esta fase se incorporaron equipos que no estaban clasificados en la fase del secado, todo esto con la intención de tener la población de equipos en estudio completa y por ende analizarlos en las demás fases de la investigación.

### **Análisis de equipos críticos**

Para dar continuidad en la consecución de datos e información en la investigación y enmarcados dentro de la filosofía del Mantenimiento Centrado en confiabilidad, una vez diagnosticada el área de secado como prioridad y haber levantado un inventario de los equipos de secado se realizó un análisis de criticidad y se identificaron los equipos con criticidad alta, criticidad media y criticidad baja dentro del sistema productivo.

El análisis de equipos críticos se realizó a través de un guión de entrevista aplicada al personal de mantenimiento y operaciones (*Ver anexo 2*), esto permitió la evaluación de varios factores como: Seguridad industrial y medio ambiente, calidad, tasa de ocupación del equipo, oportunidad de producción, frecuencia de fallas y costos asociados. De igual forma se evaluaron las consecuencias que pudieran causar estos factores dentro del sistema productivo.

Es necesario especificar que se evaluó para cada equipo seis factores y por cada uno se especificó una letra que corresponde al riesgo y las

consecuencias, donde la letra A se refiere alto riesgo, la letra B medio riesgo y la letra C bajo riesgo. Los resultados de la entrevista se reflejan en unas tablas (*Ver anexo 3*), en el mismo se puede visualizar que se entrevistaron 20 personas, obteniéndose como resultados respuestas diferentes en la evaluación para cada equipo rotativo y por cada factor evaluado, sin embargo se tomó como consideración para la determinación del riesgo para cada factor y para cada equipo rotativo, un consenso sobre la mayoría de las respuestas obtenidas.

Una vez definido para cada equipo rotativo el riesgo por cada factor se pudo determinar la criticidad del equipo, tal como se muestra en la última columna denominada criticidad general de la tabla 11, y esta fue calculada mediante una ecuación lógica en excel que fue tomada del Manual de Calidad de SKF Procedimiento de Gestión PG-600, y se sustenta en el flujograma para determinar el nivel de criticidad de los equipos rotativos.

A continuación se muestra la ecuación lógica utilizada:

```
=SI(SHE/HSE="A";"A";SI(CALIDAD="A";"A";SI(TASA DE OCUPACIÓN="C";SI(OPORTUNIDAD DE PRODUCCIÓN="C";"C";SI(FRECUENCIA DE FALLA="C";"C";SI(COSTOS ASOCIADOS="C";"C";"B")));SI(OPORTUNIDAD DE PRODUCCIÓN="A";SI(FRECUENCIA DE FALLA="A";SI(COSTOS ASOCIADOS="A";"A";"B"));SI(COCTOS
```

ASOCIADOS="C";"C";"B"));SI(FRECUENCIA DE FALLA="C";"C";SI(COSTOS ASOCIADOS="C";"C";"B"))))))

A continuación se muestran los datos obtenidos del análisis de criticidad:

**Tabla Nº 11:** Matriz de criticidad del Área de Secado Máquina Tissue seis.

**MATRIZ DE CRITICIDAD**

Código	Nombre del Equipo	Nivel de Impacto						
		SHE / HSE	Calidad	Tasa de Ocupación	Oport. de Producción	Frec. de Falla	Costos Asociados	Criticidad General
S/C	Bomba separador de condensado	B	C	A	C	C	B	C
S/C	Motor de la bomba separador de condensado	B	C	A	C	C	B	C
S/C	Bomba del tanque de agua fresca	B	A	A	C	C	B	A
S/C	Motor de la bomba del tanque de agua fresca	B	A	A	C	C	B	A

**Tabla Nº 11: (Cont.)**

## MATRIZ DE CRITICIDAD

Código	Nombre del Equipo	Nivel de Impacto						
		SHE / HSE	Calidad	Tasa de Ocupación	Oport. de Producción	Frec. de Falla	Costos Asociados	Criticidad General
S/C	Bomba de alta presión regadera del fieltro	B	A	A	C	B	A	A
S/C	Motor de la bomba de alta presión regadera del fieltro	B	A	A	C	B	A	A
S/C	Primera prensa	A	A	A	A	A	A	A
S/C	Motor/ reductor de la primera prensa	B	A	A	A	B	A	A
S/C	Segunda prensa	A	A	A	A	A	A	A
S/C	Motor/ Ventilador de combustión air cap	B	A	A	C	C	A	A
S/C	Motor/ Ventilador de circulación del air cap	B	A	A	C	C	B	A
S/C	Motor del sistema oscilador de las cuchillas del yankee	B	A	A	A	C	B	A
S/C	Bomba de lubricación del yankee	B	A	A	A	C	C	A
S/C	Motor de la bomba de lubricación del yankee	B	A	A	A	C	C	A
S/C	Transmisión del yankee	A	A	A	A	B	A	A
S/C	Motor/reductor de la transmisión del yankee.	A	A	A	A	B	A	A
S/C	Cilindro secador	A	A	A	A	C	A	A
S/C	Bomba de vacío N° 3	B	A	A	A	A	A	A
S/C	Motor de la bomba de vacío N° 3	B	A	A	A	B	A	A

Tabla N° 11: (Cont.)

## MATRIZ DE CRITICIDAD

Código	Nombre del Equipo	Nivel de Impacto						
		SHE / HSE	Calidad	Tasa de Ocupación	Oport. de Producción	Frec. de Falla	Costos Asociados	Criticidad General
S/C	Jet viajero	B	C	A	C	A	B	B
S/C	Bomba de vacío N° 2	B	A	A	A	C	A	A
S/C	Motor de la bomba de vacío N° 2	B	A	A	A	C	A	A
S/C	Reductores actuadores del sistema de subir y bajar el foil pick up	A	A	A	A	A	A	A
S/C	Reductores actuadores del sistema de subir y bajar la capota	A	A	A	A	B	A	A

**Fuente.** Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento (2010)

Los equipos con la letra A, son los que representan los niveles de riesgos más altos y su criticidad es alta, por lo tanto se considerarán para el análisis de modos y efectos de fallas, en los cuales se enfocarán los recursos para el diseño del plan de mantenimiento preventivo específicamente en el área de mantenimiento mecánico.

**Aplicación de la Metodología Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF):**

Para la construcción de la propuesta *“Diseño de un plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis”*, fue necesario iniciar con el desarrollo de la metodología Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), en el cual se tuvo como insumo principal la matriz de criticidad, que registra los equipos críticos a analizar. Para ello se inició con la búsqueda de información documental en textos e informes de la máquina papelera, fichas técnicas, registros de tiempos perdidos generados por el departamento de planificación y control de mantenimiento y la gerencia de operaciones, otros documentos.

De la información documentada, se identificaron los modos de fallos para cada equipo y funciones, sin embargo no existía registrado casi nada en lo que respecta a: efectos y/o consecuencias del fallo, causas del fallo y algunas de las funciones de los equipos, por lo que se procedió a realizar entrevistas no estructuradas al personal de mantenimiento y de operaciones. La entrevista se inició una vez se identificó y se organizó para cada equipo del área de secado el sistema, sub-sistema, función del equipo y modos de fallos. Posteriormente se fue analizando para cada modo de falla, las consecuencias y/o efectos del fallo y las causas que originan o hacen que se genere el modo de fallo.

Los AMEF elaborados para cada equipo crítico en estudio, comprenden sustancialmente la información (*Ver anexo 4*):

Una vez recolectada y organizada esta información en un formato en Excel descrito en la tabla N° 3: Pasos necesarios para la aplicación del método AMEF, se procedió a realizar entrevista estructurada, a través de un guión de entrevista (*Ver anexo 5*) que permitió obtener los índices de severidad del fallo, probabilidad de ocurrencia y probabilidad de no detección, con ello se calculó el número de prioridad de riesgo, para dar lugar a las acciones de mantenimiento preventivo recomendadas.

Obteniéndose como resultado 212 NPR cuantificados para todos los efectos del fallo de los equipos críticos en estudio. De los cuales se cuantificó que la prioridad del NPR, se encuentra entre riesgo de falla bajo y riesgo de falla medio.

En el riesgo de falla medio comprendidos entre el rango de (125-499), se cuantificaron 17 NPR lo que representa el 8,02 % del total.

Con respecto a la diferencia, el riesgo de falla bajo que está comprendido entre el rango de (1-124), se cuantificaron 195 NPR lo que representa el 91,98% del total.

Sin embargo, a pesar de que el 91,98% de los NPR, representan riesgo de falla bajo, también se consideraron importantes para la propuesta de acciones preventivas los valores obtenidos de los índices de gravedad o

severidad del fallo y la probabilidad de ocurrencia, aunque el resultado del NPR haya sido bajo.

De los resultados se obtuvieron los siguientes porcentajes del índice de gravedad o severidad del fallo:

Entre (2-3) se obtuvo 1,42 %, lo que representa que los defectos pueden ser retrabajados en el lugar.

Entre (4-5) se obtuvo 20,30 %, lo que representa interrupción menor en la producción.

Entre (6-7) se obtuvo 62,26 %, lo que representa interrupción mayor en la producción.

Entre (8-9) se obtuvo 8,50 %, lo que representa interrupción mayor de la línea de producción, 100 % de desperdicio.

Y con índice de gravedad o severidad igual a 10 se obtuvo el 7,08 % lo que representa que puede dañar a la máquina o al operador.

De los resultados obtenidos, sólo el 7,08 % representa el índice de gravedad igual a 10, sin embargo vale la pena considerar los demás porcentajes de gravedad o severidad del fallo, pues las consecuencias de los modos de fallo tienen impacto en la productividad del proceso de secado de la máquina tissue seis.

Igualmente, se tomó en consideración el índice de probabilidad de ocurrencia, para la elaboración de acciones preventivas. De los cuales se obtuvo los siguientes porcentajes:

Con valor de 1 se obtuvo 3,30 %, lo que representa muy escasa probabilidad de ocurrencia.

Entre (2-3) se obtuvo 43,87 %, muy pocos fallos en circunstancias pasadas similares.

Entre (4-5) se obtuvo 33,96 %, el defecto es aparecido ocasionalmente.

Entre (6-7) se obtuvo 16,04 %, frecuente probabilidad de ocurrencia del modo de fallo, es decir en circunstancias similares anteriores el fallo se ha presentado con cierta frecuencia.

Entre (8-9) se obtuvo 2,83 %, elevada probabilidad de ocurrencia es decir el fallo se ha presentado frecuentemente en el pasado.

De los resultados obtenidos, se evidencia que sólo el 18, 87 % de los modos de fallo presentan frecuente probabilidad de ocurrencia y elevada probabilidad de ocurrencia, sin embargo es importante considerar el 81,13 % restante del índice, para la elaboración de acciones preventivas, con ello podría disminuirse las causas que generan los modos de fallos.

Finalmente, vale la pena considerar para la Propuesta del Diseño del Plan de Mantenimiento Preventivo del Área de Secado, toda la muestra de equipos críticos, para garantizar el buen funcionamiento dentro del sistema productivo y evitar fallas que afecten a la productividad.

## **CAPITULO V LA PROPUESTA**

“Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo centrado en confiabilidad para Optimizar la Productividad del Área de Secado de Máquina Tissue MP-seis”

**Caso:** Manpa División Higiénicos”

### **Sumario**

Tomando en cuenta que la investigación realizada se hizo bajo la modalidad del proyecto factible, se esquematizó con las fases que la comprenden: diagnóstico, estudio de factibilidad y diseño de la propuesta.

➤ Para el levantamiento del diagnóstico se utilizó la metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (MCC), que consta generalmente en la clasificación de equipos críticos y la herramienta metodológica, sistemática para el análisis de modos y efectos de fallas (AMEF), necesaria para seleccionar las tareas de mantenimiento preventivo.

➤ Por consiguiente, una vez realizado el diagnóstico se elaboraron las instrucciones técnicas de mantenimiento y los programas anuales de mantenimiento preventivo, en los cuales se consideraron los principales recursos y la frecuencia de intervención de los equipos, necesarios para mantener la máquina en óptimas condiciones de funcionamiento y por ende cumplir con los programas de producción, garantizar condiciones de seguridad en el sistema productivo, además de incrementar la productividad y mejoramiento en la utilización de los recursos.

➤ Finalmente, se realizó un estudio de factibilidad sobre la propuesta a nivel técnico, operativo y económico a fin de cuantificar los recursos y poder conocer el resultado global del proyecto.

## **Justificación**

El propósito se enmarca en implementar un Plan de Mantenimiento Preventivo para el Área de Secado de la máquina seis, para corregir los problemas menores o fallas tempranas mediante actividades preventivas como: análisis e inspecciones de vibraciones, revisiones, ajustes, chequeos alineaciones, balanceos, cambios de repuestos, rutinas de lubricación, entre otros aspectos preventivos, y las adecuadas frecuencias de mantenimiento, a fin de evitar deterioro de los equipos y con ello disminuir los costos en mano de obra, repuestos y otros recursos generados por las actividades de mantenimiento correctivo , también se buscar mitigar otros impactos negativos que afectan directamente a la calidad, servicios, seguridad y medio ambiente.

## **Objetivos de la Propuesta**

### **General**

Ofrecer a Manufacturas de papel el diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo centrado en confiabilidad para Optimizar la Productividad del Área de Secado de Máquina Tissue MP6-seis.

## **Específicos**

- Cuantificar el tiempo entre falla de los equipos.
  
- Estudiar las causas de mantenimiento correctivo.
  
- Medir los tiempos y horas hombre dedicados a mantenimiento preventivo
- Mejorar los análisis y rutinas de mantenimiento predictivo.
  
- Implementar un plan de capacitación para la mano de obra especializada.
  
- Cuantificar recursos técnicos y operativos para determinar la factibilidad del proyecto.
  
- Evaluar la gestión de mantenimiento a través de indicadores de gestión.

## **Estructura de la Propuesta**

La propuesta está conformada por instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo y programas anuales de mantenimiento preventivo.

Las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo se estructuraron básicamente con la información recopilada en el capítulo IV del Diagnóstico y Análisis de resultados mediante la metodología análisis de modos y efectos de fallas. Consistió en organizar la información, además de agregar información técnica como el tiempo y los materiales. Las mismas contienen las acciones recomendadas, codificación de las I.T (instrucciones técnicas) las cuales se empleo la letra P que se refiere a preventivo, personal responsable, frecuencia de mantenimiento, tiempo y los principales materiales e insumos que representan mayores consumos y costos.

Los programas anuales de mantenimiento preventivo se clasificaron y estructuraron de acuerdo a las frecuencias de mantenimiento y sirven como instrumento guía para la planificación del mantenimiento preventivo las cuales se apoyan con las instrucciones técnicas. Los mismos se clasificaron con frecuencias semanales y diarias, anuales, bianuales y trianuales, cada cinco años. (*Ver anexo 6*).

## **Estudio de Factibilidad de la Propuesta**

Después de haber estudiado la problemática de la situación actual y haber construido el Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en Confiabilidad, para Optimizar la productividad del Área de Secado, es conveniente realizar un estudio de factibilidad, a fin de determinar la disponibilidad de recursos en la organización a nivel de los aspectos técnicos, operativos y económicos. Este análisis permitirá recopilar los datos más importantes para cada aspecto mencionado y por ende tomar la mejor decisión en lo que respecta a continuar con el estudio, y realizar la implementación del proyecto, además de los posibles ajustes que se realizarán una vez se implemente. A continuación se describirán los tres aspectos de factibilidad.

### **Factibilidad Técnica**

Esta fase consistió en realizar una evaluación tecnológica de los equipos y/o, componentes técnicos que posee la organización actualmente, y del mismo modo verificar si existe la posibilidad de utilizarlos para la implementación de la propuesta, en caso de no satisfacer los requerimientos de la propuesta buscar la disponibilidad tecnológica que si la satisfaga.

## **El aspecto tecnológico evaluado para equipo y software de análisis de vibraciones:**

Como resultado de la evaluación tecnológica, se determinó que actualmente la Gerencia de Mantenimiento específicamente el departamento de preventivo, cuenta con el equipo Microlog CMVA60, para realizar detección y análisis de vibraciones de los equipos que conforman la máquina.

Sin embargo, es importante resaltar que actualmente este equipo no es de última tecnología con respecto a los que se encuentran en el mercado, pero permite diagnosticar y monitorear todas las fallas mecánicas, a través de las inspecciones y análisis de vibraciones.

## **Factibilidad Operativa**

Esta fase se refiere al estudio y evaluación que respecta al grado de capacitación y entrenamiento requerido del personal para poder llevar a cabo el proyecto eficientemente. Este se refiere a los conocimientos requeridos

para llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo, control y seguimiento del mismo.

Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen durante la operación y/o ejecución del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades de capacitación y entrenamiento del personal que son necesarias para lograr el objetivo.

De acuerdo a la información recopilada en el análisis de modos y efectos de fallas, se determinó para casi todos los equipos que las principales causas del fallo se deben a falta de capacitación del personal, por lo tanto se considera como prioridad enriquecer el conocimiento de la mano de obra especializada en cuanto a: balanceo, análisis de vibraciones de los equipos, montaje y calibración de rodamientos, alineación, medición y ajuste de tolerancias, lubricación industrial, entre otros aspectos técnicos del mantenimiento mecánico. Con ello se espera reducir los tiempos improductivos de la máquina, debido a que el personal podrá desarrollar habilidades y destrezas.

## **Factibilidad Económica o Rentabilidad**

Como último aspecto del estudio de factibilidad y después de haber diagnosticado todos los recursos tanto a nivel técnico y operativo, es necesario determinar los recursos monetarios, esto se refiere a los desembolsos por efectuar y los ahorros o beneficios por percibir, a través de la implementación de la propuesta.

## **Análisis Costo-Beneficios**

Este análisis se sustenta en la determinación de los costos que engloba la situación actual y los costos que contempla la propuesta. De igual forma, se estimarán los beneficios que se obtendrán a partir de una disminución de los tiempos improductivos del área de secado.

## Costos de la Situación Actual

### Costos de tiempos improductivos

Estos costos, están representados por las toneladas de papel semi elaboradas dejadas de fabricar, debido a las horas perdidas por mantenimiento correctivo dedicadas a los equipos rotativos para subsanar principalmente fallas mecánicas.

**Tabla N° 12: Costo de tiempos improductivos**

Horas perdidas por mantenimiento correctivo (hrs/año)	Capacidad de producción (Tn/hrs)	Precio por tonelada de papel (\$/Tn)	Costo de tiempo improductivo (\$/año)	Costo de tiempo improductivo (Bs/año)
86,10	2	1350,00	232.470,00	999.621,00

**Fuente.** Departamento de Producción de Fabricación División Higiénicos (2011)

### Costo de mano de obra ociosa del personal de producción

Se refiere, el costo del salario que se paga al recurso humano para desempeñar funciones en el área de secado de la máquina, y que en

presencia de parada de máquina por mantenimiento correctivo, los mismos no pueden desempeñar sus funciones dedicadas a la producción de papel.

**Tabla N° 13: Costo de mano de obra ociosa del personal de producción**

Recurso Humano	Número de personas	Horas perdidas por mantenimiento correctivo (hrs/año)	Sueldo del personal (Bs/hr)	Costo de la mano de obra ociosa (Bs/año)
Secaneros	3	86,10	18,75	4.843,13
Ayudantes de secaneros	3	86,10	17,50	4520,25
<b>Total costo de la mano de obra ociosa</b>				<b>9.363,38</b>

**Fuente.** Convención colectiva de trabajo División Higiénicos (2010-2012)

### **Costo de repuestos y fabricación de piezas**

Estos costos, están referidos al no aprovechamiento de la vida útil de los repuestos y piezas empleados en el mantenimiento de los equipos rotativos, es decir la ausencia de actividades de mantenimiento predictivas y preventivas en los equipos ocasionan el desgaste, fractura y no funcionalidad. En tal sentido, al aumentar la frecuencia de uso se incrementan los costos de repuestos usados por mantenimiento correctivo.

**Tabla N° 14: Costo de repuestos por mantenimiento correctivo**

Equipo	Repuesto	Cantidad	Costo (Bs)
Transmisión del yankee	02 rodamientos 22228,	4	8.280,00
	02 manguito HA 3128	4	3.507,20
Bomba de vacío n° 3	04 Conos 74550,	8	1.281,12
	02 copa doble 74851	4	450,16
Segunda prensa	Recubrimiento de goma X-300	3	137.600,00
Motor de circulación air cap	02 Rodamientos 6318	2	2.110,74
Motor de la bomba de vacío n° 3	02 Rodamientos 6318	1	1.055,37
Bomba de lubricación del yankee	02 rodamientos 6203	1	75,92
<b>Total costo de repuestos</b>			<b>154.360,51</b>

**Fuente.** Departamento de Planificación y control de mantenimiento de la División Higiénicos (2011)

### **Costo de las horas hombre por sobre tiempo**

Este tipo de costo de horas hombre por sobre tiempo, se refiere al desembolso no planificado que realiza la empresa al recurso humano, cuando se produce una parada de máquina o falla un equipo que incide en disminución de la eficiencia. Por tal razón, ante esta situación se genera el requerimiento de la mano de obra que realice mantenimiento correctivo para activar el funcionamiento de la máquina.

**Tabla N° 15: Costo de las horas hombre por sobre tiempo**

Recurso Humano	Número de personas	Horas perdidas por mantenimiento correctivo (hrs/año)	Sueldo del personal (Bs/hrs)	Costo de las horas de sobre tiempo (Bs/año)
Supervisores de guardia	1	86,10	26,25	2260,13
Mecánicos	3	86,10	17,50	4520,25
Soldadores	1	86,10	17,50	1506,75
Analistas inspector de mantenimiento predictivo	1	86,10	22,50	1937,25
<b>Total</b>				<b>10.224,38</b>

**Fuente.** Convención colectiva de trabajo División Higiénicos (2010-2012)

**Tabla N° 16: Costo de fabricación de piezas por mantenimiento correctivo**

Piezas fabricadas en un año	Costo de fabricación de piezas (Bs/año)
Fabricación de casquillos para tapas, anillos, eje, empaques, bocinas y casquillos para bombas y motor.	9.275,99
Fabricación de anillos para bombas y anillos para ventilación, eje para ventilador de combustión y deflector para ventilador de escape.	4.202,47
Fabricación de espárragos para regaderas de alta presión, prensas y bombas.	3.737,06
Fabricación de casquillos, bocinas, anillo para acople y punta de eje para motor del yankee	2.562,57
Fabricación de tacos para bomba de vacío y casquillos para tapas del motor de la bomba de vacío.	1.880,69
<b>Total (Bs/año)</b>	<b>21.658,78</b>

**Fuente.** Taller de Máquinas y Herramientas de la División Higiénicos.

**Tabla N° 17: Resumen de costos de la situación actual**

<b>Descripción de los costos</b>	<b>Costo (Bs/año)</b>
Tiempo improductivo	999.621,00
Mano de obra ociosa	9.363,38
Repuestos por mantenimiento correctivo	154.360,51
Horas hombre por sobre tiempo en mantenimiento correctivo	10.224,38
Fabricación de piezas	21.658,78
<b>Total costos de la situación actual</b>	<b>1.195.228,05</b>

**Fuente.** Ruiz (2011)

### **Costos Estimados para la Situación Propuesta**

#### **Costo de lubricantes**

Estos costos vienen representados por la cantidad de lubricantes requeridos anualmente, para dar cumplimiento a las acciones recomendadas en el diseño del plan, en función de las rutinas de relubricación que deben realizarse a los equipos.

**Tabla N° 18: Costo de lubricantes**

Lubricantes Industriales	Cantidad a comprar	Costo unitario del tambor (Bs)	Capacidad del tambor	Costo anual de lubricación (BS/año)
Grasa EP-2	3456 grs.	4847,22	198 kgs.	84,08
Grasa Mobilith	16000 grs	8252,00	198 kgs	666,83
Engralub 220	66 lts.	2216,31	208 lts.	703,25
Hidráulico 220	6000 lts.	2145,52	208 lts	61890,00
Engranaje 220	360 lts	2537,60	208 lts	4.392,00
Hidráulico 68	24 lts	2145,52	208 lts	247,56
Hidráulico 150	96 lts.	2145,52	208 lts	990,24
<b>Total (Bs/año)</b>				<b>68.973,96</b>

**Fuente.** Departamento de Planificación y control de mantenimiento de la División Higiénicos (2011)

### **Justificación de la Contratación del Personal**

Actualmente para el departamento de mantenimiento mecánico trabajan nueve (9) mecánicos y cinco soldadores (5), los cuales se dedican a realizar las actividades diarias programadas de mantenimiento para el área de fabricación. Según datos suministrados por el Departamento de Planificación para el presente año, sólo existe un 70,58 % de cumplimiento de estas actividades, con ello podemos analizar e interpretar que existe la necesidad de contratar personal para la ejecución de actividades de mantenimiento mecánico.

Para justificar cuantitativamente la contratación de los maestros mecánicos, nos basaremos en las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo realizadas para cada equipo crítico del área de secado, a través de la frecuencia de mantenimiento y el tiempo requerido para la ejecución de las actividades preventivas de mantenimiento mecánico.

➤ El número de horas hombre cuantificadas al año para realizar el mantenimiento preventivo: **372,4 hrs-hb/año**

➤ Según lo conversado con el Departamento de Planificación y la revisión documental de las actividades diarias de mantenimiento, la mayoría de las actividades programadas son de tipo correctivo, por lo tanto para dar inicio a la propuesta, se acordó que del tiempo total que desempeñe cada trabajador a mantenimiento mecánico, se dedicará el 35% a mantenimiento preventivo.

a) Por lo tanto de los 365 días del año, 260 corresponden a días hábiles y multiplicados por las **8 horas/día** que corresponden a la jornada de turno normal. De esto se obtiene 2080 horas/año disponibles para realizar actividades de mantenimiento mecánico y considerando que sólo el 35% se empleará en mantenimiento preventivo, tendremos disponibilidad de **728 hrs-hb/año**.

**b)** Finalmente podemos demostrar que el número de personas a contratar se obtiene a través de:

- **Número de personas a contratar:** (horas hombre para realizar el mantenimiento preventivo)/(horas hombre disponibles para mantenimiento preventivo)

- **Número de personas a contratar:**  $372,4/728= 0,51$  aprox. 1 especialista mecánico. Sin embargo, pese a que los cálculos demuestran que es necesario la contratación de un trabajador para poner en marcha el plan de mantenimiento preventivo, las políticas establecidas dentro de la organización tienen como requerimiento que los grupos de trabajo para la ejecución de actividades de mantenimiento mecánico, mínimo deben ser de dos personas, por esta razón se tomará en cuenta para los costos la contratación de dos especialistas mecánicos.

- Otro aspecto importante a destacar es que, de las 2080 horas hombre disponibles, se utilizarán 372,4 a mantenimiento preventivo y el restante que corresponde a 1707, 6 horas hombre, se podrán emplear en otras actividades de mantenimiento mecánico.

Con respecto a los Analistas Inspectores de Mantenimiento Preventivo y los Lubricadores, se considera que no es necesario contratar personal,

debido a que actualmente ellos tienen establecidas sus rutas de lubricación y análisis e inspecciones de vibraciones, a excepciones de otras actividades sustentadas en las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo, pero que de igual manera no incurrirían en horas hombre extras de trabajo.

**Tabla N° 19: Salario del Recurso Humano Maestros Mecánicos**

Recurso Humano	Costo Horas hombre (Bs/mes)	Número de personas	Costo (Bs/año)
Sueldo	4.830,00	2	115.920,00
<b>Total costo del personal</b>			<b>115.920,00</b>

**Fuente.** Convención colectiva de trabajo División Higiénicos (2010-2012)

**Tabla N° 20: Beneficios contractuales Recurso Humano Maestros Mecánicos**

Recurso Humano	Acumulado de vacaciones (Bs/año)	Acumulado de nómina (Bs/año)	Número de personas	Desembolso por beneficios contractuales (Bs/año)
Beneficios contractuales	9.660,00	57.960,00	2	44629,20
<b>Total costo del personal</b>				<b>44.629,20</b>

**Fuente.** Convención colectiva de trabajo División Higiénicos (2010-2012)

## Costo de capacitación del personal

Estos costos se derivan del estudio de la factibilidad operativa, previo del diagnóstico mediante el análisis de modos y efectos de fallas para cada equipo en estudio, donde se evidencia la necesidad de capacitar y entrenar al personal necesario para la ejecución de las actividades en el diseño de la propuesta.

**Tabla N° 21: Costo de capacitación del personal**

Cursos	Costo por persona (Bs./persona)	Cantidad de personas a capacitar (personas/año)	Costo de entrenamiento (Bs./año)
Análisis de vibraciones de los equipos	1.450,00	2	2.900,00
Montaje, balanceo, calibración de rodamientos y alineación de equipos.	1.550,00	11	17.050,00
Medición y ajustes de tolerancias	1.550,00	11	17.050,00
Lubricación industrial	1.450,00	7	10.150,00
<b>Total costo de capacitación del persona</b>			<b>47.150,00</b>

**Fuente.** Centro de Formación Empresarial y de Consultoría FUNDAMETAL (2011)

## Costo de Repuestos para la propuesta

Estos costos, están referidos al aprovechamiento de la vida útil de los repuestos y piezas empleados en el mantenimiento de los equipos rotativos. Por ello, se plantea el cambio y/o reemplazo de manera preventiva.

**Tabla Nº 22: Costo de Repuestos para la propuesta**

Equipo	Repuestos	Cantidad requerida	Stock mínimo en almacén	Cantidad a comprar	Costo (Bs/año)
Bomba de vacío nº 2 y 3	04 Conos 74550,	8	4	8	640,50
	02 copas 74851 D	4	4	4	650,00
Motor de la Bomba de vacío nº 2 y 3	02 Rodamientos 6318	4	4	4	4.221,48
Bomba del tanque de agua fresca	01 rodamiento 3308, 01 rodamiento 6308 2 Z	2	1	2	211,12
Motor de la bomba del tanque de agua fresca	01 rodamiento 6314 2Z, 01 rodamiento 6313 2 Z	2	5	2	962,38
Primera prensa	02 Rodamientos 23152 CC W/33	2	4	2	50.689,46
	01 Rodamiento 22320 EC W/33	1	2	1	2.520,00
Motor-reductor de la primera prensa	02 conos 755	2	4	2	3.200,00
	02 copas 752	2	4	2	3.388,80
	02 conos HM 807040	2	3	2	319,10
	02 copas HM 807010	2	2	2	870,00
Segunda prensa	02 rodamientos 22338 K/W-33	2	6	2	25.272,00
Cilindro secador del yankee	02 rodamientos 23184 CKM-C4-W33	2	4	2	25.272,00
<b>costo de repuestos</b>					<b>118.216,84</b>

**Tabla N° 22: (Cont.)**

Equipo	Repuestos	Cantidad requerida	Stock mínimo en el almacén	Cantidad a comprar	Costo (Bs/año)
Reductores actuadores del sistema de subir y bajar la capota y el foil pick up	02 Rodamientos axial 51226	4	8	4	470,00
	02 conos 15520	4	6	4	262,80
	02 copas 15580	4	6	4	288,00
Motor/ reductor del sistema oscilador de las cuchillas crepadora, limpiadora y superior del yankee	04 Rodamientos 6018	4	8	4	1632,00
	02 Rodamientos 22211-EK/W33	2	6	2	531,30
	02 Chumaceras 511609	2	7	2	980,00
	02 Rodamientos 6303 2RS1	2	15	2	64,00
Motor-ventilador de combustión air cap	02 Rodamientos 6314	2	10	2	350,00
Motor-ventilador de circulación del air cap	02 Rodamientos 6318	2	4	2	2.110,74
Transmisión del yankee	02 rodamientos 22228,	2	4	2	4.140,00
	02 manguito HA 3128	2	4	2	1753,60
Motor-reductor de la transmisión del yankee	02 copas H-715311	2	4	2	568,46
	02 conos H-715345	2	4	2	1176,98
	01 rodamiento 6218 2 Z	1	2	1	407,08
	01 rodamiento 6220 2 Z	1	2	1	556,00
Motor de la bomba de alta presión de la regadera del fieltro	01 rodamiento 6313, 01 rodamiento 6312	2	6	2	962,38
Bomba de lubricación del yankee	02 rodamientos 6203	2	6	2	76,00
Motor de la bomba de lubricación del yankee	01 Rodamiento 6205 2Z , 01 Rodamiento 6203 2Z	2	4	2	82,00
<b>costo de repuestos</b>					<b>16.411,34</b>
<b>Total costo de repuestos</b>					<b>134.628,18</b>

Fuente. Departamento de Planificación y control de mantenimiento de la División Higiénicos (2011)

**Tabla N° 23: Resumen de costos totales de la situación propuesta**

Descripción de los costos	Costo (Bs/año)
Lubricantes	68.973,96
Salarios	115.920,00
Beneficios contractuales	44.629,20
Capacitación de personal	47.150,00
Repuestos	134.628,18
<b>Total costos de la situación propuesta</b>	<b>411.301,34</b>

Fuente. Ruiz (2011)

**Tabla N° 24: Costos Totales de la Situación Actual y la Situación Propuesta**

Año	Situación Actual	Situación Propuesta
1	1.195.228,05	411.301,34

Fuente. Ruiz (2011)

### **Ahorros estimados con la implantación de la propuesta**

La empresa se plantea como meta lograr una disminución de un 75% de los tiempos improductivos del área de secado. De acuerdo con la data cuantificada y analizada para el estudio se obtuvo unas 86,10 horas anuales

por mantenimiento correctivo, esto se traduce en 999.621,00 bolívares al año.

**Tabla N° 25: Ahorros estimados con la implantación de la propuesta**

Año	Tiempos improductivos (hrs/año)	(%) Disminución de tiempos improductivos	Disminución de tiempo (hrs)	Ahorro anual (\$/año)	Ahorro anual (Bs/año)
1	86,10	75	64,58	174.366,00	749.773,8

**Fuente.** Ruiz (2011)

En tal sentido, después de haber realizado las respectivas consultas de los costos operativos y los beneficios estimados de la propuesta, se evidencia que una disminución del 75% de los tiempos improductivos generará un ahorro estimado de 749.773,8 bolívares al año.

Haciendo una relación beneficio costo podemos observar que la propuesta tiene un atractivo económico viable, ya que los beneficios superan los costos operativos totales para el arranque.

### **Relación Beneficio Costo**

$$R (B/C) = (749.773,8)/(411.301,34) = 1.82$$

## Indicadores de Rentabilidad

De igual forma se utilizaron dos modelos de la rentabilidad que maneja la Ingeniería Económica, con la intención de medir si el proyecto es viable ó no. El valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno TIR, son dos parámetros muy usados para el cálculo de la viabilidad de un proyecto, ambos se basan en la estimación de flujos de cajas que consisten en la simplificación de los ingresos menos los gastos.

### Valor Actual Neto VAN

Con respecto al VAN este consiste en determinar la equivalencia en el tiempo 0 de los flujos de efectivo futuros considerados para el estudio y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial, es decir la inversión inicial. En el caso que dicha equivalencia sea mayor que el desembolso inicial, entonces, es recomendable que el proyecto sea aceptado, además significará que se recuperará la inversión inicial.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + k)^t} - I_0$$

Vt: Representa los flujos de caja en cada período t.

Io: Inversión Inicial

K: Interés

n: Número de periodos

### **Tasa Interna de Retorno TIR**

La TIR, expresa la rentabilidad del proyecto en forma de un porcentaje anual, y el proyecto se considerará rentable cuando la tasa interna de retorno sea mayor que la tasa de interés. De acuerdo a datos obtenidos de la página del Banco Central de Venezuela [www.bcv.org.ve](http://www.bcv.org.ve) , la tasa activa promedio es de un 17,29 %.para el cierre del año 2011.

Para hallar la TIR hacemos uso de la ecuación del VAN, sólo que en vez de hallar el VAN (el cual reemplazamos por 0), estaríamos hallando la tasa de descuento.

Dadas las explicaciones previamente mencionadas se procederá a calcular los indicadores VAN y TIR, considerándose para el cálculo de los flujos monetarios netos, la inversión inicial como el desembolso para implementar la propuesta y el ingreso o beneficios que se obtendrá.

**Inversión Inicial:** 411.301,34 Bs. /año

**Flujo Monetario Neto:**  $(749.773,80-411.301,34)= 338.472,46$  Bs. / año

**Tasa de Interés Activa:** 17,29%

**Tabla N° 26: Cálculos de Indicadores de Rentabilidad**

Flujos Monetarios Netos	
Periodo	
Columna1	Columna2
0	-411301,34
1	338472,46
2	338472,46
3	338472,46
4	338472,46
5	338472,46
TIR	78%
VNA	Bs. l 664.410,17

**Fuente.** Ruiz (2012)

Dado los resultados de los indicadores de rentabilidad, es evidente la factibilidad que brinda la evaluación del Diseño de un Plan de Mantenimiento Preventivo Centrado en Confiabilidad para Optimizar la Productividad del Área de Secado de la Máquina Tissue Seis.

Con respecto al Valor Actual Neto se puede decir que el proyecto es rentable, debido a que la equivalencia obtenida es mayor que la inversión inicial, es decir se recuperará la inversión. De igual forma se puede afirmar la

rentabilidad del proyecto de acuerdo a la tasa interna del retorno debido a que es mayor que la tasa de interés.

## **Evaluación de la Propuesta**

El uso efectivo de los indicadores de gestión para el control y seguimiento del proceso consiste en evaluar la gestión de los procesos, departamentos, gerencias y por ende la empresa al momento de evaluar el cumplimiento de sus objetivos. El propósito de la utilización de los indicadores de gestión para la evaluación de la propuesta consiste en los beneficios que trae a los procesos y por ende a la organización.

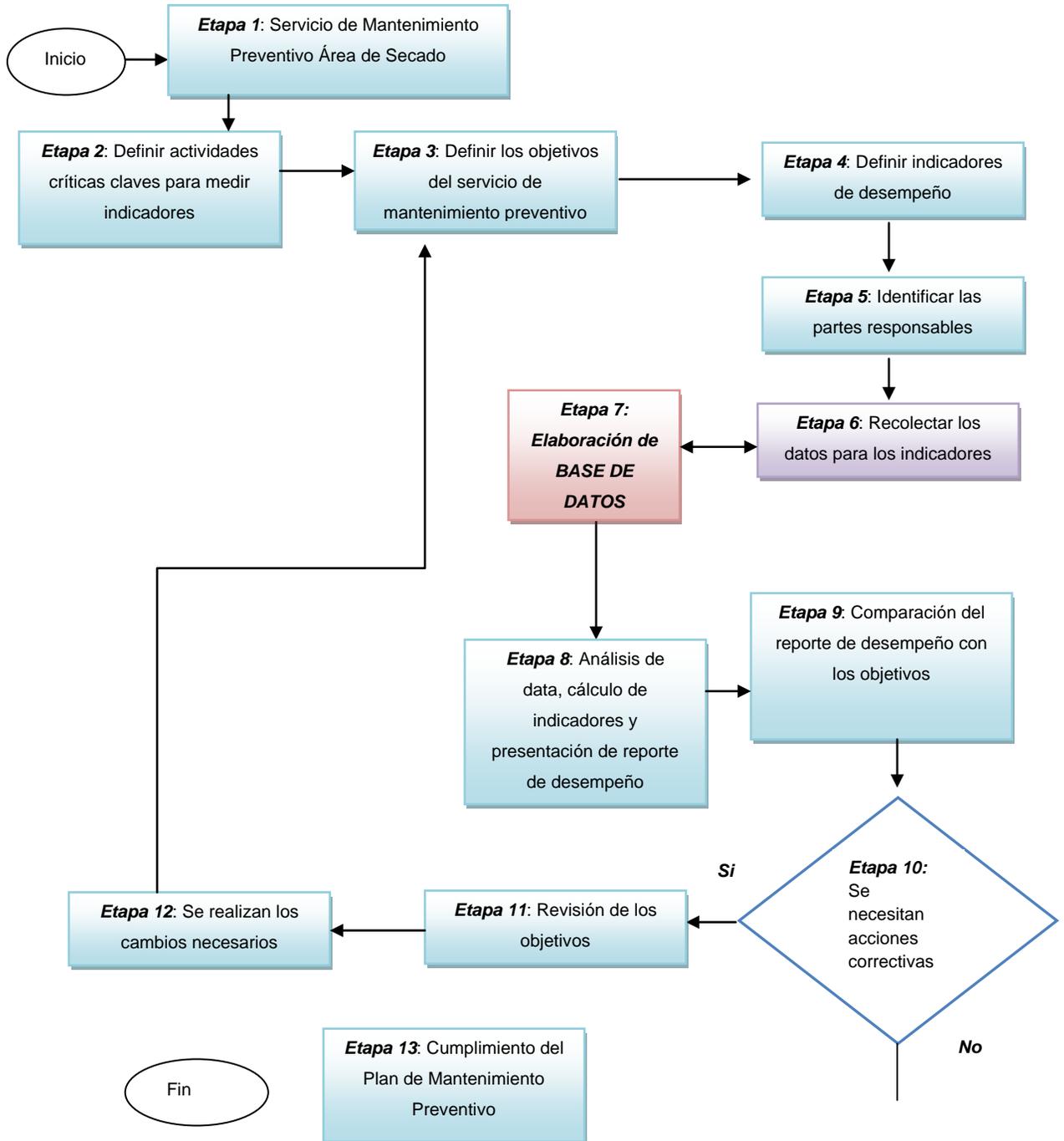
A continuación se identifican los principales beneficios que traen consigo el desarrollo y utilización de los indicadores de gestión:

- La toma de acciones preventivas sobre el sistema operativo.
  
- Mejorar la eficiencia de los recursos asignados en los sistemas operativos y con ello aumentar la productividad y efectividad del proceso para cumplir con los requerimientos del cliente final.

- Mejorar organización, planificación y cumplimiento de programas de producción, logística y mantenimiento.
- Reducir costos y aumentar eficiencia operativa.
  
- Aprovechar el tiempo de vida útil de los equipos rotativos y por ende de los repuestos, materiales e insumos utilizados en la gestión de mantenimiento.

La evaluación de la propuesta se realizara a través de indicadores de gestión los cuales permitirán medir los resultados derivados del proceso y establecer comparaciones con respecto a los objetivos metas del Plan de Mantenimiento Preventivo en estudio. Para ello se utilizará como apoyo un flujograma conformado por las etapas necesarias para el desarrollo de los indicadores, en el se evidencian las etapas 1, 2, 3, 4, 5,6, 7, 8,9, 10 11,12 y 13 que conforman el ciclo básico de la evaluación de desempeño y la toma de decisiones de la propuesta.

**Figura N° 9: Etapas para el desarrollo de los indicadores de gestión**





**Fuente.** Ruiz (2012)

### **Definición de Actividades**

**a) Etapa 1:** corresponde al servicio de mantenimiento preventivo que se realizará al área de secado de la máquina tissue seis (6).

**b) Etapa 2:** se refiere a identificar dentro del proceso cuales son las actividades críticas, es decir claves para medir los indicadores de gestión que se propondrán. Estas actividades están relacionadas con la información útil que se necesita recolectar y que a su vez tienen impacto fuerte en la efectividad, eficiencia, calidad, productividad y seguridad.

**c) Etapa 3:** Estos se definieron en los objetivos de la propuesta y se caracterizan por ser aplicables, medibles, comprensibles, adaptables y sobre todo enfocados en el cliente y mejora de la productividad del proceso.

**d) Etapa 4:** consiste en la definición de los indicadores de desempeño con los que se evaluará el proceso, además de la determinación de la fuente de información y la frecuencia de medición del indicador.

**Tabla N° 27: Indicadores de desempeño para la evaluación del proceso**

Indicador	Fórmula	Justificación
% de ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo ejecutadas al mes	$\% \text{ OTR} = ((\text{O.T.R preventivo ejecutadas}) / (\text{O.T.R preventivo programadas})) * 100$	Permitirá medir mensualmente las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo ejecutadas según programa.
Frecuencia o tasa de fallas por equipo	<i>Frecuencia o tasa de fallas por equipo</i> = sumatoria de veces que falla un equipo	Permitirá determinar confiabilidad de un equipo de acuerdo al número de fallas.
Mantenibilidad por equipo	<i>Mantenibilidad por equipo</i> : (tiempo en desconectar el equipo + tiempo de localización de la falla + tiempo en coordinación de la logística para la ubicación de recursos + tiempo de mantenimiento y/o reparación del equipo + tiempo de arranques, pruebas y calentamiento)	Es el intervalo de tiempo transcurrido desde que el equipo es desconectado del sistema para reparar hasta que es entregado de nuevo al personal de producción, este indicador permitirá comparar este tiempo de reparación con el tiempo establecido en las instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo
% de horas hombre dedicadas a mantenimiento preventivo al mes	<i>% de horas hombre dedicadas a mantenimiento preventivo</i> = (1- % ejecutado en mantenimiento correctivo)	Permite monitorear si se están cumpliendo con las horas establecidas para mantenimiento preventivo, además de analizar las posibles causas de no cumplimiento y por ende hacer los pertinentes ajustes en el plan de mantenimiento preventivo.
% de horas hombre dedicadas a	<i>% de horas hombre dedicadas a mantenimiento correctivo</i> =	Permite monitorear en primer lugar cuantas horas hombre se están dedicando a mantenimiento correctivo y monitorear las causas raíces de las

mantenimiento correctivo al mes	((hrs-hb ejecutadas en mantenimiento correctivo/ hrs-hb disponibles al mes))*100	fallas, además de comparar y verificar si no excedemos las horas hombre con el tiempo establecido para ejecutar labores de correctivo.
---------------------------------	--	--

**Tabla N° 27: (Cont.)**

Indicador	Fórmula	Justificación
% Disponibilidad de la máquina	$\% \text{ de Disponibilidad} = ((\text{tiempo calendario} - (\text{paradas planificadas} + \text{ajustes en programas de producción} + \text{fallas de equipos} + \text{fallas de proceso})) / \text{tiempo calendario}) * 100$	Determinar el porcentaje de aprovechamiento del área de secado para la máquina tissue seis, mediante el control del tiempo total de las reparaciones de los equipos, con respecto al tiempo total disponible al mes.

**Fuente.** Tomado y adaptado del Curso de extensión de conocimientos de Indicadores de Gestión de la Facultad de Ingeniería de la UCV (2010)

**e) Etapa 5:** Consiste en la identificación de las partes responsables, en los que todo el personal involucrado tiene funciones y responsabilidades inherentes en el plan de mantenimiento preventivo y depende de todos para realizar su ejecución, retroalimentación y ajustes. Los responsables están constituidos por el personal operativo que comprende operadores de máquina, mecánicos, soldadores, lubricadores, analistas inspectores de mantenimiento preventivos, torneros, supervisores de mantenimiento, analistas de planificación y control de mantenimiento, jefes de producción y planificación y control de mantenimiento, incluyendo gerentes de producción y mantenimiento.



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor-Bomba de vacío N° 2 y 3

**Ubicación:** Planta baja

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-01	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación de la bomba	P-02	1 Lubricador	Cada 4 meses	0,33 horas	Grasa EP-2
Rutina de relubricación del motor	P-03	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Verificar alineación de correas y poleas	P-04	2 Mecánicos	Anual	0,20 horas	
Verificar desgaste de polea y de ser necesario cambiarla.	P-05	2 Mecánicos	Anual	0,20 horas	
Cambiar correas	P-06	2 Mecánicos	Anual	1,2 horas	
Alinear polea de motor y bomba	P-07	2 Mecánicos	Anual	0,4 horas	
Cambiar rodamientos de la bomba: calibración de conos y copas, verificación de calibración, de ajuste de caja de rodamientos y eje.	P-08	3 Mecánicos, 1 tornero	Cada 3 años	8 horas	04 Conos 74550, 02 copas 74851 D, 02 tuercas AN-28
Cambiar rodamientos del motor: verificación de ajustes de ejes.	P-09	3 Mecánicos, 1 tornero	Cada 3 años	8 horas	02 Rodamientos 6318
Verificar tensiones de correas	P-10	2 Mecánicos	Anual	0,40 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor- Bomba del tanque de agua fresca

**Ubicación:** Planta baja

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-11	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación de la bomba	P-12	1 Lubricador	Cada 2 meses	0,33 horas	Grasa EP-2
Rutina de relubricación del motor	P-13	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Inspección y limpieza del sistema de ventilación del motor	P-14	1 Lubricador	Mensual	0,5 horas	
Cambio de rodamientos del motor: verificación de ajustes de caja de rodamientos y eje	P-15	2 Mecánicos, 1 tornero	Cada 3 años	6 horas	01 rodamiento 6314 2Z, 01 rodamiento 6313 2 Z
Cambio de rodamientos de la bomba: verificación de ajustes de caja de rodamientos y eje.	P-16	2 Mecánicos, 1 tornero	Cada 3 años	8 horas	01 rodamiento 3308, 01 rodamiento 6308 2 Z
Revisar alineación de acoples motor- bomba.	P-17	2 Mecánicos	Anual	2 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Primera prensa

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-18	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Chequear visualmente la goma y tornillos	P-19	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	Lámpara estroboscópica
Cambio y/o sustitución de prensa	P-20	4 Mecánicos	Trimestral	4 horas	
Revisar y/o cambiar las mangueras de accionamiento	P-21	2 Mecánicos	Trimestral	20 horas	
Chequear conexiones de mangueras de accionamiento	P-22	2 Mecánicos	Trimestral		
Revisar tornillo sin fin , revisar y/o cambiar sellos longitudinales, regaderas de limpieza y amortiguadores longitudinales	P-23	2 Mecánicos	Trimestral		
Cambiar rodamientos	P-24	4 Mecánicos	Cada 5 años	12 horas	02 Rodamientos 23152 CC W/33 y 01 Rodamiento 22320 EC W/33
Rutina de relubricación	P-25	1 Lubricador	Cada 21 días	0,33 horas	Grasa Mobilith
Revisar pernos de sujeción de elementos de máquina	P-26	1 Lubricador	Cada 21 días	0,33 horas	
Ajuste de tornillos de bandeja de primera prensa	P-27	1 Lubricador	Cada 21 días	0,33 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor-Reductor de la primera prensa

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-28	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-29	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Motor: Grasa EP-2 Reductor: Engralub 220
Inspección y limpieza del sistema de ventilación	P-30	1 Lubricador	Mensual	0,5 horas	
Inspección del sistema de funcionalidad y conmutación de las escobillas.	P-31	Electricista	Mensual	0,5 horas	
Cambiar rodamientos motor y reductor: calibración de conos y copas	P-32	3 Mecánicos	Cada 3 años	8 horas	Reductor: 02 conos 755, 02 copas 752, 02 conos HM 807040, 02 copas HM 807010
Balanceo de estator dinámico y estático	P-33	3 Mecánicos	Cada 3 años	2 horas	
Revisar y/o realizar alineación del motor y reductor.	P-34	2 Mecánicos	Semestral	2 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Segunda Prensa

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-35	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Cambio y/o sustitución de prensa.	P-36	3 Mecánicos	Cada 4 meses	6 horas	
Cambio de rodamientos	P-37	4 Mecánicos	Cada 3 años	8 horas	02 rodamientos 22338 K/W-33
Rectificado de goma shell	P-38	1 Tornero	Cada 4 meses		
Revisión de pernos de sujeción de elementos de máquina	P-39	1 Lubricador	Cada 4 meses	4 horas	
Rutina de relubricación	P-40	1 Lubricador	Cada 21 días	0,33 horas	Grasa Mobilith
Reemplazar junta rotativa	P-41	2 Mecánicos	Cada 4 meses	2 horas	
Revisión y/o cambio de rodamientos, cambio bocinas de junta rotativa y revisión de carbón.	P-42	2 Mecánicos	Cada 4 meses	4 horas	
Revisar elementos del sistema de enfriamiento	P-43	2 Mecánicos	Cada 4 meses	2 horas	
Cambio de sello mecánico	P-44	2 Mecánicos	Anual	4 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Cilindro secador del yankee

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-45	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Girar rodamiento para cambiar posición de la pista externa del rodamiento	P-46	4 Mecánicos	Cada 2 años	8 horas	
Verificación de ajustes de caja y eje	P-47	4 Mecánicos	Cada 2 años	4 horas	
Revisión de tuerca de ajuste de rodamiento y tolerancias de juego radial interno	P-48	4 Mecánicos	Anual	8 horas	
Rutina de relubricación	P-49	1 Lubricador	Mensual	0,75 horas	Hidráulico 220
Inspección visual de los visores de aceite	P-50	1 Lubricador	Diaria	0,2 horas	
Cambiar rodamientos	P-51	5 Mecánicos	Cada 5 años	24 horas	02 rodamientos 23184 CKM-C4-W33

Realizado por:

Aprobado por:



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Reductores actuadores del sistema de subir y bajar la capota

**Ubicación:** Mezzanina

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Verificar guía de desplazamiento del tornillo actuador.	P-52	2 Mecánicos	Cada 3 meses	4 horas	
Rutina de relubricación	P-53	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Revisión general de rodamientos, tornillo sin fin de la corona dentada y tornillo actuador	P-54	2 Mecánicos	Anual	4 horas	
Cambiar rodamientos	P-55	2 Mecánicos	Cada 2 años	8 horas	02 Rodamientos axial 51226, 02 conos 15520 y 02 copas 15580

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Reductores actuadores del sistema de subir y bajar el foil pick up

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Verificar guía de desplazamiento del tornillo actuador.	P-52	2 Mecánicos	Cada 3 meses	4 horas	
Rutina de relubricación	P-53	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Revisión general de rodamientos, tornillo sin fin de la corona dentada y tornillo actuador	P-54	2 Mecánicos	Anual	4 horas	
Cambiar rodamientos	P-55	2 Mecánicos	Cada 2 años	8 horas	02 Rodamientos axial 51226, 02 conos 15520 y 02 copas 15580

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor/ reductor del sistema oscilador de las cuchillas crepadora, limpiadora y superior del yankee

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-56	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-57	1 Lubricador	Semestral	1,08 horas	Motor: Grasa EP-2, Reductor: Engralub 150
Inspeccionar y/o cambiar dientes de engranaje	P-58	2 Mecánicos	Anual	2 horas	
Medir grado de alcalinidad	P-59	1 Lubricador	Semestral	0,20 horas	
Cambiar rodamientos del motor y reductor	P-60	2 Mecánicos	Anual	3 horas	Motor: 04 Rodamientos 6018, 02 Rodamientos 22211-EK/W33, 02 Chumaceras 511609 Reductor: 02 Rodamientos 6303 2RS1
Revisar y/o cambiar acoples	P-61	2 Mecánicos	Anual	2 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:  
Fecha:

**Equipos:** Motor-ventilador de combustión air cap

**Ubicación:** Mezzanina

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-62	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-63	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Realizar limpieza del ventilador	P-64	2 Mecánicos	Mensual	2 horas	
Balanceo de turbina	P-65	2 Mecánicos	Anual	5 horas	
Cambiar rodamientos de motor y ventilador	P-66	2 Mecánicos	Cada 3 años	8 horas	Motor: 02 Rodamientos 6314

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



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:  
Fecha:

**Equipos:** Motor-ventilador de circulación del air cap

**Ubicación:** Mezzanina

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-67	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-68	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Inspeccionar tuberías de enfriamiento de los babbits.	P-69	1 Mecánico	Semestral	7 horas	
Inspeccionar y limpiar el sistema de ventilación	P-70	1 Lubricador	Mensual	0,5 horas	
Balanceo de ventilador	P-71	3 Mecánicos	Anual	2,5 horas	
Alinear motor-ventilador	P-72	3 Mecánicos	Anual	2,5 horas	
Cambiar rodamientos del motor y ventilador	P-73	3 Mecánicos	Cada 3 años	8 horas	Motor: 02 Rodamientos 6318; Ventilador:

Realizado por:  
Aprobado por:



## Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Transmisión del yankee

**Ubicación:** Piso operaciones

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-74	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-75	1 Lubricador	Bimensual	0,75 horas	Engranaje 220
Revisar tuerca de ajuste de rodamientos y tolerancias de juego radial interno	P-76	3 Mecánicos	Anual	5 horas	
Cambiar rodamientos	P-77	5 Mecánicos	Cada 5 años	24 horas	02 rodamientos 22228, 02 manguito HA 3128
Girar rodamientos para cambiar posición de la pista externa	P-78	5 Mecánicos	Cada 2 años	8 horas	
Revisar y/o cambiar juntas de carbón del lado banda y e lado frente	P-79	2 Mecánicos	Cada 1,5 años	2 horas	
Cambiar empaaduras del protector de la corona	P-80	5 Mecánicos	Cada 2 años	4 horas	
Revisar alineación respecto a la corona	P-81	4 Mecánicos	Anual	4 horas	
Revisar tensión de la cadena	P-82	4 Mecánicos	Anual	4 horas	
Cambiar cadena	P-83	5 Mecánicos	Cada 5 años	8 horas	

Realizado por:

Aprobado por:



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor-reductor de la transmisión del yankee

**Ubicación:** Mezzanina

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-84	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-85	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Inspeccionar y limpiar el sistema de ventilación	P-86	1 Lubricador	Semanal	0,5 horas	
Cambiar rodamientos: verificación de ajustes de eje y alojamiento del motor y reductor.	P-87	4 Mecánicos, 2 Torneros	Cada 3 años	8 horas	Reductor: 02 copas H-715311, 02 conos H-715345 Motor: 01 rodamiento 6218 2 Z, 01 rodamiento 6220 2 Z
Colocar aditivo especial	P-88	1 Lubricador	Semestral	0,2 horas	Super Kote

Realizado por:

Aprobado por:



**Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo**

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Bomba de alta presión de la regadera del fieltro

**Ubicación:**

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-89	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-90	1 Lubricador	Mensual	0,75 horas	Hidráulico 68
Verificar visualmente estados de empaquetadura, laberintos de lubricación y sistema de ventilación	P-91	1 Lubricador	Semanal	0,20 horas	
Cambiar rodamientos: reemplazo de las bocinas de empaquetaduras, revisión de los ajustes de bocinas	P-92	2 Mecánicos, 1 Tornero	Cada 3 años	8 horas	
Verificar alineación de equipo	P-93	2 Mecánicos	Semestral	1 hora	
Inspeccionar trico	P-94	1 Lubricador	Diario	0,17 horas	
Cambiar empaquetadura	P-95	2 Mecánicos	Semestral	1 hora	

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Motor de la bomba de alta presión de la regadera del fieltro

**Ubicación:**

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-96	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-97	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Inspeccionar y limpiar el sistema de ventilación	P-98	1 Lubricador	Mensual	0,20 horas	
Cambiar rodamientos: verificación de ajustes de eje y cajas de rodamientos	P-99	2 Mecánicos, 2 torneros	Cada 3 años	8 horas	01 rodamiento 6313, 01 rodamiento 6312

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:

Fecha:

**Equipos:** Bomba de lubricación del yankee

**Ubicación:** Planta baja

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-100	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-101	1 Lubricador	Semestral	0,75 horas	Hidráulico 150
Cambiar rodamientos, cambio de sellos, elementos de bombeo y engranajes	P-102	2 Mecánicos	Cada 3 años	8 horas	02 rodamientos 6203

Realizado por:

Aprobado por:



### Instrucción Técnica de Mantenimiento Preventivo

Revisión:  
Fecha:

**Equipos:** Motor de la bomba de lubricación del yankee

**Ubicación:** Planta baja

**Área:** Secado

Acción Recomendada	I.T	Personal Responsable	Frecuencia de Mantenimiento	Tiempo	Materiales e Insumos
Realizar toma de lecturas y análisis de inspecciones de vibraciones.	P-103	Analista inspector de mantenimiento preventivo	Semanal	0,42 horas	
Rutina de relubricación	P-104	1 Lubricador	Semestral	0,33 horas	Grasa EP-2
Inspeccionar y limpiar el sistema de ventilación	P-105	1 Lubricador	Semanal	0,20 horas	
Cambiar rodamientos: verificación de ajustes de caja de rodamientos y eje	P-106	2 Mecánicos, 1 tornero	Cada 3 años	5 horas	01 Rodamiento 6205 2Z y 01 Rodamiento 6203 2Z
Cambiar elemento flexible	P-107	2 Mecánicos	Anual	2 horas	

Realizado por:  
Aprobado por:

**f) Etapa 6:** como todas las demás etapas esta también es muy importante porque de una buena data recolectada depende el resultado de los indicadores y la interpretación de los mismos para la toma de decisiones. Existen varias formas para recolectar los datos, en nuestro caso nos basaremos en la base de datos en formato de Excel, donde se registrarán datos claves para el cálculo de los indicadores de gestión, entre ellos tiempos de mantenimientos correctivos y preventivo, frecuencia de fallas por equipo, tiempo de mantenimiento y/o reparación por equipo, número de personas asignadas para mantener el equipo, ordenes de trabajo ejecutadas versus las programadas, entre otros datos que apoyen el cálculo de los indicadores de gestión.

**g) Etapa 7:** consiste en la elaboración de la base de datos.

**h) Etapa 8:** consiste en el análisis de la data recolectada, cálculo de indicadores y presentación de reporte informativo de desempeño.

**i) Etapa 9:** una vez presentado el reporte de desempeño actual se realizará una comparación con los objetivos planteados en la propuesta y lo más importante hay que tomar decisiones en función de los resultados que podrían ser todo está bien porque se ajustan con los objetivos, es necesario realizar ajustes o cambiar o adaptar los objetivos.

**j) Etapa 10:** es necesario hacer acciones correctivas que permitan mejorar el desempeño actual, para mejorar la eficiencia y efectividad del proceso y por ende contribuir al mejoramiento continuo.

**k) Etapa 11:** consiste en revisar los objetivos pautados para el servicio de mantenimiento preventivo.

**l) Etapa 12:** consiste en hacer los cambios necesarios para lograr cumplimiento de los objetivos propuestos, tomando en cuenta las acciones correctivas.

**m) Etapa 13:** existe conformidad en el cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo.

## **CONCLUSIONES**

Después de haber realizado la investigación, se pueden señalar algunas conclusiones.

Con respecto al objetivo nº 1 que tiene como finalidad Diagnosticar los tiempos improductivos de los equipos rotativos existentes en la máquina tissue seis:

- Se puede afirmar que el área de la máquina denominada secado, es donde se cuantificó el mayor número de fallas y cantidad de tiempo improductivo, obteniendo como resultado 86,10 horas/año por mantenimiento correctivo, aunque el número de horas no es exagerado, en costos representa 1.195.228,05 bs. De igual forma es importante señalar que el área de formación que registró 64,70 horas/año se encuentra como segunda área de tiempos improductivos.
- Por otra parte se obtuvo que el departamento de mantenimiento mecánico es donde se registró la mayor cantidad de horas improductivas con 57,91 horas, lo que representa el 67,20 %, señalándola como el área crítica y de insumo para el desarrollo de la investigación y la propuesta. Como segundo lugar en orden de prioridades para ser atendida se encuentra el departamento de electricidad con un 23,40 %.

Dentro de este mismo contexto, fue necesario para complementar el análisis de equipos críticos, la utilización de la Metodología de Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), permitiendo así conocer a través del análisis de factores como: seguridad industrial, calidad, tasa de ocupación, oportunidad de producción y frecuencia de falla, el nivel de criticidad de los equipos, es decir aquellos equipos cuya parada o mal funcionamiento afecta significativamente a los resultados de la empresa.

Del AMEF, se conocieron las principales causas de fallas de los equipos rotativos que provocan los tiempos improductivos en el área de secado, tales como: excesivo tiempo de uso de los equipos, desalineaciones, ausencia de lubricación y exceso de lubricante para otros casos, error de medición en las tolerancias y ajustes, ausencia de mantenimiento preventivo en el cambio y/o reposición de repuestos e insumos para garantizar el correcto funcionamiento según las especificaciones de diseño del equipo rotativo.

Posteriormente fueron calculados los números de prioridad de riesgo, del cual se obtuvo que el 91,98 % representaron riesgo de falla bajo y el 8,02 % representan riesgo de falla medio. Sin embargo para la elaboración de las acciones preventivas recomendadas, se tomó en consideración los índices de gravedad o severidad del fallo y la probabilidad de ocurrencia, aunque el resultado del NPR haya sido bajo, todo ello sustentado en

prevenir los modos de fallo y las causas que dan origen a la aparición de ellos.

La preocupación que atañe las causas antes mencionadas es inherente a las consecuencias y/o efectos en el sistema productivo y por ende en los costos, ya que incide en varios aspectos como el sobre tiempo, daño de piezas de los equipos, planificación y logística para la entrega de productos a los clientes, el costo de oportunidad que representan las toneladas de papel dejadas de producir, entre otros.

Con respecto al objetivo nº 2 el cual plantea el estudio de factibilidad sobre el diseño del plan de mantenimiento preventivo, se evaluaron los recursos técnicos, operativos y económicos de la propuesta, para posteriormente hacer una relación beneficio costo, y poder cuantificar los costos de la situación actual y la situación propuesta, además de los beneficios o ahorros que traería consigo el diseño de la propuesta. Dentro de lo que se puede concluir, se tiene que los costos estimados de la situación actual son de **1.195.228,05** bolívares al año, mientras que la inversión requerida para cumplir la meta que se plantea la organización del 75 % de disminución en los tiempos improductivos, representa un costo de **411.301,34** bolívares al año, que repercute en un ahorro de **749.773,80** bolívares al año. Por lo tanto valdría la pena que la empresa considere los aspectos positivos que ofrece la propuesta.

De igual forma se puede concluir que la propuesta es rentable debido a los valores obtenidos a través de los indicadores de rentabilidad como es el valor actual neto y la tasa interna de retorno. Del cual se obtuvo como resultado un valor actual neto de **664.410,17** Bs/año superior a la inversión inicial de **411.301,34** Bs/año y una TIR obtenida de **78%** superior al valor de la tasa de interés **17,29 %**.

Finalmente, el diseño del plan de mantenimiento preventivo centrado en confiabilidad para optimizar la productividad del área de secado de la máquina tissue seis, se estructuró con instrucciones técnicas de mantenimiento preventivo y programas anuales de mantenimiento preventivo. De igual forma vale la pena resaltar que actualmente existe un Manual de Normas y Procedimientos para la Gerencia de Mantenimiento, en el cual hay un procedimiento denominado “Paradas Programadas de Máquinas Papeleras”, este se refiere al mantenimiento mensual que debe recibir la máquina en un lapso estimado de 8 a 12 horas, lo que quiere decir que este tiempo se aprovecharía para planificar las actividades de mantenimiento preventivo que deben realizarse con máquina parada.

Además de un valor agregado que se consideró como lo es la evaluación de la propuesta a través de indicadores de gestión los cuales una vez la empresa, en caso de decidir si pondrá en práctica la propuesta, permitirá medir los resultados derivados de la gestión de mantenimiento y establecer las comparaciones necesarias, con respecto a los objetivos metas

del Plan de Mantenimiento Preventivo en estudio, con la intención de hacer los ajustes pertinentes.

## **RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos y los análisis de la investigación, vale la pena plantear las siguientes recomendaciones que podrían contribuir a la obtención de mejores resultados de la propuesta. Dentro de las mismas se encuentran:

Para las actividades de mantenimiento cuyo tiempo exceden de 12 horas, se recomienda realizarlas en paradas programadas largas como semana santa, primero de mayo, época decembrina, con ello afectaría la disponibilidad de producción.

Planificar dentro de la programación diaria de mantenimiento, la preparación de equipos de repuestos, cuyo tiempo requiere de muchas horas de trabajo preventivo, esto con la intención de ser eficientes en el cambio y/o sustitución y no exceder en el tiempo de uso y/o frecuencia de mantenimiento.

Aprovechar las paradas mensuales de las máquinas, para realizar anticipadamente la planificación de recursos e incorporar en el programa de paradas las acciones preventivas, donde será de valioso insumo el programa anual de mantenimiento y las instrucciones técnicas de mantenimiento.

Hacer seguimiento y llevar control de las actividades de mantenimiento preventivo con máquina parada como las actividades diarias planificadas, con la finalidad de realizar los ajustes necesarios. Para ello se recomienda apoyarse con los indicadores de gestión, pues ellos nos permitirán evaluar el desempeño de la propuesta.

Considerar herramientas utilizadas en el control estadístico de procesos como análisis de causa efecto, histogramas, paretos, amef, entre otros, para la evaluación de la propuesta y el cumplimiento de la meta que consiste en la disminución de tiempos improductivos.

Se recomienda continuar con esta línea de investigación para la fase del proceso de elaboración del papel denominada formación, debido a que en orden de prioridades según data analizada, se ubica después del área de secado, en segundo lugar con mayor tiempo perdido y frecuencia de fallas.

Capacitar al personal del área de mecánica, en los cursos recomendados, con el propósito de garantizar la disminución de los tiempos improductivos.

Finalmente, en caso de que la empresa tome en consideración la propuesta, se recomienda evaluar la alternativa del reemplazo del equipo microlog CMVA60, para el análisis de vibraciones por el equipo microlog CMXA 50, el cual presenta algunas ventajas técnicas y operativas a los analistas inspectores de mantenimiento predictivo al momento de monitorear los equipos rotativos de la planta, debido a que esta serie GX utiliza los últimos avances en electrónica analógica y digital, permitiendo un proceso de recopilación de datos preciso y rápido. Sin embargo actualmente el equipo que utiliza la organización para el diagnóstico y análisis de resultados, se determinó que para efectos de iniciar la propuesta, la prioridad es iniciar con la capacitación del personal, en cuanto a las nociones de vibraciones mecánicas, una vez logrado este objetivo se puede trascender a otra fase como mejora tecnológica.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ❖ Arias, F. (1999). *“El proyecto de Investigación”*. Caracas Editorial Epitesme, 3era Edición.
- ❖ Arias, F. (2006). *“El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica”*. (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- ❖ Análisis del Modo y Efecto de la Falla (AMEF). (s.f.): Consultado el 18 de Mayo del 2012, en, [icicm.com/files/amefa.doc](http://icicm.com/files/amefa.doc).
- ❖ Banco Central de Venezuela. Consultado el 12 de mayo del 2012, en [www.BCV.org.ve](http://www.BCV.org.ve).
- ❖ Basabe, F. y Bejarano, M. (2009). *“Estudio del Impacto Generado Sobre la Cadena de Valor a Partir de una Propuesta Para la Gestión de Mantenimiento Preventivo en la Cadena Salitre Banco de Aguilar Construcciones S.A”*. Consultado el 28 de Junio del 2010 en [www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingeniería/Tesis226.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingeniería/Tesis226.pdf)  
—
- ❖ Beltrán, A. (2010). *Cierre de circuitos de agua Manufacturas de Papel (MANPA) S.A.C.A División Higiénicos*. Trabajo de pasantías industriales no publicado. Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, Venezuela.
- ❖ Departamento de Planificación y Control de Mantenimiento. (2010). *Registros de tiempos perdidos*. Manpa División Higiénicos.
- ❖ *Departamento de Promoción Económica Librería HOR DAGO* “Análisis modal de fallos y efectos”. (2008). Consultado el 04 de Abril del 2011, en [www.eie.fceia.unr.edu.ar/.../AMFE\\_Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.pdf](http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/.../AMFE_Analisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.pdf).

- ❖ FUNDAMETAL Centro de Formación Profesional y de Consultoría. (2011). Programación Interpresas IV Trimestre. Valencia, Edo Carabobo.
- ❖ Gutiérrez, E. (s.f.). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) Elaboración de planes de Mantenimiento Basados en Confiabilidad. Consultado el 25 de Enero del 2011, en [www.reliarisk.com/nuevo/.../Contenido\\_y\\_Facilitadores-MCC.pdf](http://www.reliarisk.com/nuevo/.../Contenido_y_Facilitadores-MCC.pdf) -
- ❖ García, S. (2003). "Organización y Gestión Integral de Mantenimiento (número de edición)". Madrid, España: Díaz de Santos.
- ❖ González, F. (2003). "Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado (número de edición)". Madrid, España: FC Editorial.
- ❖ Hernández Sampieri, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª Ed.). México, D.F., México: Mc Graw Hill Interamericana.
- ❖ ISO 9001:2000, Sistemas de Gestión de la Calidad-Requisitos, 2000.
- ❖ Jiménez, J., Castro, A., Brenes, C. (2007). "Productividad". Consultado el 2 de Agosto de 2009 en: [www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml](http://www.monografias.com/trabajos6/prod/prod.shtml) -
- ❖ López, L. (2010). *Indicadores de Gestión*. Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.
- ❖ La Tasa Interna de Retorno. Consultado el 12 de mayo del 2012, en [www.gerencie.com/calcular\\_la\\_tasa\\_interna\\_de\\_retorno\\_en\\_excel.html](http://www.gerencie.com/calcular_la_tasa_interna_de_retorno_en_excel.html)
- ❖ Larousse. (1997). *Diccionario Práctico Escolar*. (1era edición). México: Editorial Ultra.

- ❖ Mantenimiento. Definiciones. (1993). Norma Venezolana Covenin 3049-93, Diciembre 12, 1993.
  
- ❖ León, Mauricio (2005). *“Productividad su Gestión y Mejora Continua Objetivo Estratégico”*. Consultado el 4 de Agosto de 2009 en: <http://winred.com/management/productividad-su-gestión-y-mejora-objetivo-estratégico/gmx-niv116-con2704.htm>.
  
- ❖ Matos, R. y Díaz, Z. *“Diseño de un Modelo de mantenimiento para las Grandes Empresas de la Zona Industrial del Municipio Valera”*. Consultado el 30 de Mayo del 2010 en [sg.cier.org.uy/cdi/cier-zeus.nsf/.../\\$FILE/28.pdf](http://sg.cier.org.uy/cdi/cier-zeus.nsf/.../$FILE/28.pdf).
  
- ❖ Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias. (2008). *La Estructura Económica de Venezuela 1936-1958 - Rena*. Consultado el 03 de Febrero del 2011, en [www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/historia/tema11.html](http://www.rena.edu.ve/cuartaEtapa/historia/tema11.html)
  
- ❖ Molina, J. (2010). *Mantenimiento y Seguridad Industrial*. Consultado el 03 de Febrero del 2011, en <http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml>.
  
- ❖ Manual de Calidad SKF, Manual de Normas y Procedimientos de Gestión PG-600 de Servicios Contratados IMS. (2005).
  
- ❖ Otero, A.; Torres, R. y Arcique, D. *Análisis de modos de falla, efectos y criticidad. (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.Ciencia y Tecnología. Consultado 12 de Septiembre del 2010, en [web.imiq.org/attachments/345\\_15-26.pdf](http://web.imiq.org/attachments/345_15-26.pdf)
  
- ❖ Organización mundial de la propiedad intelectual (OMPI). (s.f.). *Metodología de evaluación de riesgos*. Consultado el 21 de

Febrero del 2011, en, [www.wipo.int/about-wipo/.../risk\\_assessment.html](http://www.wipo.int/about-wipo/.../risk_assessment.html).

- ❖ Parra, Carlos. “*Modelo Integral para optimizar la confiabilidad en las Instalaciones Petroleras*”. Consultado el 30 de Mayo del 2010 en [confiabilidad.net/.../modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras/](http://confiabilidad.net/.../modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras/) -
  
- ❖ Penkova, Maria. (2007). “*Mantenimiento y Análisis de Vibraciones*”. Consultado el 30 de Mayo del 2010 de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?..redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve>.
  
- ❖ Pallela, S. y Martins, F. (2006). *Metodología de la investigación cuantitativa (2da ed.)*. Caracas, Venezuela.
  
- ❖ Ramírez, T. (2007). “*Como hacer un proyecto de Investigación*”. Caracas: Corporación Marca S.A.
  
- ❖ Rivas, J. (2011). *¿Qué es la población?* Consultado el 20 de Abril del 2011, en [metodologiadelainvestigacion2011.wordpress.com/.../que-es-la-población/](http://metodologiadelainvestigacion2011.wordpress.com/.../que-es-la-población/)
  
- ❖ Rovira, Cesar. (2009). *Diagrama de Pareto Ingeniería Industrial*. Consultado el 25 de Marzo del 2011, en [www.elprisma.com/.../ingeniería.../diagramadepareto/](http://www.elprisma.com/.../ingeniería.../diagramadepareto/)
  
- ❖ Red Escolar Nacional (2008). *La Industria Manufacturera en Venezuela*: Consultado el 20 de Febrero del 2011, en [www.rena.edu.ve/cuartaetapa/geografía/tema11a.html](http://www.rena.edu.ve/cuartaetapa/geografía/tema11a.html).
  
- ❖ Salazar, C. (2009). “*Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad MCC (MCC) para Sistemas de Aires en Plantas de Extracción de Líquidos de Gas Natural*”. Consultado el 08 de Abril

del 2010, en  
<http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/handle/123456789/1063?mode=full>.

- ❖ Troffé, M. Análisis ISO 14224/OREDA. *Análisis ISO 14224/OREDA. Relación con RCM-FMEA*. Consultado el 06 de Abril del 2011, en [www.mantenimientomundial.com/.../0605MarioTroffeISO14224.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/.../0605MarioTroffeISO14224.pdf)
  
- ❖ Universidad Pedagógica Experimental Libertador (2003). Manual de Trabajos de grado, especialización, maestrías y tesis doctorales. Fondo editorial de la UPEL. Venezuela.
  
- ❖ Véliz, A. (2005). *“Cómo hacer y defender una Tesis”*. (2da ed.). Caracas, Venezuela.