

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
LA TORRE DE ENFRIAMIENTO PP800M DE LA PLANTA DESTILACION
MOLECULAR EN LA EMPRESA C.I NATURMEGA S.A**

**EDELBERTO RAFAEL PRIETO DE LA ROSA
LUIS CARLOS PAJARO RIVAS**



**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019

**PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE
LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE LA PLANTA DESTILACION MOLECULAR
EN LA EMPRESA C.I NATURMEGA S.A**

**EDELBERTO RAFAEL PRIETO DE LA ROSA
LUIS CARLOS PAJARO RIVAS**

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

**Director: OMAR RICARDO HERRERA ORTEGA
Ingeniero Mecánico**



**FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA**

2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiar mis pasos y mostrarme que tu bondad no tiene fin, por permitirme sonreír luego de hacer tantos esfuerzos y sacrificios para lograr lo que me propongo.

A mis padres Edelberto Prieto Imitola y Sonia De la rosa Romero por su apoyo incondicional; y en ella la capacidad por superarme y desearme lo mejor en cada paso que doy en la vida. Gracias padres por su confianza y darme las herramientas para lograr ser un profesional.

A mis hermanas, sobrinos y cuñados por brindarme siempre el mejor consejo y desearme éxitos en este camino.

A mi tía Amparo De la rosa Romero por adoptarme con su hijo, brindarme su confianza y preocuparse por hacerme una persona educada y llena de valores. Sin duda fue un gran pilar en este proceso.

Como alumnos y estudiantes es grato conocer el sabor de la victoria, del cumplimiento de la meta. Es como sueño cumplido cuando en estos momentos veo lo que he alcanzado en conocimiento experiencia y amistades. Será muy difícil olvidar los momentos de debates y tertulias durante el desarrollo de la especialización. Algo aprendido es que la perseverancia y el deseo de superarse de aprender cada día más lograron llenarnos de fuerzas para enfrentar cada dificultad enfrentada durante este año y dos meses.

Es un honor ser parte de la familia de egresados de especialistas en gerencia de mantenimiento de la universidad industrial del Santander.

Muchas gracias a todos.....

Edelberto Prieto De la rosa

DEDICATORIA

A Dios por permitirnos alcanzar este logro.

A la empresa C.I. Naturmega S.A. por la oportunidad brindada para la ejecución de este proyecto.

Al ingeniero Omar Herrera Ortega por sus enseñanzas y significativos aportes durante la elaboración del trabajo.

A Alejandro Aparicio Frias, supervisor de mantenimiento de la empresa, por el invaluable conocimiento transmitido tanto técnico como humano.

En general agradecemos a todas aquellas personas que gracias a su apoyo, colaboración y enseñanzas hicieron posible la realización de este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradecerle a Dios, por cuidarme, guiarme y darme sabiduría en cada uno de mis pasos y metas que me propongo en la vida.

Dar gracias a mis padres, Luis Carlos Pájaro Alvarado y Etna carolina Rivas Consuegra; por siempre apoyarme en lo largo del camino y en la vida.

Agradecerle también a mis hermanos y a mi novia Angie Carolina De moya Vásquez por su apoyo incondicional y por permanecer a mi lado en cada unas de las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida en el ámbito personal como en lo laboral.

Deseo de corazón agradecerles a grandes personas que fueron de apoyo y me hicieron crecer a nivel profesional y personal como lo son el Ingeniero Nelky Buitrago que gracias a sus consejos tomados me ayudaron mucho en esta etapa, al Señor Mauricio Acosta del cual obtuve grandes conocimientos y al Ingeniero Oscar Pulido por su apoyo incondicional.

Gracias a cada uno de los compañeros de la especialización, por ser personas honestas y leales de la cual todos aprendimos mucho de cada uno de nosotros. Es grato conocer a personas de corazón y gran amabilidad que les gusta su profesión.

Es un honor ser parte de la familia de egresados de especialistas en gerencia de mantenimiento de la de la universidad industrial del Santander.

Muchas gracias, bendiciones.

Luis Carlos Pájaro Rivas

DEDICATORIA

Primero que todo dedicarle este logro propuesto y meta obtenida a Dios porque con el todo es posible.

Dedicar esta victoria para mí y mis seres queridos que siempre están presente en los buenos y malos momentos.

A la empresa C.I. Naturmega S.A. por la oportunidad brindada para la ejecución de esta investigación.

Al ingeniero Omar Herrera Ortega por sus enseñanzas y significativos aportes durante la elaboración del proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	20
1. CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA C.I NATURMEGA S.A	21
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	21
1.1.1 Plantas y procesos productivos	23
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	25
1.2.1 Fallas y consecuencias	26
1.2.1.1 Bajo caudal de agua de salida	26
1.2.1.2 Alta temperatura del agua de salida	26
1.2.1.3 Rebose de agua de la torre.....	26
1.2.1.4 Arrastre excesivo de gotas de agua por el ventilador	26
1.2.1.5 Presencia de alto niveles de ruido	26
1.2.1.6 Ruidos extraños	27
1.3 OBJETIVOS	28
1.3.1 Objetivo general	28
1.3.2 Objetivos específicos.....	28
1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	29
2. MARCO TEORICO	30
2.1 QUE ES EL MANTENIMIENTO	30
2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
2.2.1 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	31
2.3 NORMA TECNICA COLOMBIANA 1486.....	32
2.4 TEORIA DE LA CRITICIDAD	32
2.4.1 Analisis de criticidad	33
2.5 TACTICAS DEL MANTENIMIENTO.....	35
2.6 ANALISIS MODO DE FALLA Y EFECTO.	36
2.6.1 QUE ES EL AMEF..	37
2.6.2 TIPOS DE AMEF.....	37
2.6.2.1 Ventajas potenciales del AMEF.....	37
2.6.2.2 Que es un modo de falla	39
2.6.2.3 Que es un efecto	39

2.6.2.4 Indicación de las causas de cada falla y evaluación de la ocurrencia de las fallas.	43
2.6.2.5 Indicación de controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas.	44
2.6.3 DIAGRAMA ISHIKAWA.....	46
2.7 TORRES DE ENFRIAMIENTO	47
2.7.1 Funcionamiento de las torres de enfriamiento.....	47
2.7.2 Clasificación de las torres de enfriamiento	48
2.7.2.1 Torre de circulación natural	48
2.7.2.2 Torre de tiro mecánico.....	49
3. MARCO CONCEPTUAL	54
4. METODOLOGIA	56
4.1 TIPO DE INVESTIGACION	56
4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	56
4.3 METODOLOGIA DE DESARROLLO	56
4.4 POBLACION	58
4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	58
5. ANÁLISIS DE RESULTADO	59
5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	59
5.2 ANALISIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA	66
5.2.1 Cotización relleno	67
5.3 CARACTERÍSTICAS COMPONENTES DE LA TORRE	71
5.3.1 Ventilador	71
5.3.2 Sistema de transmisión	73
5.3.3 Eliminador de gotas y sistema de riego.....	74
5.3.4 Cuerpo de rellenos	76
5.3.5 Cuerpo de ventanas - piscina.....	77
5.3.6 Peso y dimensiones de la torre	78
5.4 EJECUCIÓN MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO..	78
5.4.1 Mantenimiento en sistema de transmisión	78
5.4.2 Mantenimiento en el ventilador.....	79
5.4.3 Rutina de limpieza.....	79

5.4.4 Evidencias fotograficas.....	80
5.5 Indicador de temperatura durante enero del 2019	90
5.6 ANALISIS AMFE PARA APOYO	94
5.7 ANALISIS DE CRITICIDAD PARA APOYO	95
6. PRESUPUESTO	96
7. CONCLUSIONES	97
BIBLIOGRAFIA.....	98
ANEXOS.....	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Planta Destilación Molecular.....	22
Figura 2. Ubicación de la Empresa.....	23
Figura 3. Proceso productivo C.I Naturmega S.A.....	24
Figura 4. Torre de enfriamiento PP800M.....	25
Figura 5. Aspectos fundamentales de la fiabilidad industrial.....	33
Figura 6. Matriz de criticidad.....	34
Figura 7. Proceso AMEF.....	39
Figura 8. Diagrama Ishikawa.....	47
Figura 9. Torre de tiro natural.....	49
Figura 10. Torre de flujo a contracorriente y tiro forzado.....	50
Figura 11. Torre de flujo a contracorriente y tiro inducido.....	51
Figura 12. Torre de flujo cruzado.....	52
Figura 13. Metodología de trabajo.....	57
Figura 14. Ventilador.....	71
Figura 15. Eliminador de gotas.....	74
Figura 16. Sistema de riego.....	75
Figura 17. Relleno.....	76
Figura 18. Ventanas.....	77
Figura 19. Resumen grafico resultados	105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros operativos.....	27
Tabla 2. Diagrama comparativo tácticas de mantenimiento.....	35
Tabla 3. Diagrama comparativo tácticas de mantenimiento (continuación).....	36
Tabla 4. Proceso efecto.....	40
Tabla 5. Proceso efecto (continuación).....	40
Tabla 6. Proceso severidad.....	41
Tabla 7. Proceso severidad (continuación).....	41
Tabla 8. Asignación valor de la severidad.....	42
Tabla 9. Asignación valor de la severidad (continuación).....	42
Tabla 10. Ocurrencias y Cpk.....	43
Tabla 11. Asignación ocurrencia.....	44
Tabla 12. Indicador de control.....	45
Tabla 13. Asignación indicadora de control.....	46
Tabla 14. Formato de tarjeta maestra.....	60
Tabla 15. Formato historia del equipo.....	61
Tabla 16. Procedimiento lavado de la torre.....	62
Tabla 17. Programa de mantenimiento preventivo.....	65
Tabla 18. Características del ventilador.....	72
Tabla 19. Características sistema de transmisión.....	73
Tabla 20. Características eliminador de gotas.....	74
Tabla 21. Descripción sistema de riego.....	75
Tabla 22. Características cuerpo de relleno.....	76
Tabla 23. Descripción cuerpo de ventana.....	77
Tabla 24. Peso y dimensiones de la torre.....	78
Tabla 25. Rutina de limpieza.....	79
Tabla 26. Indicadores de temperatura enero del 2019.....	90
Tabla 27. Continuación indicadores de temperatura.....	91

Tabla 28. Continuación indicadores de temperatura.....	92
Tabla 29. Continuación indicadores de temperatura.....	93
Tabla 30. Análisis AMFE.....	94
Tabla 31. Análisis de criticidad.....	95
Tabla 32. Presupuesto.....	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Cronograma de Actividades.....	99
Anexo B. Encuesta y evaluación.....	100

RESUMEN

TITULO: PROPUESTA DE MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO PP800M DE LA PLANTA DESTILACION MOLECULAR EN LA EMPRESA C.I NATURMEGA S.A

AUTORES: EDELBERTO RAFAEL PRIETO DE LA ROSA, LUIS CARLOS PAJARO RIVAS

PALABRAS CLAVE: ANALISIS DE CRITICIDAD, TORRE DE ENFRIAMIENTO, MATENIMIENTO, ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTO,

Las compañías a nivel mundial nos enseña a ser más competitivos cada día, es por esto que las industrias del sector farmacéutico donde la competencia es muy alta y los márgenes son muy ajustados se plantean alternativas que permitan la optimización de los costos de producción lo cual le permitirán mantenerse vigentes en el mercado, el presente trabajo plantea una propuesta del mejoramiento del plan de mantenimiento preventivo basado en aumento de confiabilidad y disponibilidad de la torre de enfriamiento PP800M equipo crítico del proceso de producción, lo cual impacta de manera positiva los costos de mantenimiento y los costos de producción.

Inicialmente se darán conceptos sobre mantenimiento preventivo, Inspección basada en riesgo con modos de fallas, análisis de modo de falla y descripción de torres de enfriamiento.

Con la implementación de la Inspección basada en riesgo se evaluará el nivel de riesgo para parada no programada de la torre, se establecerán las actividades requeridas para detectar el deterioro de este antes que se presente la falla, proponemos un procedimiento de limpieza interna para evitar pérdidas de eficiencia en las bombas que trasiegan hacia la planta.

El departamento de mantenimiento juega un papel importante en la producción o en la prestación de servicios dentro de una empresa, es por esa misma razón que este trabajo presenta una propuesta basada en mejorar un plan de mantenimiento y lograr la implementación en la gestión de mantenimiento de la empresa C.I Naturmega S.A

*Monografía de grado

**Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Omar Herrera Ortega.

ABSTRACT

TITLE: PROPOSAL TO IMPROVE PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE PP800M COOLING TOWER OF THE MOLECULAR DISTILLATION PLANT IN THE COMPANY C.I NATURMEGA S.A.

AUTHORS: EDELBERTO RAFAEL PRIETO DE LA ROSA, LUIS CARLOS PAJARO RIVAS

KEYWORDS: RISK BASED INSPECTION, CRITICITY MATRIX, STEAM BOILER, FEMA ANALYSIS

Companies around the world teach us to be more competitive every day, which is why the pharmaceutical sector industries where competition is very high and margins are very tight are considered alternatives that allow the optimization of production costs which will allow to stay current in the market, the present work proposes a proposal of the improvement of the plan of preventive maintenance based on increase of reliability and availability of the cooling tower PP800M critical equipment of the production process, which will impact in a positive way the maintenance costs and production costs.

Initially concepts will be given on preventive maintenance, risk-based inspection with failure modes, failure mode analysis and description of cooling towers.

With the implementation of the risk-based inspection, the level of risk for unscheduled stoppage of the tower will be evaluated, the activities required to detect the deterioration of this will be established before the failure occurs, we propose an internal cleaning procedure to avoid losses of efficiency in the pumps that transfer to the plant.

The maintenance department plays an important role in the production or in the rendering of services within a company, it is for this same reason that this work presents a proposal based on improving a maintenance plan and achieving the implementation in the maintenance management of the company C.I Naturmega S.A.

*Degree monograph

**Faculty of Physical – Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering
Specialization in Maintenance Management. Director: Omar Herrera Ortega.

INTRODUCCION

El objetivo principal del área de mantenimiento en la compañía al igual que sus estrategias y programas de mantenimiento están direccionados al cumplimiento de metas anuales de producción y son actualizadas para la implementación de nuevas mejoras y tecnologías por la dirección.

De suma importancia que una buena planeación, supervisión y ejecución de cada uno de los planes de mantenimiento se ejecuten de manera eficaz, para lograr objetivos mensuales y los indicadores de horas eficientes a favor del grupo de mantenimiento sea positivo. La actualización de órdenes ejecutadas y cerradas en el software de mantenimiento generar organización y fácil acceso a las áreas interesadas.

El mantenimiento según Steve Turner suministra información sobre los elementos a los cuales se debe realizar dichas tareas (mantenimiento); entonces la causa principal de dicho problema es la poca formalidad o la ausencia total de esta (informalidad), poco o ningún procedimiento establecido y ausencia de decisiones lógicas con la que se realiza en los diferentes ámbitos esta labor.

Cada una de las áreas de producción en la empresa C.I Naturmega S.A tienen su nivel de importancia y de procesos dentro del flujo productivo. Como objetivo principal para la elaboración de esta investigación se tomará la torre de enfriamiento PP800M, la cual es un equipo de vital importancia dentro de la cadena del proceso, la falla funcional de la torre generalmente origina una parada secuencial de cada uno de los procesos.

Viendo la suma importancia de la funcionalidad de este equipo creamos una propuesta de mejora al plan de mantenimiento basado en modo de falla para la torre de enfriamiento PP800M, con el fin de aumentar la disponibilidad y confiabilidad del equipo.

Un buen plan de mantenimiento es aquel en el cual se han analizado y diagnosticado las fallas posibles y que permite que se encuentren todas estas para evitar una parada no programada.

Dentro de los hallazgos que se encontraron era la falta de estandarización de los procedimientos de reparación, existía una ruta de inspección, sin embargo, esta no era implementada correctamente para levantar elementos de criticidad que permitiera limitar los riesgos.

El proyecto apunta entonces a la creación una propuesta para mejorar el plan de mantenimiento preventivo y direcciona a reducir o mitigar modos de fallas a establecerse.

1. CONTEXTUALIZACION DEL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO DE LA EMPRESA C.I NATURMEGA S.A

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Naturmega fue fundada en el año 2006 y a partir de allí, desarrolla productos exclusivos, innovadores y de alta demanda usando destilación molecular, la cual es la más avanzada tecnología para el procesamiento de ácidos grasos Omega-3, garantizando a sus clientes la máxima calidad y productividad en los productos ofrecidos debido a su compromiso con el estricto cumplimiento de los estándares internacionales.

Los ácidos grasos Omega-3 son “ácidos grasos esenciales”, es decir, no son producidos por el cuerpo humano lo que hace necesario el consumo en la dieta para las funciones vitales del organismo. Naturmega, con un portafolio especializado, hace posible el acceso al consumo de productos en prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares en personas que lo necesiten, así como en otras donde también se ha demostrado los beneficios del Omega-3.

Naturmega es una empresa con la más avanzada tecnología que diseña, fabrica y comercializa productos naturales innovadores de uso farmacéutico y nutricional. Pionera en la región andina en la producción de ácidos grasos Omega-3 con altas concentraciones de EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico).

Figura 1. Planta de destilación molecular



Fuente: Pagina Web Naturmega, Nuestra Empresa, www.naturmega.com.co/naturmega-omega3.aspx

C.I. Naturmega S.A. se encuentra ubicada en la dirección Vía 40. No. 80 – 131 (figura 2) de Barranquilla, Colombia, ciudad con una privilegiada ubicación geográfica y una infraestructura portuaria que ofrece ventajas competitivas en el manejo logístico de las importaciones de materias primas, facilitando el acceso a los mercados nacionales e internacionales. Cuenta con un área de 7.781 m² de los cuales 4.000 m² son de área construida.

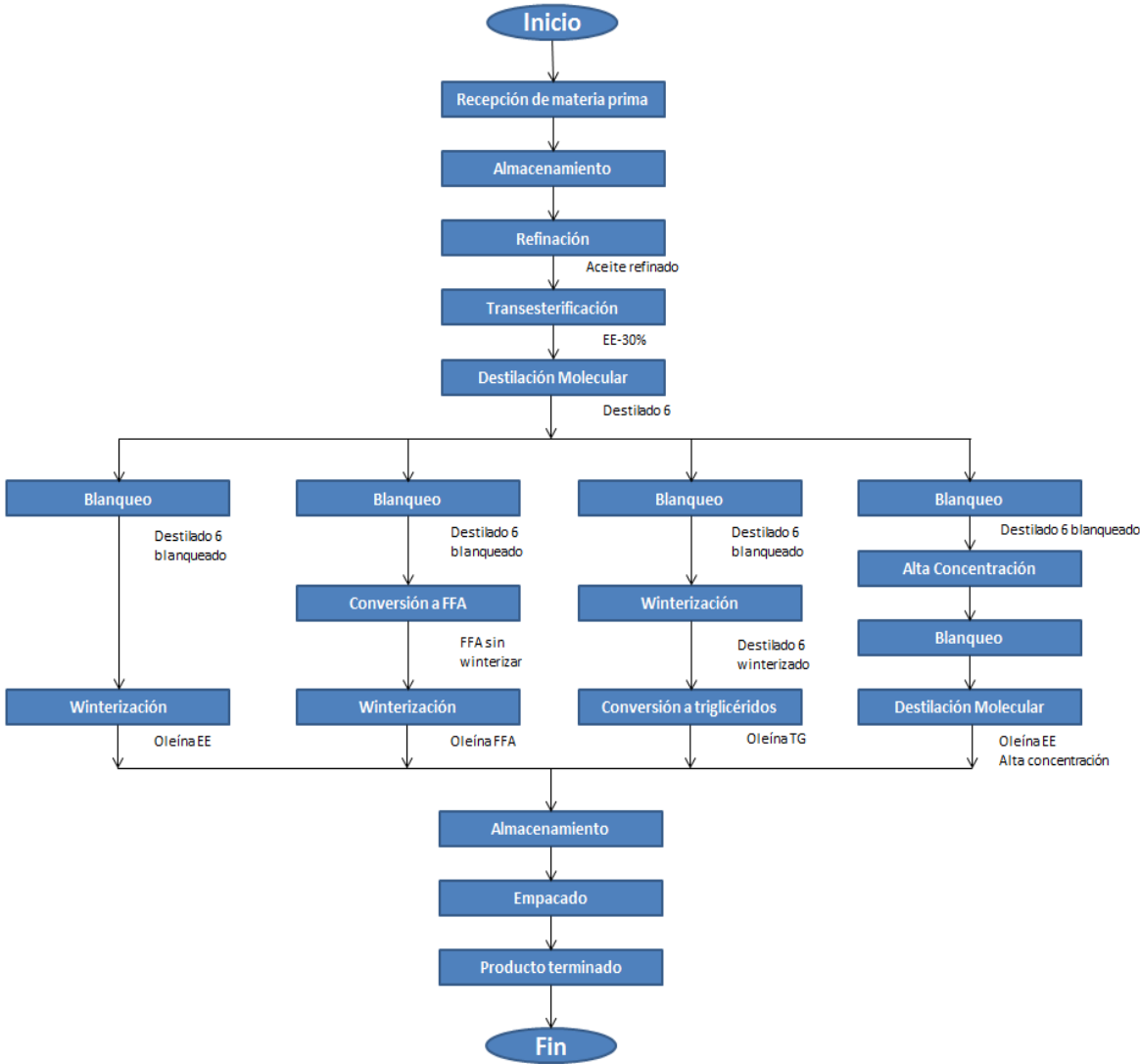
Figura 2. Ubicación de la empresa



Fuente: Google Earth

1.1.1. Plantas y procesos productivos: La empresa cuenta con 5 plantas en las cuales se llevan a cabo los procesos necesarios para lograr los productos finales. Esto se refleja en siguiente diagrama.

Figura 3. Proceso productivo C.I Naturmega S.A



Fuente: Documentos controlados

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La torre de enfriamiento PP800M de la planta de destilación molecular de C.I Naturmega S.A, está diseñada para el enfriamiento del agua.

El enfriamiento se logra al pasar el agua caliente (dispersa en gotas finas), en flujo en contracorriente por un caudal de aire frio; aumentando la superficie de contacto mediante un relleno plástico colocado en el cuerpo medio de la torre, que retarda la caída del agua y aumenta el tiempo de contacto con el aire. Está compuesta por un ventilador axial ubicado en la parte superior de la torre, provee el caudal de aire necesario y un eliminador de gota reduce la salida por la parte superior del agua arrastrada por el flujo de aire generado por el ventilador; entre el eliminador de gota y el relleno se encuentra el sistema de riego que atomiza el agua caliente para lograr un contacto íntimo con el aire de enfriamiento; recibándose agua fría en la piscina ubicada en la parte inferior de la torre.

Figura 4. Torre de enfriamiento PP800M



1.2.1 Fallas y consecuencias: Las principales fallas y consecuencias en la torre de enfriamiento que opera en C.I Naturmega S.A son diversas, estas pueden parar el proceso de producción de la compañía ya que este equipo es uno de los sistemas más críticos de esta planta.

1.2.1.1 Bajo caudal de agua de salida

- Obstrucción de tuberías.
- Falla en la bomba de alimentación de agua.
- Suciedad en la piscina de la torre.
- Boquillas de aspersión taponadas.

1.2.1.2 Alta temperatura del agua de salida

- Daño o taponamiento del relleno y/o eliminador.
- Falla de cualquier elemento mecánico(motor, reductor, ventilador, eje)
- Temperaturas de entrada del agua o aire alta.
- Recinto de la torre sin adecuada ventilación.
- Sentido de giro del ventilador incorrecto.
- Presencia de calor cerca de las ventanas de la torre.
- Boquillas de aspersión en mal estado.

1.2.1.3 Rebose de agua en la torre

- Obstrucción de las tuberías.
- Falla de la válvula reguladora de nivel del agua.
- Suciedad en la piscina de la torre.

1.2.1.4 Arrastre excesivo de gotas de agua por el ventilador

- Falla en los eliminadores de rocío, desalineados o ausencia de módulos.

1.2.1.5 Presencia de altos niveles de ruido

- Objetos o acumulaciones de sedimentos en los alabes.
- Aspas del ventilador con diferente ángulo de ataque.
- Fisuras en los alabes del ventilador.
- Tornillería sin ajuste requerido y elementos desajustados

1.2.1.6 Ruidos extraños

- Algún aspa está golpeando con algún elemento.
- Grado de inclinación erróneo en las aspas.
- Tornillería floja de las aspas, base motor, manzana etc.
- Sentido de giro del ventilador.
- Bajo nivel de aceite en el reductor.
- Falta de lubricación de los rodamientos del motor.
- Boquillas de aspersión defectuosas.

Tabla 1. Parámetros operativos

PARAMETROS OPERATIVOS		
CAUDAL DE AGUA DE OPERACIÓN	TEMPERATURA DE ENTRADA DEL AGUA	TEMPERATURA DEL AGUA DE SALIDA
145,4 m ³ /h (640gpm)	36,7 °C	31,2 °C
TEMPERATURA DE BULTO HUMEDO	ENFRIAMIENTO	POTENCIA TERMICA EFECTIVA
28 °C	5,56 °C	808,400 Kcal/h

Fuente: Manual de operación y mantenimiento OT 38600 C.I Naturmega

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general: Proponer una mejora en plan de mantenimiento preventivo de la torre de enfriamiento de la planta de destilación molecular en la empresa C.I. Naturmega S.A. mediante análisis de indicadores de temperatura y costos de mantenimiento, con el fin de lograr una mayor disponibilidad y confiabilidad del equipo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual del plan de mantenimiento de la torre de enfriamiento de C.I. Naturmega S.A. para conocer su estado.
- Emplear un nuevo plan mantenimiento preventivo, mediante una propuesta de mejora basada en revisiones periódicas y cambios continuos a los componentes de la torre, que permitan eliminar o reducir la ocurrencia de una potencia de falla en el equipo de enfriamiento de C.I Naturmega S.A.
- Desarrollar tareas adicionales de mantenimiento mediante la metodología de análisis de criticidad en los componentes críticos de la torre, con el fin de mantener los repuestos disponibles al momento de una falla para garantizar y reducir tiempos de paradas en la planta.

1.4 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Como se había mencionado anteriormente C.I Naturmega S.A es una compañía que ofrece al mercado nacional e internacional productos para el sector de la salud y cuenta con grandes tecnologías para diseñar, fabricar y comercializar productos naturales innovadores de uso farmacéutico y nutricional.

Esta propuesta surge con el fin de mejorar la operación y funcionamiento de la torre de enfriamiento PP800M, para así lograr los niveles de producción deseados asegurando su calidad e incluso poder generar nuevos proyectos de investigación para el mejoramiento continuo de la planta.

El sistema de enfriamiento de agua en un proceso de suma importancia en la planta ya que este es el encargo de suministrar agua fría para la refrigeración de los equipos de tal manera que estos garanticen una temperatura equilibrada. Para reducir costos, tener seguridad, mejor ambiente y una óptima producción.

2. MARCO TEORICO

Para este proyecto se emplearán diversas teorías, con el propósito de diseñar e implementar lo planteado, los cuales se muestran a continuación:

2.1 QUE ES MANTENIMIENTO

Para Muñoz¹, el mantenimiento se puede definir como el control constante de las instalaciones (en el caso de una planta) o de los componentes (en el caso de un producto), así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema en general. Por lo tanto, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles, sobre equipos y maquinarias, sobre edificios industriales, comerciales o de servicios específicos, sobre las mejoras introducidas al terreno y sobre cualquier otro tipo de bien productivo. El objetivo final del mantenimiento industrial se puede sintetizar en los siguientes puntos:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquinas.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

¹ MUÑOZ, maría. Mantenimiento industrial. Tesis ingeniería mecánica. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Área de ingeniería mecánica. 48 p.

2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para Caro y Altahona², el mantenimiento preventivo es también denominado “mantenimiento planificado” o periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo, se basa en la confiabilidad de los equipos sin considerar las características de una instalación dada, Es decir basado en unas inspecciones de medidas y control de nivel de las condiciones de los equipos y detecta las fallas antes que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en la producción, es efectuado bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema; tanto el operador como el fabricante pueden estipular el momento adecuado a través de manuales técnicos.

2.2.1 BENEFICIOS DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO: Para Montoya³, los beneficios de una plan de mantenimiento en una empresa son muchos ya que se puede lograr evitar paros innecesarios, se prevén fallas en los equipos, mejora la eficiencia de las maquinas, mejor calidad de producto, aumenta la vida útil de las maquinas, se logran detectar puntos débiles en los equipos o maquinas. Es una larga lista de ventajas que en última con lleva, en reducir los costos inútiles en una compañía.

Cuando un plan de mantenimiento preventivo se aplica correctamente se puede lograr tener las siguientes ventajas:

- Rendimiento operativo: esto se debe a que se eliminan las fallas en los equipos y componentes críticos, se logra diagnosticar las fallas futuras y generar soluciones rápidas.
- Seguridad laboral: esta se mejora ya que se busca garantizar la integridad de todos los trabajadores desarrollando protocolos para la realización adecuada de las actividades de mantenimiento.
- Costo de manteniendo: se logra disminuir los costos en una empresa ya que se genera un ahorro mediano y largo plazo debido a que se programan revisiones en una frecuencia adecuada y se disminuye el mantenimiento correctivo.

² CARO, Carlos y ALTAHONA, Dalis. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo en etec s.a. Monografía ingeniería mecánica. Cartagena: universidad tecnológica de bolívar. Facultad de ingeniería mecánica. Cartagena de indias. 2006. 78 p.

³ MONTOYA, Santiago. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa estructura del kaffe. Tesis ingeniería mecánica. Pereira: universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería mecánica. Pereira (Risaralda). 2017. 109p.

- Base de datos: como el mantenimiento se realiza en una frecuencia determinada se logra realizar estadísticas de mantenimiento para la toma de decisiones. Se disminuye el inventario de partes para los equipos.
- Aumento de la disponibilidad de los equipos y del proceso en la producción.

2.3 NORMA TECNICA COLOMBIANA 1486⁴

Es una Norma que establece reglas para la presentación de un trabajo escrito, cualquiera que sea su nivel de profundidad. Con esta se logrará entregar un trabajo escrito bien presentado tales como: trabajos de introducción a la investigación, trabajo de grado, trabajo de investigación profesional, ensayo, monografía, tesis, informe científico o técnico, y otros del mismo tipo. Esta Norma considera los requisitos de un trabajo escrito, con el fin de orientar al estudiante, docente e investigador en su elaboración. No se enfatiza en los aspectos metodológicos de la investigación, sino en los aspectos formales de la presentación.

2.4 TEORIA DE LA CRITICIDAD

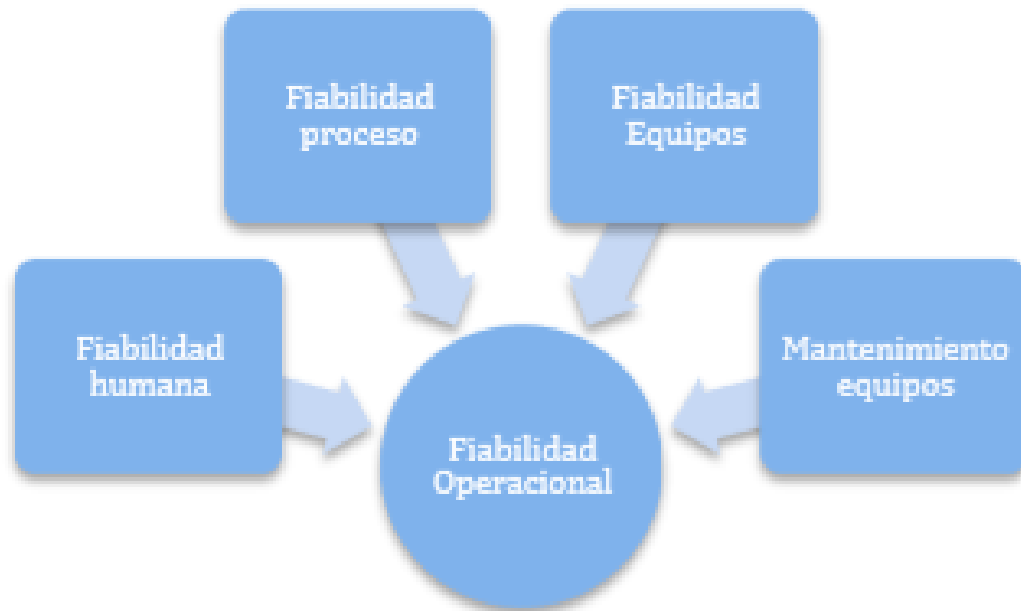
Según Prat⁵, “el análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas, y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la fiabilidad operacional, basado en la realidad actual.”

“La mejora de la fiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: fiabilidad del proceso, fiabilidad humana, fiabilidad de los equipos y mantenimiento de los equipos.”

⁴ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado, y otros trabajos de investigación. NTC-1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. 31-34 p.

⁵ PRAT, Miguel. Tesis análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una impresora industrial digital.2014.

Figura 5. Aspectos fundamentales de la fiabilidad industrial



Fuente: ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LA FIABILIDAD INDUSTRIAL. [En línea]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23229/Resum.pdf>. [Citado en año 2014].

- Identificación de los equipos a estudiar.
- Definición de alcance y objetivos de análisis, jerarquía, nivel y profundidad al que se quiere aplicar el estudio.
- Selección del grupo de trabajo. Encargado de definir el impacto de producción, económico, de personal, ambiental, costos de mantenimiento y seguridad.
- Recogida de datos y aplicación de las fórmulas de criticidad.

La ecuación matemática para valorar la criticidad es:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

2.4.1 Análisis de criticidad: El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer jerarquías entre instalaciones, sistemas, equipos y sus elementos. Esta busca establecer impactos totales al negocio los cuales se obtienen del producto de la frecuencia de fallas por la severidad de su ocurrencia, sumándole

efectos en la población, daños al personal, impacto ambiental, pérdida de producción y daños en la instalación [4].

Existen varios métodos de calcular la criticidad, métodos cualitativos, semi-cuantitativos y cuantitativos.

Para determinar la criticidad de un equipo, se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla como la descrita en la figura 6. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en el otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad en estudio si le ocurre una falla.

Figura 6. Matriz de criticidad



Fuente: ROMERO CARRANZA, José Luis Pablo. Análisis de criticidad y estudio RCM del equipo de máxima criticidad de una planta desmotadora de algodón. Trabajo de grado Ingeniero industrial. Sevilla.: ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA. 2013. 91 p

En la matriz se pueden evidenciar tres colores los cuales representan el grado de intensidad de la criticidad. Cuantitativamente hablando, la criticidad puede ser calculada multiplicando la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de una falla por la suma de las consecuencias de las mismas, estableciendo rangos de valores para homologar los criterios de evaluación.

2.5 TACTICAS DEL MANTENIMIENTO

El objetivo de implementar tácticas de mantenimiento en una empresa está principalmente dirigido a preservar el funcionamiento de una máquina, de forma que se incremente al máximo su disponibilidad y que así la producción alcance los niveles deseados. Así pues, generalmente se puede hablar de mantenimiento planificado o no planificado; a partir de estos dos, se desprenden las diferentes tácticas de mantenimiento que existen en la actualidad las cuales son descritas en la tabla.

Tabla 2. Diagrama comparativo tácticas de mantenimiento

	Respaldo de alta gerencia	Reducción de paros de máquinas	Reducción de costos de producción	Estándares de seguridad industrial y protección al medio ambiente	Mejoramiento de la calidad del producto terminado
TPM	Involucra a todo el personal de la empresa	Utiliza plenación, capacitaciones, entrenamientos y mejoras orientadas	Mayor control en recursos debido a la planeación de paradas de mtto	Se centra en la reducción de riesgos creando una cultura de seguridad y de medio ambiente	Mejora la calidad a partir del incremento en la eficiencia de las máquinas
RCM	No busca un impacto en toda la organización	Se disminuyen modos de falla, se optimizan los recursos y se realizan tareas seguras	Genera ahorro en presupuesto. Permite prolongar la vida útil de las máquinas	Busca mayor seguridad de los empleados y disminución del impacto ambiental	Se puede obtener mejor comportamiento de los equipos lo cual mejora la calidad

Fuente: Adaptado de: JIMÉNEZ, José Andrés. Tácticas de mantenimiento. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Medellín.: Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2010. 91 p

Tabla 3. Diagrama comparativo tácticas de mantenimiento (continuación)

PMO	La revisión y aceptación juegan un papel muy importante	Se hace un análisis de modos de fallas y efectos. Se facilita la planeación	Más flexible y efectivo que RCM: mejor control de los costos de mtto sin afectar producción	Busca actuar frente a equipos críticos que atenten contra la seguridad y el medio ambiente	Se controla estadísticamente los procesos a partir de los monitoreos por condición
PROACTIVO	Los directivos deben estar constantemente informados	Toma en cuenta el mantenimiento planeado y acciones predictivas	Reducción de costos a partir de la relación costo beneficio al ejecutar acciones de mtto	Permite controlar fallas que atenten contra el medio ambiente	Se detectan y controlan fallas antes que ocurran para no afectar calidad
REACTIVO	La administración adquiere la mentalidad Run to fail	No busca reducir paros de máquinas	Disminución de costos significativa de mtto sin afectar producción	No se considera la protección del medio ambiente	No busca mejorar la calidad del producto terminado
WCM	Exige un cambio de actitud y de cultura en la organización	Se trazan metas y objetivos para ser cumplidos en un periodo de tiempo	Reducción de costos y desarrollo de competencias para mejorar competitividad	Se controlan y previenen fallas que atenten contra la seguridad y medio ambiente	Satisface totalmente todos los requerimientos de producción y calidad

Fuente: Adaptado de: JIMÉNEZ, José Andrés. Tácticas de mantenimiento. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Medellín.: Universidad EAFIT. Escuela de Ingeniería Mecánica. Departamento de Ingeniería Mecánica. 2010. 91 p

2.6 ANALISIS MODO DE FALLAS Y EFECTO⁶

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas, también conocido como AMEF o FMEA por sus siglas en inglés (Failure Mode Effect Analysis), nació en Estados Unidos a finales de la década del 40. Esta metodología desarrollada por la NASA, se creó con el propósito de evaluar la confiabilidad de los equipos, en la medida en que determina los efectos de las fallas de los mismos.

⁶ www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/analisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

2.6.1 QUE ES EL AMEF

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención.

Una de las ventajas potenciales del AMEF, es que esta herramienta es un documento dinámico, en el cual se puede recopilar y clasificar mucha información acerca de los productos, procesos y el sistema en general. La información es un capital invaluable de las organizaciones

2.6.2 TIPOS DE AMEF: El procedimiento AMEF puede aplicarse a:

- **Productos:** El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción.
- **Procesos:** El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
- **Sistemas:** El AMEF aplicado a sistemas sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño del software, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en su funcionamiento.
- **Otros:** El AMEF puede aplicarse a cualquier proceso en general en el que se pretendan identificar, clasificar y prevenir fallas mediante el análisis de sus efectos, y cuyas causas deban documentarse.

2.6.2.1 Ventajas potenciales del AMEF: Este procedimiento de análisis tiene una serie de ventajas potenciales significativas, por ejemplo:

- Identificar la posible falla de un producto, proceso o sistema.
- Conocer a fondo el producto, proceso o sistema.
- Identificar los efectos que pueden generar cada falla posible.

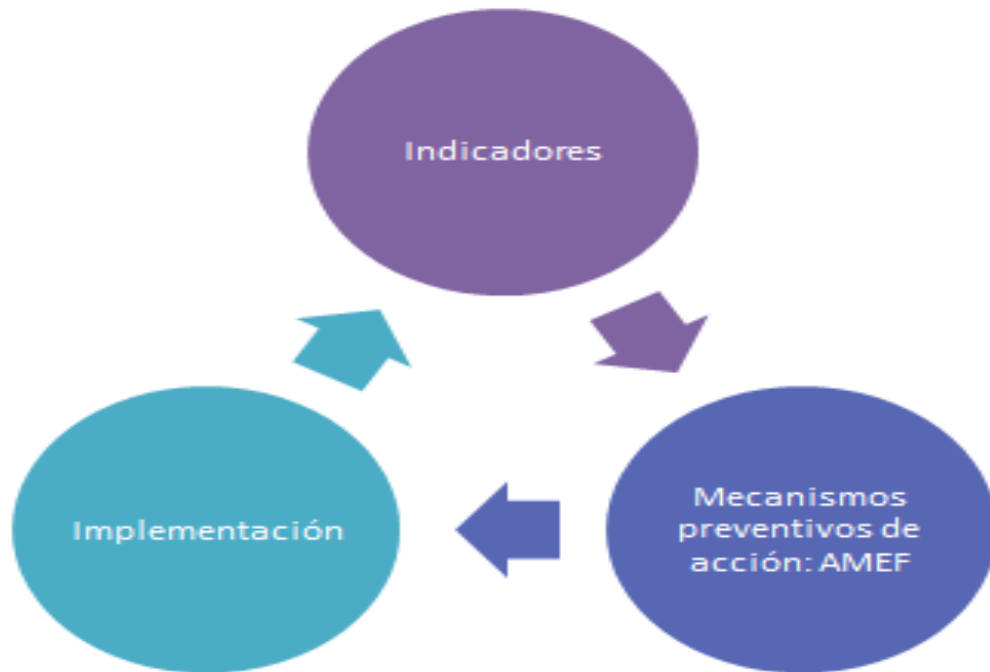
- Evaluar el nivel de criticidad (gravedad) de los efectos.
- Identificar las causas posibles de las fallas.
- Establecer niveles de confiabilidad para la detección de fallas.
- Evaluar mediante indicadores específicos la relación entre: gravedad, ocurrencia y detectabilidad.
- Documentar los planes de acción para minimizar los riesgos
- Identificar planes de mejora.
- Generar el know-how.
- Considerar la información del AMEF como recursos de capacitaciones en los procesos.

El AMEF es un procedimiento que enriquece a las organizaciones, de manera que considerar implementarlo no requiere de condiciones específicas de las operaciones. Sin embargo, pueden detectarse situaciones en los cuales el AMEF es una herramienta vital de soporte, por ejemplo:

- Diseño de nuevos productos y/o servicios.
- Diseño de procesos.
- Programas de mantenimiento preventivo.
- Etapas de documentación de procesos y producto.
- Etapas de recopilación de información como recurso de formación.
- Por exigencia de los clientes.

El AMEF es por excelencia la metodología propuesta como mecanismo de acción preventivo en el diagnóstico y la implementación del Lean Manufacturing. Este se activa por medio de los indicadores cuando se requiere prevenir la generación de problemas.

Figura 7. Proceso AMEF



Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

2.6.2.2 Que es un modo de falla: Un modo de falla es la forma en que un producto o proceso puede afectar el cumplimiento de las especificaciones, afectando al cliente, al colaborador o al proceso siguiente. Existen múltiples tipos de fallas y estas se presentan tanto en el análisis del diseño como en el análisis del proceso, por ejemplo:

- Fallas en el diseño: Roto, fracturado.
- Fallas en el proceso: Flojo, equivocado.

2.6.2.3 Que es un efecto: Un efecto puede considerarse como el impacto en el cliente o en el proceso siguiente, cuando el modo de falla se materializa

Tabla 4. Proceso efecto

Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Tabla 5. Proceso efecto (continuación)

4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Una vez se listan todas las fallas y los efectos, se procede a calificar la severidad (gravedad) de los efectos potenciales. Puede utilizarse la siguiente escala como guía:

Tabla 6. Proceso severidad

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Cualitativa	Efecto en el cliente	Efecto en el proceso
1	Ninguno	Sin efecto perceptible	Ligero inconveniente para la operación u operador.
2	Muy menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por clientes críticos (25%)	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.
3	Menor	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 50% de los clientes.	Una parte del producto puede tener que ser reprocesado. Sin desechos.
4	Muy bajo	No se cumple con el ajuste, acabados o presenta ruidos. Defecto notado por el 75% de los clientes.	El producto debe ser seleccionado y una parte reprocesada. Sin desechos.
5	Bajo	Producto con especificaciones de calidad o niveles de desempeño bajos. Operable o usable.	El 100% del producto debe ser reprocesado o reparado fuera de línea.

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Tabla 7. Proceso severidad (continuación)

6	Moderado	Producto operable o usable pero el cliente estará insatisfecho.	Una parte del producto puede tener que ser desechado sin selección o reparado con un tiempo y costo alto
7	Alto	Producto operable o usable pero el cliente estará muy insatisfecho.	El producto tiene que ser seleccionado y una parte reparada con un tiempo y costo alto
8	Muy alto	El producto es inoperable o inusable.	El 100% del producto debe ser desechado o puede ser reparado a un costo inviable.
9 - 10	Peligroso	En modo potencial afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental.	Puede exponer al peligro al operador o al equipo.

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Es necesario considerar que en caso de que una falla tenga efectos (cliente / proceso) con calificaciones diferentes, debe asignarse el mayor valor de severidad de los efectos.

Tabla 8. Asignación valor de la severidad

Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Tabla 9. Asignación valor de la severidad (continuación)

4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso	3

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

2.6.2.4 Indicación de las causas de cada falla y evaluación de la ocurrencia de las fallas: En este paso se deben relacionar las causas asociadas a cada falla identificada en el paso anterior. Además, se debe evaluar la ocurrencia de las fallas. Para evaluar la ocurrencia en un AMEF orientado al proceso, se recomienda utilizar un criterio, ya sea basado en probabilidad de fallas, en índices posibles de fallas basados en tantos por piezas, o en el índice de capacidad real Cpk. Puede utilizarse la siguiente escala como guía:

Tabla 10. Ocurrencias y Cpk

Calificación		Criterio	
Cuantitativa	Probabilidad	índice de fallas (tanto por piezas)	Cpk
1	Remota: falla improbable.	< 0,01 por 1000 piezas	> 1,67
2	Baja: Pocas fallas.	0,1 por 1000 piezas	> 1,30
3		0,5 por 1000 piezas	> 1,20
4	Moderada: Fallas ocasionales.	1 por 1000 piezas	> 1,10
5		2 por 1000 piezas	> 1,00
6		5 por 1000 piezas	> 0,94
7	Alta: Fallas frecuentes.	10 por 1000 piezas	> 0,86
8		20 por 1000 piezas	> 0,78
9	Muy alta: Fallas persistentes.	50 por 1000 piezas	> 0,55
10		> 100 por 1000 piezas	< 0,55

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

Ejemplo:

Tabla 11. Asignación ocurrencia

Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización	6
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

2.6.2.5 Indicación de controles (medidas de detección) que se tienen para detectar fallas y evaluarlas: En este paso se debe describir el tipo de control que se tiene para detectar cada falla. Además, se debe evaluar, en un escala del 1 al 10, la capacidad de detección de la misma; entre mayor sea la posibilidad de detectar la falla, menor será la calificación. Puede utilizarse la siguiente escala como guía:

Tabla 12. Indicador de control

Calificación		Tipos de inspección		
Cuantitativa	Criterio	A	B	C
1	Controles seguros para detectar: El ítem ha pasado a prueba de errores. Es casi improbable el hecho de realizar partes no conformes.	X		
2	Controles casi seguros para detectar: El ítem ha pasado por medición automática. No puede pasar la parte no conforme.	X	X	
3	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección inmediata del error en la estación o en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	X	X	
4	Controles con buena oportunidad de detectar: Detección del error en la estación siguiente. No pasa la unidad no conforme.	X	X	
5	Controles que pueden detectar: Mediciones "pasa" o "no pasa" realizado en el 100% de las partes después de dejar la estación.		X	
6	Controles que pueden detectar: Control en menos del 100% de las partes; puede estar apoyado en métodos estadísticos.		X	X
7	Controles con poca oportunidad de detectar: Control logrado con doble inspección visual.			X
8	Controles con poca oportunidad de detectar: Control efectuado con una inspección visual.			X
9	Controles que probablemente no detectarán: Control logrado con verificaciones indirectas o al azar.			X
10	Certeza absoluta de no detección: No se controla, no se detecta.			

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

A= Prueba de error.

B= Medición automatizada.

C= Inspección visual/manual.

Tabla 13. Asignación indicador de control

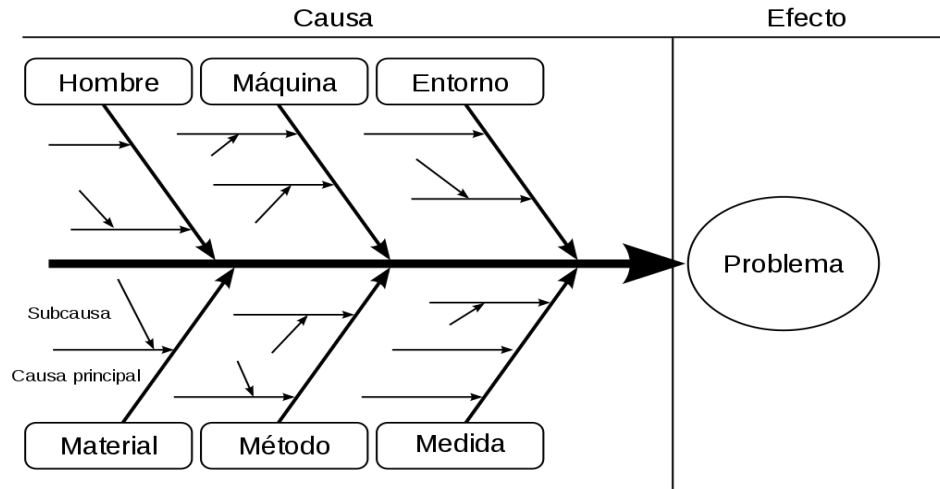
Nº	Función del proceso	Falla potencial	Efecto potencial de la falla	Severidad	Causas potenciales de las fallas	Ocurrencia	Control actual del proceso	Detección
1	CORTAR	Cortar un área menor a la especificada	No se puede armar el bolsillo con las dimensiones correctas. Parte descartada.	6	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	4	Inspección simultánea con la operación.	3
2	CORTAR	Cortar un área mayor a la especificada	Reproceso de corte hasta lograr las dimensiones correctas.	3	Falta de pericia del operador; moldes imperfectos; instrumento de corte defectuoso.	5	Inspección simultánea con la operación.	3
3	CORTAR	Romper el centro de la tela con las tijeras	No se puede ensamblar un bolsillo con rotos en el centro. Parte descartada.	8	Falta de pericia del operador; instrumento de corte defectuoso; condiciones de luz deficientes.	3	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	3
4	CORTAR	Manchar la tela con suciedad de las tijeras.	Alteración del color de la tela. Producto terminado no conforme.	5	Falta de limpieza, orden y estandarización	6	Inspección simultánea con la operación / Inspección final.	5
5	CORTAR	Cortar el cuerpo del operario.	Accidente, incapacidad del operario, proceso interrumpido, alteración del color de la tela.	10	Falta de pericia del operador; uso inadecuado o falta de elementos de protección personal.	2	Operario.	1
6	CORTAR	Cortar o entregar piezas incompletas.	No se puede coser un bolsillo con piezas incompletas. Proceso siguiente afectado. Reproceso	3	Falta de pericia del operador; carencia de herramientas de control de unidades en proceso.	6	Inspección final de corte / Conteo inicial en costura.	4

Fuente: lean-manufacturing/análisis-del-modo-y-efecto-de-fallas-amef/

2.6.3 DIAGRAMA ISHIKAWA: El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal, se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pez. Consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha. Es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como lo son; calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el licenciado en química japonés Kaoru Ishikawa en el año 1943.

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.

Figura 8. Diagrama Ishikawa



Fuente: Diagrama_de_Ishikawa#/media/File:Diagrama-general-de-causa-efecto.svg

2.7 TORRES DE ENFRIAMIENTO⁷

2.7.1 Funcionamiento de las torres de enfriamiento: En las torres de enfriamiento se consigue disminuir la temperatura del agua caliente que proviene de un circuito de refrigeración mediante la transferencia de calor y materia al aire que circula por el interior de la torre. A fin de mejorar el contacto aire-agua, se utiliza un entramado denominado “relleno”. El agua entra en la torre por la parte superior y se distribuye uniformemente sobre el relleno utilizando pulverizadores. De esta forma, se consigue un contacto óptimo entre el agua y el aire atmosférico.

El relleno sirve para aumentar el tiempo y la superficie de intercambio entre el agua y el aire. Una vez establecido el contacto entre el agua y el aire, tiene lugar una cesión de calor del agua hacia el aire. Ésta se produce debido a dos mecanismos: la transmisión de calor por convección y la transferencia de vapor desde el agua al aire, con el consiguiente enfriamiento del agua debido a la evaporación.

En la transmisión de calor por convección, se produce un flujo de calor en dirección al aire que rodea el agua a causa de la diferencia de temperaturas entre ambos fluido.

⁷ <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre.htm>

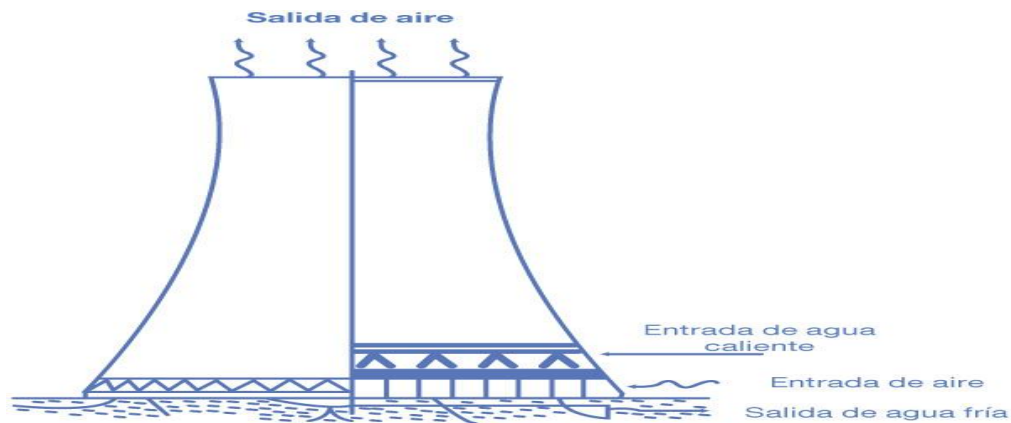
Alrededor del 90 % del flujo térmico es debido al fenómeno de enfriamiento por evaporación. Al entrar en contacto el aire con el agua se forma una fina película de aire húmedo saturado sobre la lámina de agua que desciende por el relleno. Esto es debido a que la presión parcial de vapor de agua en la película de aire es superior a la del aire húmedo que circula por la torre, produciéndose una cesión de vapor de agua (evaporación). Esta masa de agua evaporada extrae el calor latente de vaporización del propio líquido. Este calor latente es cedido al aire, obteniéndose un enfriamiento del agua y un aumento de la temperatura del aire. La diferencia de temperaturas del agua a la salida y la temperatura húmeda del aire se llama «acercamiento» o “aproximación”, ya que representa el límite termodinámico de enfriamiento al que puede llegar el agua.

2.7.2 Clasificación de las torres de enfriamiento: La forma más simple y usual de clasificar las torres de enfriamiento es según la forma en que se mueve el aire a través de éstas. Según este criterio, existen torres de circulación natural y torres de tiro mecánico. En las torres de circulación natural, el movimiento del aire sólo depende de las condiciones climáticas y ambientales. Las torres de tiro mecánico utilizan ventiladores para mover el aire a través del relleno.

2.7.2.1 Torres de circulación natural: Se clasifican, a su vez, en torres atmosféricas y en torres de tiro natural.

Las torres atmosféricas actualmente, están en desuso. Una torre de tiro natural es aquella en la que el aire es inducido por una gran chimenea situada sobre el relleno. La diferencia de densidades entre el aire húmedo caliente y el aire atmosférico es el principal motivo por el cual se crea el tiro de aire a través de la torre, junto con la velocidad del viento. Por ambos motivos, las torres de tiro natural han de ser altas y, además, deben tener una sección transversal grande para facilitar el movimiento del aire ascendente. Estas torres son muy indicadas para enfriar grandes caudales de agua. Estas torres son muy utilizadas en centrales térmicas; muy pocas veces son aplicables a plantas industriales debido a la fuerte inversión inicial necesaria.

Figura 9. Torre de tiro natural

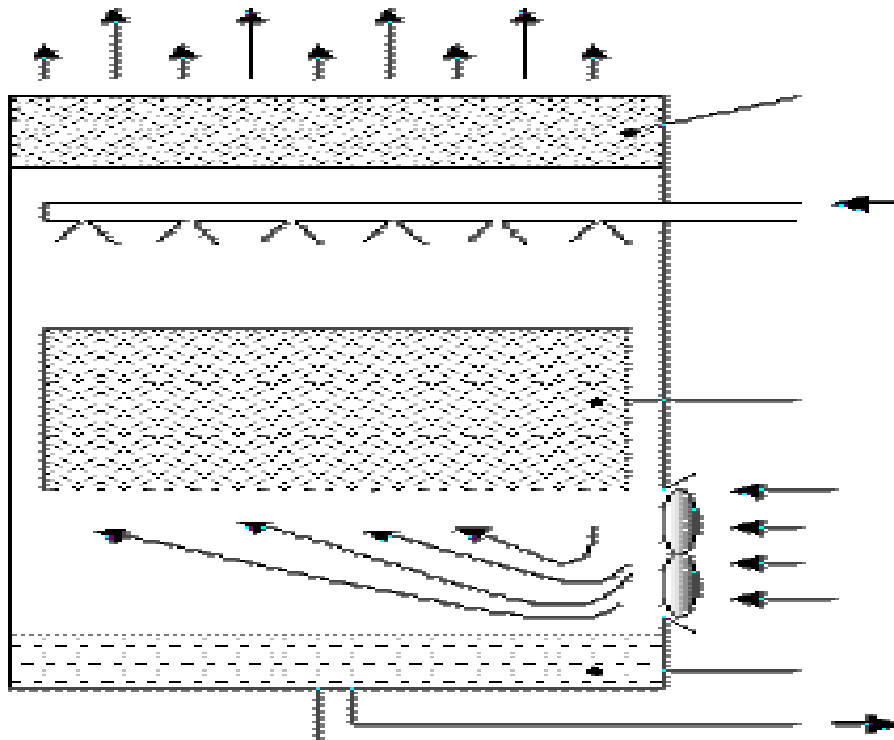


Fuente: <https://www.google.com/search?q=torres+de+enfriamiento+tiro+natural>

2.7.2.2 Torres de tiro mecánico: Se trata de torres compactas, con una sección transversal y una altura de bombeo pequeñas en comparación con las torres de tiro natural. En estas torres se puede controlar de forma precisa la temperatura del agua de salida, y se pueden lograr valores de acercamiento muy pequeños (hasta de 1 o 2 °C, aunque en la práctica acostumbra a ser de 3 o 4 °C). Si el ventilador se encuentra situado en la entrada de aire, el tiro es forzado. Cuando el ventilador se ubica en la zona de descarga del aire, se habla de tiro inducido.

En las torres de tiro forzado el aire se descarga a baja velocidad por la parte superior de la torre (10). Estas torres son, casi siempre, de flujo a contracorriente. Son más eficientes que las torres de tiro inducido, puesto que la presión dinámica convertida a estática realiza un trabajo útil. El aire que se mueve es aire frío de mayor densidad.

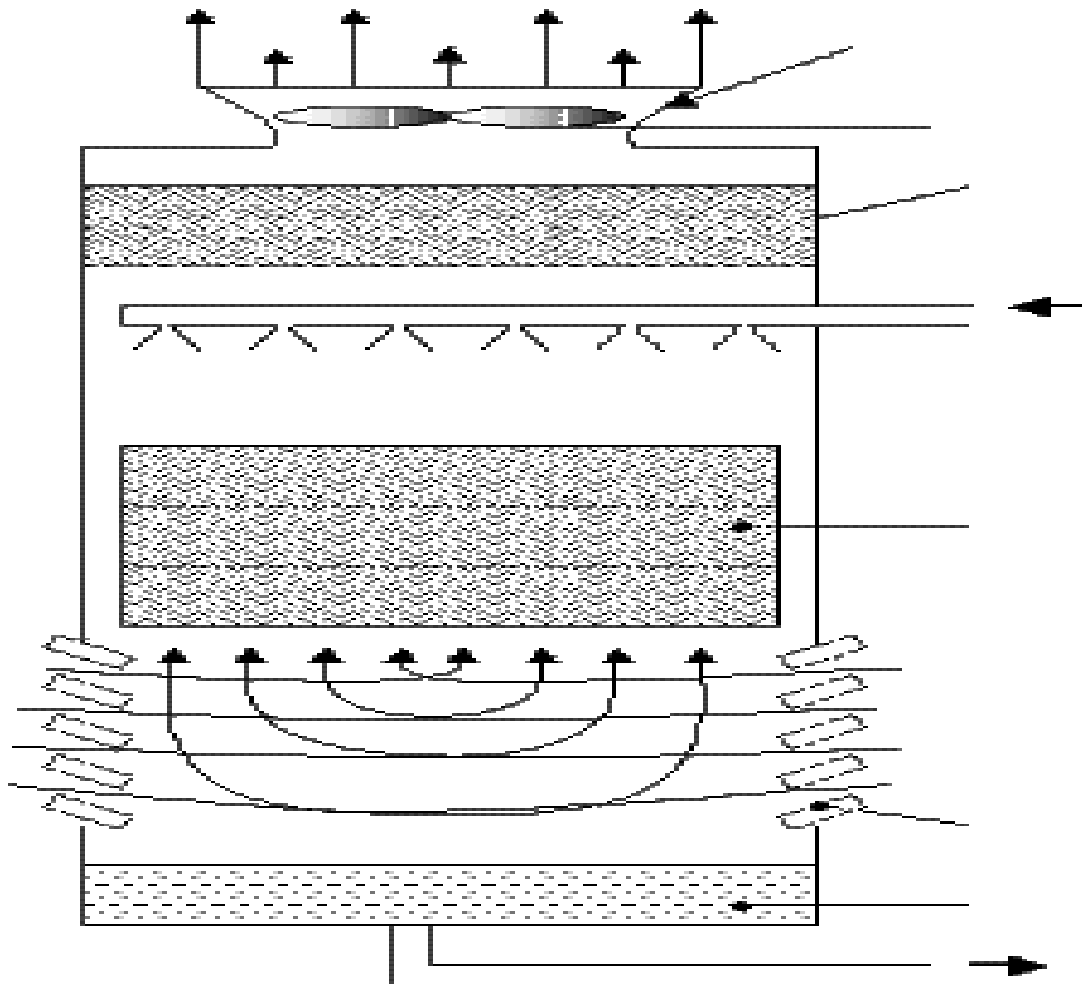
Figura 10. Torre de flujo a contracorriente y tiro forzado.



Fuente: <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre.htm>

En el caso de tiro inducido. Esto también significa que el equipo mecánico tendrá una duración mayor que en el caso de tiro inducido, ya que el ventilador trabaja con aire frío y no saturado, menos corrosivo que el aire caliente y saturado de la salida, Como inconveniente debe mencionarse la posibilidad de que exista recirculación del aire de salida hacia la zona de baja presión, creada por el ventilador en la entrada de aire.

Figura 11. Torre de flujo a contracorriente y tiro inducido.



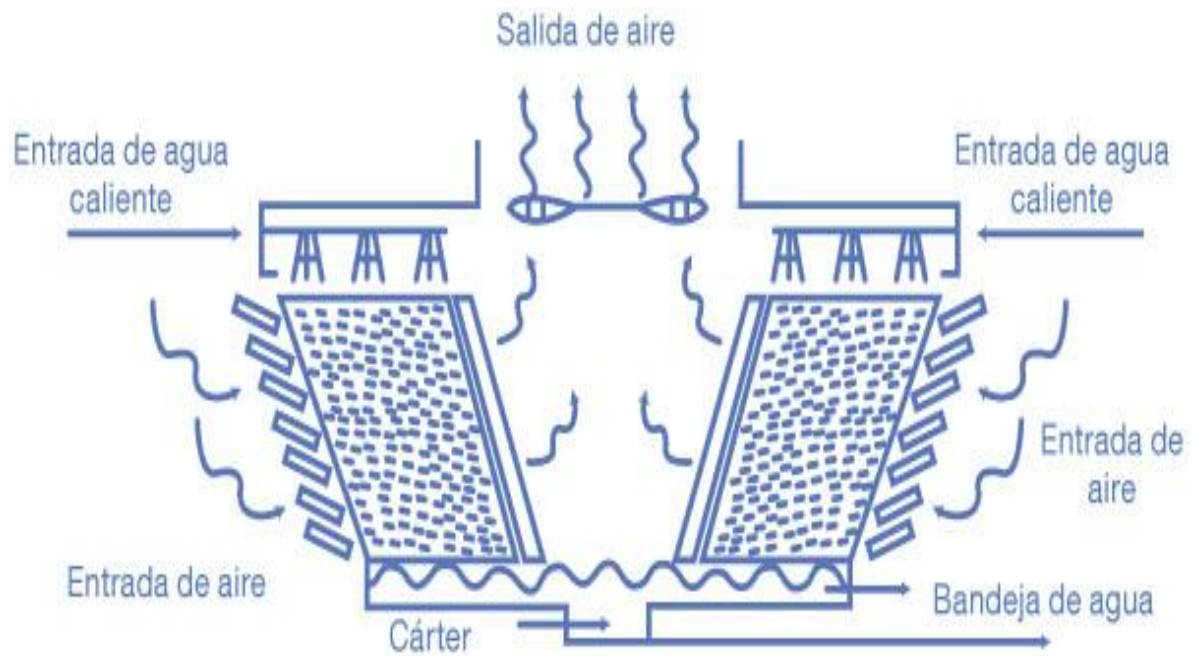
Fuente: <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/Torre.htm>

Las torres de tiro inducido pueden ser de flujo a contracorriente o de flujo cruzado. El flujo a contracorriente significa que el aire se mueve verticalmente a través del relleno, de manera que los flujos de agua y de aire tienen la misma dirección pero sentido opuesto (12).

La ventaja que tiene este tipo de torres es que el agua más fría se pone en contacto con el aire más seco, lográndose un máximo rendimiento. En éstas, el aire puede entrar a través de una o más paredes de la torre, con lo cual se consigue reducir en gran medida la altura de la entrada de aire. Además, la elevada velocidad con la que entra el aire hace que exista el riesgo de arrastre de suciedad y cuerpos extraños dentro de la torre. La resistencia del aire que asciende contra el agua que

cae se traduce en una gran pérdida de presión estática y en un aumento de la potencia de ventilación en comparación con las torres de flujo cruzado.

Figura 12. Torre de flujo cruzado (tiro inducido)



Fuente: <https://www.google.com/search?q=Torre+de+flujo+cruzado>

En las torres de flujo cruzado, el aire circula en dirección perpendicular respecto al agua que desciende (Fig. 12). Estas torres tienen una altura menor que las torres de flujo a contracorriente, ya que la altura total de la torre es prácticamente igual a la del relleno. El mantenimiento de estas torres es menos complicado que en el caso de las torres a contracorriente, debido a la facilidad con la que se pueden inspeccionar los distintos componentes internos de la torre. La principal desventaja de estas torres es que no son recomendables para aquellos casos en los que se requiera un gran salto térmico y un valor de acercamiento pequeño, puesto que ello significará más superficie transversal y más potencia de ventilación, que en el caso de una torre de flujo a contracorriente.

Método operatorio: Elegir los caudales de agua caliente y aire. Esperar a la estabilización de las temperaturas. Anotar todas las indicaciones del banco de ensayos. Repetir el ensayo con varias combinaciones de caudales diferentes o con otro relleno de torre.

Trabajo de gabinete: A partir de los datos de que dispongamos y de los que hayamos obtenido por medición directa, se hallará Analizar los resultados obtenidos y realizar el informe de la práctica según las normas generales de elaboración de informes de laboratorio.

3. MARCO CONCEPTUAL

En el desarrollo de esta investigación, hay que tener en cuenta que al momento de aplicarlo se deben definir términos técnicos permitientes al desarrollo del proyecto como:

Mantenimiento: se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.⁸

Mantenimiento preventivo: consiste de aquellas acciones que se llevan a cabo para evitar que se produzca problemas o fallas a futuros en algún equipo, maquina o dispositivo que se utiliza con un fin laboral o doméstico.⁹

Plan de mantenimiento: es un modelo de gestión que define los programas de mantenimiento a los activos, con los objetivos de mejorar las efectividades de esto, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad.¹⁰

Metodología: se define como le grupo de mecanismos o procedimientos racionales, empleados para el logro de un objetivo, o serie de objetivos que dirige una investigación.¹¹

Análisis criticidad: es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la

⁸ GARCIA GARRIDO, Santiago. Ingeniería de mantenimiento, manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento industrial. 2009-2012. P.3. ISBN- 10: 84-616-5617-2.

⁹ DEFINICION ABC. Mantenimiento preventivo. en línea, <https://www.definicionabc.com/tecnologia/mantenimiento-preventivo.php>. 2007

¹⁰ RELIABILITYWEB.COM. Definición de las frecuencias para un plan de mantenimiento. En línea: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>.

¹¹ CONCEPTODEFINICION.DE. metodología. En línea: <https://conceptodefinicion.de/metodologia/>. 2014.

toma de decisiones. Para realizar un análisis de criticidad se debe: definir un alcance y propósito para el análisis, establecer los criterios de evaluación y seleccionar un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas objeto de análisis.¹²

Mantenimiento centrado en la confiabilidad: La industria de la aviación fue la primera en darse cuenta que se debe dedicar tanto esfuerzo en asegurarse que se están realizando las tareas correctamente, como en asegurarse que se están haciendo las tareas correctas. Esto dio lugar al desarrollo de mecanismos de toma de decisiones que se conocieron en el gremio como MSNG3 y fuera de este como RCM o Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

En casi todos los sectores RCM se está convirtiendo en el mecanismo de custodia de los activos físicos, debido a que no existe otra técnica que determine de manera segura las cantidades mínimas de tareas necesarias para que el activo preserve su función. La definición de RCM sería entonces: "Proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual."¹³

¹² RAMIREZ QUINTERO, José. Criticidad y FMA. Universidad pamplona, ingeniería mecánica. Pamplona. 2014.

¹³ MOUBRAY, John. Mantenimiento centrado en confiabilidad. Mexico: Aladon, 2004.

4. METODOLOGIA

Para el desarrollo de este proyecto de grado se utilizó como tipo de metodología investigativa, puesto que este intenta descubrir, establecer y deducir las relaciones causalmente funcionales que existen entre las variables estudiadas de la torre, y sirve para explicar cómo, cuándo, dónde y por qué ocurre un fenómeno y a la vez busca plantear mejoras para evitar o minimizar fallas.

4.1 TIPO DE INVESTIGACION

La investigación desarrollada en este trabajo es de campo - aplicada, Esto se realizó en parte mediante trabajo de campo y observación directa de las actividades de mantenimiento de los equipos y máquinas y la otra parte mediante trabajo investigativo para determinar las mejores técnicas y recursos para llevarlo a cabo.

4.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de Investigación de este trabajo es de tipo Descriptivo el cual tiene como objeto la descripción precisa del evento de estudio, este tipo de investigación se asocia al diagnóstico realizado de la situación. Su propósito se basa en exponer el evento estudiado, haciendo una enumeración detallada de sus características, de modo tal que en los resultados se pueden obtener dos niveles, dependiendo del fenómeno y del propósito del investigador:

4.3 METODOLOGIA DE DESARROLLO

Para la elaboración de nuestra propuesta de mejora la metodología implementada fue desarrollada fue de la siguiente manera:

- Recolectar toda la información del equipo, hoja de vida, manual del equipo, historial del equipo y procedimiento de operación si existen.
- Iniciar con la recopilación de información de las fallas presentadas en el equipo, la cual debe estar reportado en la hoja de vida del equipo en el año 2015.
- Verificar si existe listado de componentes y repuestos de la torre de enfriamiento.

- Después de tener toda la información del equipo que es objeto de estudio. Se procederá a realizar un análisis detallado de la información, estableciendo el Pareto de las fallas, análisis de indicadores del equipo el área donde pertenece el equipo, revisar la eficiencia actual del equipo vs la nominal.
- Desarrollar un modelo de matriz de criticidad y riesgo al equipo con sus componentes, para establecer los componentes más críticos y las estrategias que nos ayuden a mitigar el impacto de la pérdida de función de sus componentes.
- Teniendo los datos necesarios, se procede a realizar una propuesta del plan de mantenimiento basado en modo de falla y efecto para la torre de enfriamiento.

Figura 13. Metodología de trabajo



4.4 POBLACION

La población que participara en el desarrollo del presente trabajo es:

- Compañía Naturmega.
- Área de mantenimiento.
- Torre de enfriamiento
- Personal de mantenimiento.

4.5 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

- Visita de campo a la empresa.
- Inspección de formatos.
- Inspección de programa de mantenimiento.
- Inspección del estado del equipo.
- Reuniones con personal de mantenimiento.

5. ANÁLISIS DE RESULTADO

5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se realiza visita a la empresa C.I Naturmega en el área de mantenimiento, para la recolección de información y se encontraron los siguientes archivos:

- Hoja de Vida del equipo.
- Historial del equipo.
- Ruta de mantenimiento.
- Programa de Mantenimiento preventivo.
- Análisis de costos en mano de obra.
- Cotizaciones.

Tabla 14. Formato de tarjeta maestra

		FOM-04 TARJETA MAESTRA	
EQUIPO: TORRE DE ENFRIAMIENTO DE DESTILACION MOLECULAR			
	MARCA:	PROTON	TAG: T-01
	MODELO:	PP800M	PEDIDO No: OCN 007-07
	TIPO:	N.D.	FECHA: 2007-09-28.
	SERIE:	274117	VALOR: \$ 31,800,000
	TIEMPO DE OPERACIÓN : 24 HORAS ☒ INTERMITENTE ☐		
CONTACTO:		DIEGO RAMIREZ (info@proton-colombia.com)	
PROVEEDOR:		PROTON LTDA	
DIRECCIÓN Y TEL:		CARRERA 53 A No 9-42 SANTA FE DE BOGOTA TEL: 2604706 - 2603294	
OTROS DATOS:		LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA ES DE 31,2 °C, LA TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO 28 °C Y LA MAXIMA DISMINUCION DE TEMPERATURA QUE SE PUEDE LOGRAR EN EL PROCESO ES DE 5,56 °C, EL CUERPO DE LA TORRE FUE FABRICADO EN RESINA DE POLIESTER, REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO. ESTA TORRE UTILIZA UN VENTILADOR AXIAL MODELO VA 2066-4, DE UN DIAMETRO DE 2066 mm, EL CUAL MANEJA UN CAUDAL DE 25,19 m3/h Y EL CUAL TIENE UNA VELOCIDAD TANGENCIAL DE 64,9 m/s, ESTE POSEE 4 ASPAS, LAS CUALES ESTAN HECHAS EN EL MATERIAL PRFV, CON UN ANGULO DE INCLINACION DE 9 °, LA MANZANA DE LAS ASPAS ESTA HECHA EN FUNDICION DE ALUMINIO, CON UN DIAMETRO EXTERNO DE 198 mm Y UNA LONGITUD DE 151 mm, LA REFERENCIA DEL ELIMINADOR DE GOTA ES MARCA BRENTWOOD, HECHO EN CPVC, ES DE TIPO CELULAR DE 3 PASOS Y FABRICADO EN FORMA LABERINTICA. LA REFERENCIA DE LA CORREA ES B138, CANT: 3, LA POTENCIA TERMICA ES DE 808,400 KCAL/h	
SERVICIOS:			
AIRE	N.A.	CAUDAL	N.A.
PRESION	N.A.	AMPERIOS	17
ENERGIA	X	CAUDAL	N.A.
VOLTIOS	460	CAUDAL	TEMPERATURA (°C) 30°C
VAPOR	N.A.	CAUDAL	N.A.
PRESION	N.A.	CAUDAL	N.A.
AGUA	X	CAUDAL	N.A.
PRESION	14.7 PSI	CAUDAL	N.A.
GAS	N.A.	CAUDAL	N.A.
TIPO	N.A.	CAUDAL	N.A.
MOTORES ELECTRICOS- VENTILADOR			
IT	VOLTIOS	RPM	HP
1	460	900	12
NUEVO-MOTOR			
IT	VOLTIOS	RPM	HP
1	460	1740	12
MOTOR BOMBA			
IT	VOLTIOS	RPM	HP
		3510	25HP
REDUCTORES			
IT	RPM ENTRADA	RPM SALIDA	HP
	N.A.	N.A.	N.A.
LUBRICACION			
PARTES A LUBRICAR		MÉTODO	LUBRICANTE
Housing central		Grasera	Grasa EP2
TRABAJOS A EJECUTAR		TIEMPO (h)	FRECUENCIA
Comparar amp. operación Vs. Amp nominal motor		0,25	Mensual
Mito motor: mito al rotor, cambio de rodamientos		N.A.	N.A.
MECÁNICO			
TRABAJOS A EJECUTAR		TIEMPO (h)	FRECUENCIA
Cambiar el agua de la piscina		6	Mensual
Revisar apriete de la tornilleria tanto de los ventiladores como de todo el sistema de transmision.		0,75	Mensual
Revisar tension y estado de las correas		0,5	Mensual
Lavado de las aspás con soluciones desengrasantes sin desbalancear el ventilador. Puede ser con agua y jabon		2	Bimestral
Lavado exterior de la torre con agua y jabon		8	Bimestral
Realizar control de vibraciones y ruidos a los ventiladores		N.A.	Trimestral
Verificar angulo de inclinación de las aspás		2	Trimestral
Pintar las diferentes partes del sistema de transmisión y del ventilador para evitar la oxidación		N.A.	Semestral
Limpieza de relleno - ver procedimiento en el catalogo		12	Trimestral
Limpieza del eliminador de gota		6	Trimestral
Pintura exterior en interior del cuerpo de la torre-evitar uso de solventes basados en toluenos, xilenos y otros que ataquen químicamente la resina.		N.A.	2 años
CALIBRACION			
PARAMETROS		ENTRADA	SALIDA
N.A.		N.A.	N.A.
REPUESTOS CRITICOS			
IT	DESCRIPCION	PARTE No.	PROVEEDORES
1	RELLENO MULTICELDA TORRE PP800M, 920 MM ALTURA, 3 PISOS	630000059	PROTON
2	ELIMINADOR DE GOTA BRENTWOOD, ALTURA 130 mm	630000058	PROTON
3	RODAMIENTO REF:6208 C-3 MOTOR TORRE	612003729	
4	RODAMIENTOS DE RODILLOS REF:32310 (HOUSING VENTILADOR)	612000297	
5	CORREA REF: B-138 (LLEVA 3)	612000288	AR. LOS RESTREPOS-ROPAIN

Fuente: Manual del equipo. C.I Naturmega 2016

Tabla 15. Formato Historia del equipo

		FOM-05		HISTORIA DEL EQUIPO					
MAQUINA:	TORRE DE ENFRIAMIENTO DM	TAG:	T 01	MARCA:	PROTON				
SERIE:	274117	UBICACIÓN:	ZONA CALDERA 2 PISO	CRITICIDAD:	NA				
FECHA	DESCRIPCION DEL TRABAJO	HORAS PROD. PERDIDA	REPUESTOS/CONSUMIBLES/ MATERIALES UTILIZADOS	REPUESTOS/CONSUMIBLES/MATERIALES	MANO DE OBRA	COSTO MANO DE OBRA	COSTO TOTAL DEL MTT		
2/01/2014	Se realiza cambio de correa al ventilador de esta torre (3) ref. B-138.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
20/02/2014	Se lubrica housing central del ventilador con grasa multiproposico.	0,6				\$ 6.175	\$ 3.705	\$ 3.705	
12/03/2014	Se hace lavado del equipo exterior de esta bomba y se lavan las persianas, se lavan las barandas y escaleras, se hace lubricacion funcionano normalmente. ORDEN DE TRABAJO No. 2488.	3,8				\$ 6.175	\$ 23.465	\$ 23.465	
13/03/2014	Se revisa parte de control y fuerza se verifica el contactor y guardamotor, se revisa el consumo de amperaje y voltaje: L1.- 17.2A L2.-17.3A L3.-17.2A dentro de lo estalecido, se revisa ele stato de la caperuza y variadores, todo en buen estado. ORDEN DE TRABAJO No. 2486.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
15/06/2014	Por parte del electrico encontro averia del cable que alimenta la bomba en la bonera y se pone al servicio el ventilador, luego la bomba B-01B marcando rpesion de 4bar, se hace cambio de torre, quedando habilitada la torre de DM y se infoma al cordinador de turno Ing. Gustavo D. y al operador Q.Macias.	3				\$ 6.175	\$ 18.525	\$ 18.525	
11/09/2014	Sistema de lubricacion del housing central normal, estructura metalica soporte del ventilador con picadura de corrosion, aspa del ventilador en buen estado, se revisa aprete de tornilleria. ORDEN DE TRABAJO No. 2954	0,5				\$ 6.175	\$ 3.088	\$ 3.088	
22/09/2014	Se revisa parte de control y fuerza, el contactor y guardamotor el estado del consumo de amperaje y voltaje por lineas L1.- 16.6A L2.- 16.5A L3.- 16.3 A se revisa cableado, terminales, selector de fuerza, en buen estado ok. ORDEN DE TRABAJO No.2966.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
29/10/2014	Se realiza revision de las correas del ventilador de esta torre, se encuentran en buen estado, se bajan los filtros de las bombas de esta torre para realizarles limpieza quedando OK.	2				\$ 6.175	\$ 12.350	\$ 12.350	
2/01/2015	Equipo en serviciotrabajando normalmente, no presenta fuga por el cuerpo de la torre valvulas y/o tuberias, lubricaion normal, husing lubricacion normal vsualmente , no presenta ruido extraños. ORDEN DE TRABAJO No. 3232	0,3				\$ 6.175	\$ 1.853	\$ 1.853	
23/12/2014	Se revisa parte de control y fuerza, se revisa el estado del contactor y guardamotor, se revisa el consumo de amperaje y voltaje por lineas: L1.- 16.7A L2.- 16.6A L3.- 16.1A se revisa cableado, terminales, guarda, ventilador, caperuza, se hace limpieza y se pinta el motor. ORDEN DE TRABAJO No. 3231.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
1/02/2015	Se realiza limpieza a es te equipo, se hace limpieza a se moe, filtros, piscina, revision estado del sistema de riego ok. ORDEN DE TRABAJO No. 3306.	8				\$ 6.175	\$ 49.400	\$ 49.400	
5/02/2015	Se revisa parte de control y fuerza, se mira estado del contactor y guarda motor. Se revisa ventilador, caperuza en buen estado, tornilleria, cableado, se hace limpieza y se pinta, se mide oniaje entre lineas y bobina en buen estado.ORDEN DE TRABAJO No.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
11/05/2015	Los niveles de vibraciones en el conjunto Motor/Ventilador se encuentran en condiciones de Operación continua sin restricciones, según norma ISO 10816-3. El equipo presenta valores RMS máximos de 6,14 mm/seg en sentido vertical en el rodamiento inferior del ventilador y 0,68 G's en sentido horizontal del motor lado polea. Espectralmente en la variable velocidad se aprecian frecuencias de tipo dinámico a la frecuencia de giro del ventilador (555 cpm), evidenciando desbalance muy leve. En la variable aceleración se aprecian frecuencias indicativas a ligera soltura en los elementos internos del motor. TRABAJO REALIZADO POR SEMAPI.	8				\$ 6.175	\$49.400	\$49.400	
13/04/2015	Se revisan intercambiadores colocando vapor por la entrada de H2O torre y esperamos que saliera por descarga.	2				\$ 6.175	\$ 12.350	\$ 12.350	
13/04/2015	Se revisa filtro, se encuentra en buen estado.	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
13/04/2015	Se cambia manometro descarga de la bomba 0 - 100 PSI quedando marcando en el vacio - 30 despues de la limpieza de vapor en el intercambiador	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
15/05/2015	Se realiza mantenimiento general de esta torre, lavado de rellenos, piscina, persianas, lubricacion del ventilador, revision de correas, ajuste de tornilleria, limpieza de filtros de la bomba. ORDEN DE TRABAJO No. 3726	12				\$ 6.175	\$ 74.100	\$ 74.100	
21/06/2015	se realiza revision general se verifica estado de guardas, se ajustan conexiones en tablero de control ORDEN DE TRABAJO No.3727	0,5				\$ 6.175	\$ 3.088	\$ 3.088	
2/07/2015	Se realiza trabajos programados de mantenimiento (parada de equipos) lavado de torre y piscina de la torre	8				\$ 6.175	\$ 49.400	\$ 49.400	
2/07/2015	Se realizo trabajo a este equipo por personal de producion, se revisa aspas del ventilador y se limpian quedando ok, se evidencia alta corrosion en la base del soporte del ventilador, se sugiere reparar tornilleria de ajuste normal. Se lubrica el housing central del ventilador. ORDEN DE TRABAJO No. 3825	9				\$ 6.175	\$ 55.575	\$ 55.575	
9/01/2016	se realiza revision de la correas del ventilador de esta torre, se encuentra en buen estado. Se realiza limpieza de filtros a las bombas de esta torre.	2				\$ 6.175	\$ 12.350	\$ 12.350	
17/01/2016	se le adiciona 3 kg de quimico a esta torre	1				\$ 6.175	\$ 6.175	\$ 6.175	
21/08/2017	Se hace lavado del equipo exterior de esta bomba y se lavan las persianas, se lavan las barandas y escaleras, se hace lubricacion funcionano normalmente.	8				\$ 6.175	\$ 49.400	\$ 49.400	

Fuente: Manual del equipo. C.I Naturmega 2016

	PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO CÓDIGO				Tipo		Rutinario	
	Habilidad	Mecánico	Descripción	Lavado Piscina Torres de Enfriamiento T-01 y T-02				
	Elaborado	R. Castilla	Revisado		Fech a	27/07/2017	Rev	

Hoja de ruta para lavado general de la torre

- **Propósito:** Realizar limpieza y lavado de la piscina de las torres de enfriamiento. Así también, buscar defectos en procura de evitar los siguientes modos de falla: tuberías tapadas por incrustaciones en el agua de torre. Pérdida de eficiencia en bombas de las torres.
- **Alcance:** Torres de enfriamiento T-01, T-02
- **Documentos de Referencia:**
- **Materiales, Herramientas y Equipos Especiales:** Hidrolavadora. (En caso de no contar con ella utilizar la red contra incendios). Escalera
- **Requerimientos de HSEC Relevantes:** Trabajo en áreas confinadas

Tabla 16. Procedimiento lavado de la torre

PASO A PASO DEL PROCEDIMIENTO	
1	Identificar equipo y realizar procedimiento de bloqueo
Aspectos Claves: - Antes de intervenir el equipo coordine con el operador del área - Presencia de tensión 440VAC - Riesgo de arco eléctrico y contacto con electricidad • Desconecte y bloquee todas las fuentes de energía y verifique que no haya tensión en los bornes del guarda motor.	
2	Retirar eliminadores de gotas y rellenos multiceldas
Aspectos Claves: - Se debe contar con otra persona para reciba cada uno de los elementos que deben ser retirados • Retire los filtros de succión de las bombas. Esto con el fin de que el agua que va a ser desalojada salga con mayor facilidad. • Ingresar por el manhole de la parte superior que se observa en la imagen:	



- Retirar primeramente los eliminadores de gota y pasárselos a la persona que está afuera de la torre
- Hacer lo mismo para los rellenos
- Inspeccionar visualmente las boquillas de distribución, las aspas del ventilador y las paredes internas de la torre en busca de corrosión, desgaste o posibles fisuras

3 Lavar piscina

- Ingrese la manguera de la red contra incendios por el manhole.
- Ajuste la presión necesaria y rocíe al agua sobre las tuberías internas y la superficie de la piscina.
- Con ayuda de una escoba remueva sobre los lugares donde observe mayor acumulación de residuos
- Repita los dos pasos anteriores hasta que observe que la piscina y la zona interna han quedado limpias. Verifique que el agua que se está evacuando está saliendo limpia.

NOTA: En caso de ser necesario coordine con otra persona para que ingrese a la torre y le ayude.

4	Instalar eliminadores de gotas y rellenos multiceldas
	• Instale primeramente los rellenos en la misma forma en que los encontró • Instale los eliminadores de gotas
5	Desbloqueo y entrega del equipo
	• Salga de la torre de enfriamiento y asegure los pernos de la tapa del manhole • Devuelva a su lugar la hidrolavadora o en su defecto la manguera de la red contra incendios junto con la escalera • Infórmele a un instrumentista que ya se puede realizar el desbloqueo del equipo y asegúrese de que este lo haga NOTA: No deje objetos extraños como herramientas o tornillos dentro de la torre de enfriamiento
	Entregable de la actividad
	• Indique las observaciones encontradas con respecto al estado del equipo. • Indique en el aviso los cambios o modificaciones realizadas para normalizar el equipo. • Si el equipo entra a operar y queda alguna novedad realice un aviso subsecuente, documentando claramente la anomalía a corregir.

Fuente: Procedimiento de mantenimiento PRM-02 C.I Naturmega. 2019

[illegible]

65

5.2 ANALISIS DE COSTOS DE MANO DE OBRA Y RELLENOS 2018.

FRECUENCIA DE CAMBIO	
Frecuencia anterior de rellenos	Cada 1 año
Nueva frecuencia de cambio	Cada 2 años
Ahorro al año	\$ 3.530.000

VALOR DE RELLENOS	
1er piso	\$ 2.150.000
2do piso	\$ 2.760.000
3er piso	\$ 2.150.000
Total	\$ 7.060.000

MANO DE OBRA				
Descripcion	Cantidad	Horas trabajadas	Valor unitario	Total
Valor hora de tecnicos	1	4	\$ 3.125	\$ 12.500
Valor suministro de herramientas	1	4	\$ 25.600	\$ 102.400
Valor Insumos de limpieza mecanica	1	4	\$ 18.500	\$ 74.000
Valor Dotacion de seguridad	1	4	\$ 14.500	\$ 58.000
				\$ 246.900
Para el lavado de la torre se requieren 4 personas y un tiempo total de 5 horas				
Descripcion	Cantidad	Horas trabajadas	Valor unitario	Total
Tecnicos	4	4	\$ 246.900	\$ 987.600
TOTAL MANO DE OBRA				\$ 987.600

5.2.1 Cotización relleno.



Señores
C.I. NATURMEGA S.A.
Ant. ING. JUAN CARLOS RODRIGUEZ
DEPARTAMENTO DE COMPRAS
Tel: +57 (5) 371 97 99
Email: compras@naturmega.com.co
Dir: Vía 40 No. 80-131
BARRANQUILLA-COLOMBIA

**ASUNTO: SUMINISTRO DE SEGUNDO PISO DE RELLENO PARA TORRE DE ENFRIAMIENTO
PP 800**

Respetados señores:

De acuerdo a su amable solicitud, tenemos el agrado de cotizar el suministro de segundo piso de relleno fílmico multicelda 12060 (2.07 m³) para la torre de enfriamiento PP 800, que operan en las instalaciones de Naturmega en Barranquilla. El repuesto se cotiza entregado en planta Naturmega Barranquilla. Las características del relleno se describen a continuación:

1. RELLENO FÍLMICO MULTICELDA 12060

Material:	P.V.C.
Inclinación:	60 °
Altura de panel:	300 mm
Profundidad de Ondulación:	12 mm
Área de transferencia:	228 m ² /m ³
Máxima temperatura de operación:	60 °C

2. PRECIOS

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VR TOTAL
1	SEGUNDO PISO DE RELLENO MULTICELDA TIPO FILMICO 12080, PARA TORRE DE ENFRIAMIENTO PP 800 (3.0m x 2.3m x 0.3m), ENTREGADO EN PLANTA NATURMEGA	m3	2.07	\$2,760,000

Nota: Los Valores cotizados antes de IVA.

NOTA: Cuando corresponda, se adjuntara la documentación técnica de los elementos suministrados. Toda la información adicional será facturada como adicional. Se excluye del suministro toda aquella provisión y/o servicios no expresamente indicados en el alcance de la presente propuesta. En caso de solicitar pólizas, seguros, impuestos de timbre, etc, todos los gastos de emisión serán por cuenta del cliente o comprador. Si los equipos se destinan a una empresa ubicada en zona franca la venta queda exenta de IVA, por tanto el cliente debe presentar la correspondiente resolución.

3. CONDICIONES COMERCIALES

Lugar de entrega: Sobre plataforma de camión a la entrada de instalaciones de Naturmega Barranquilla.

Plazo de entrega: 15 días después de recibida la orden de compra y el anticipo.

Forma de pago: 60 días fecha factura.

Garantía:

INDUSTRIAS PROTON LTDA garantiza la calidad de los REPUESTOS por el término de seis (6) meses contados a partir de la fecha de entrega, pero no se hace responsable por daños ocasionados por mal manejo, utilización de productos diferentes a los especificados, deficiencias de los equipos auxiliares e instalaciones no suministradas por INDUSTRIAS PROTON LTDA, daños ocasionados por terremotos, incendios o similares que no pueden ser imputados como responsabilidad de INDUSTRIAS PROTON LTDA, por mala fabricación o incorrecto diseño. Siempre que aparezca la palabra GARANTIA, nuestra obligación por tal concepto cubre la reparación o sustitución de las piezas o equipo, pero no ampara pérdidas por lucro cesante, daños a otras instalaciones o daño emergente.

Validez de la oferta: 30 días.

A la espera de que nuestra cotización sea de su conveniencia, nos suscribimos,

Cordialmente,

INDUSTRIAS PROTON LTDA

ING. MICHAEL SILVA

ING. JUAN CARLOS JIMÉNEZ



Fabricación
ASME

COTIZACION No.: 2184072
05/04/2018
BOGOTA DC

Señores
C.I. NATURMEGA S.A.
Ant. ING. JUAN CARLOS RODRIGUEZ
DEPARTAMENTO DE COMPRAS
Tel: +57 (5) 371 97 99
Email: compras@naturmega.com.co
Dir: Vía 40 No. 80-131
BARRANQUILLA-COLOMBIA

ASUNTO: SUMINISTRO DE RELLENO PARA TORRES DE ENFRIAMIENTO

Respetados señores:

De acuerdo a su amable solicitud, tenemos el agrado de cotizar el suministro de relleno fílmico multicelda para las torres de enfriamiento 2PP 500 y PP 800 que operan en las instalaciones de Naturmega en Barranquilla. Se ofrece como opcional el transporte hasta Barranquilla. Las características del relleno se describen a continuación:

1. RELLENO FÍLMICO MULTICELDA 12060

Material:	P.V.C.
Inclinación:	60 °
Altura de panel:	300 mm
Profundidad de Ondulación:	12 mm
Área de transferencia:	228 m ² /m ³
Máxima temperatura de operación:	60 °C

2. PRECIOS

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	VR TOTAL
1	RELLENO MULTICELDA TIPO FILMICO 12060, (2 X 2 X 0.3) m x dos (2) celdas X un (1) nivel, para torre 2PP 500.	m3	2.40	\$2,560,000
2	RELLENO MULTICELDA TIPO FILMICO 12060, (2.3 X 3 X 0.3) mts X una (1) celda x un (1) nivel, para torre PP 800.	m3	2.07	\$2,150,000
3	OPCIONAL: TRANSPORTE DESDE NUESTRAS INSTALACIONES EN BOGOTÁ HASTA BARRANQUILLA	ea	1.00	\$1,250,000

Nota: Los Valores cotizados antes de IVA.

NOTA: Cuando corresponda, se adjuntará la documentación técnica de los elementos suministrados. Toda la información adicional será facturada como adicional. Se excluye del suministro toda aquella provisión y/o servicios no expresamente indicados en el alcance de la presente propuesta. En caso de solicitar pólizas, seguros, impuestos de timbre, etc, todos los gastos de emisión serán por cuenta del cliente o comprador. Si los equipos se destinan a una empresa ubicada en zona franca la venta queda exenta de IVA, por tanto el cliente debe presentar la correspondiente resolución.

3. CONDICIONES COMERCIALES

Lugar de entrega:

Planta Protón Ltda en Bogotá

Opcional: (si se adquiere el transporte) Sobre plataforma de camión a la entrada de instalaciones de Naturmega Barranquilla.

Plazo de entrega:

30 días después de recibida la orden de compra y el anticipo.

Forma de pago:

50% como anticipo y 50% para despacho.

Garantía:

INDUSTRIAS PROTON LTDA garantiza la calidad de los REPUESTOS por el término de seis (6) meses contados a partir de la fecha de entrega, pero no se hace responsable por daños ocasionados por mal manejo, utilización de productos diferentes a los especificados, deficiencias de los equipos auxiliares e instalaciones no suministradas por INDUSTRIAS PROTON LTDA, daños ocasionados por terremotos, incendios o similares que no pueden ser imputados como responsabilidad de INDUSTRIAS PROTON LTDA, por mala fabricación o incorrecto diseño. Siempre que aparezca la palabra GARANTIA, nuestra obligación por tal concepto cubre la reparación o sustitución de las piezas o equipo, pero no ampara pérdidas por lucro cesante, daños a otras instalaciones o daño emergente.

Validez de la oferta:

30 días.

5.3 CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES PERTENECIENTES A LA TORRE.

5.3.1 Ventilador.

Figura 14. Ventilador



Tabla 18. Características ventilador

DATOS TECNICOS				
Modelo	Tipo		Diametro	
VA 2066-4	AXIAL		2066 mm	
Caudal Requerido	Velocidad de giro		Velocidad tangencial	
25,19m3/h	1800 RPM		64,9 m/s	
DESCRIPCION DE SUS PARTES				
ASPAS	Cantidad	Material	Angulo de inclinacion	
	4	PRFV	9º	
MANZANA	Material	Diametro	Longitud	
	Fundicion de Hierro	ext 198 mm	151 mm	
CUBRE MANZANA	Material		Diametro	
	PRFV		936 mm	
MORDAZAS	Material	Dimensiones	Fijacion	Cantidad
	Fundicion de aluminio	163mm x 71,7 mm x 50, mm	Tornillos 5/8" x 8" G-2	8

5.3.2 Sistema de transmisión.

Tabla 19. Características sistema de transmisión.

SISTEMA DE TRANSMISION						
EJE	Material		Diametro		Longitud	
	AISI SAE 1045		2 1/2"		602 mm	
HOUSING	Material		Diametro		Longitud	
	Fundicion Gris		int 110 mm		250 mm	
	EJE				GRASERA	
	Diametro		Material		Diametro	Cantidad
	2 1/2"		AISI SAE 1045		1/8" NPT	1
	Rodamientos de rodillos		Cantidad		Retenedores	Cantidad
	32310		2		50-70-10	2
POLEAS	Conducida			Motriz		
	Tipo	Canales	Diametro	Tipo	Canales	Diametro
	B	3	18"	B	3	6"
CORREAS	Tamaño		Referencia		Cantidad	
	B		138		3 Correas	
MOTOR	Marca	Modelo	Potencia		Velocidad angular	
	Siemens	1 LA7 133-4YA70	12HP		1750 RPM	
	Voltaje	Amperaje	Potencia		Retenedores	
	440 V	17 A	6208-2RS		45-62-5	

5.3.3 Eliminador de gotas y sistema de riego.

Figura 15. Eliminador de gotas.



Tabla 20. Características eliminador de gotas.

REFERENCIA	MATERIAL	TIPO	ALTURA
Brentwood	CPVC	Celular de tres paso	130 mm
El eliminador de gota esta localizado entre el ventilador y el arbol de aspersion de agua. Fabricado en forma laberintico, ensamblado en modulos faciles de instalar y remover. Cumple la funcion de recuperar el agua residual que fue arrastrada por el aire disminuyendo la cantidad de agua de reposicion requerida.			

Figura 16. Sistema de riego.



Tabla 21. Descripción sistema de riego

<i>BOQUILLAS</i>			
<i>Referencia</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Conexión</i>	<i>Salida</i>
B 8000	36	1"	3-abr
<i>TUBERIA</i>			
<i>Material</i>	<i>Arbol Principal</i>		<i>Ramales</i>
ASTM A 53 Gr B	4"		2"

5.3.4 Cuerpo de relleno.

Figura 17. Relleno



Cuerpo fabricado en poliéster reforzado con fibra de vidrio, alberga en su interior el relleno tipo filmico en PVC con sus respectivos soportes en acero al carbono recubiertos en PFRV.

Tabla 22. Características del cuerpo de relleno.

<i>RELLENO</i>	<i>Marca</i>	<i>Material</i>	<i>Altura</i>	<i># de Pisos</i>
	Brentwood	CPVC	920	3

5.3.5 Cuerpo de ventanas – piscina.

Figura 18. Ventanas



Zona que permite la entrada del aire frío a la torre y garantizar una adecuada distribución del aire a través de los módulos de relleno en PVC. Las persianas reducen las salpicaduras de agua hacia el exterior.

Tabla 23. Descripción cuerpo de ventanas.

<i>Numero de ventanas</i>		<i>Volumen del agua</i>	
10		2,97 m3	
<i>Entrada agua caliente</i>	<i>Salida agua</i>	<i>Reposicion de agua</i>	<i>Drenaje</i>
2 Bidas 4" ANSI 150	2 Bidas 6"	3/4"	1 1/2"

5.3.6 Peso y dimensiones de la torre.

Tabla 24. Peso y dimensiones de la torre PP800M.

<i>PESO DE LA TORRE</i>	<i>Vacio</i>	<i>Operación</i>	
	1,3 Toneladas	5 Toneladas	
<i>DIMENSIONES GENERALES</i>	<i>Largo</i>	<i>Ancho</i>	<i>Alto</i>
	2300 mm	3000 mm	4940 mm

5.4 EJECUCION MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

Este diagnóstico se elaboró basado en rutinas periódicas e información recolectada en mantenimientos anteriores, con el fin de detectar las fallas en los componentes principales de la torre de enfriamiento PP800M.

5.4.1 Mantenimiento en sistema de transmisión.

- Mensualmente se debe revisar el adecuado torque de los tornillos tanto del ventilador como de todo el sistema de transmisión.
- Anualmente se deben repintar las diferentes partes del sistema de transmisión y del ventilador para evitar su oxidación.
- Controlar el amperaje de operación VS amperaje nominal del motor.
- Lubricar cada 500 horas de operación los rodamientos de housing central, con grasa LGMT2 de SKF.

5.4.2 Mantenimiento en el ventilador:

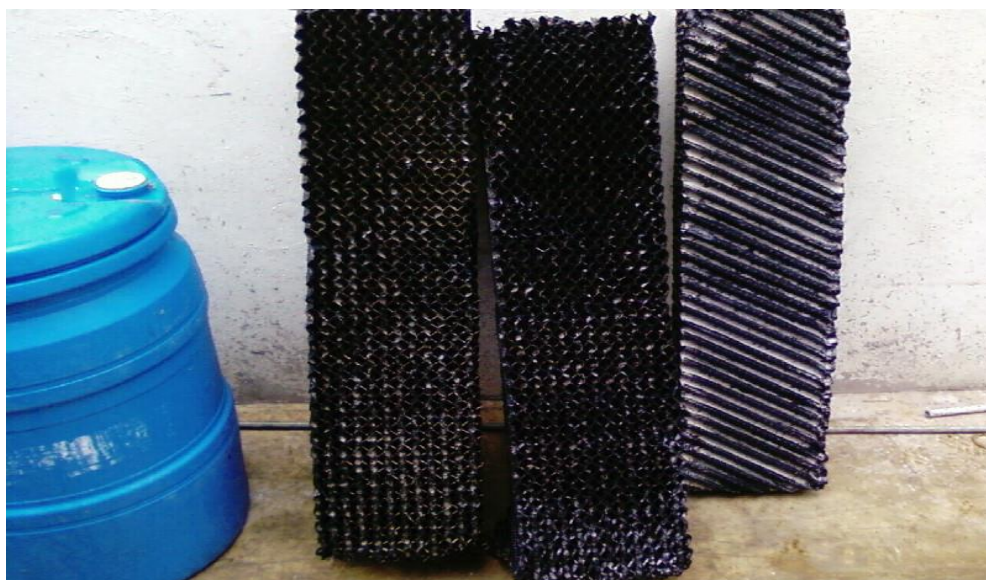
- Verificar mensualmente ángulo de inclinación de las aspas.
- Realizar limpieza de las aspas con solución desengrasante sin desbalancear el ventilador. Lavarlo con agua y jabón (no utilizar ningún tipo de producto disolvente).
- Verificar mensualmente ajuste de tornillería.
- El ventilador se encuentra balanceado de manera estática y dinámicamente, sin embargo, si este se encuentra en un medio abrasivo se pueden adherir partículas a los alabes lo cual producirá una alteración en sus condiciones de balanceo. Se recomienda según sea el caso, realizar control de vibraciones y ruidos.

5.4.3 Rutina de limpieza.

Tabla 25. Rutina de limpieza.

<i>ACTIVIDAD</i>	<i>FRECUENCIA</i>	<i>PROCEDIMIENTO</i>
LIMPIEZA DEL RELLENO	12 meses	Dependiendo de la calidad del agua. En caso de encontrarse obstruido lavarlo con chorro de agua a presión a una temperatura de 40°C aproximadamente. En caso de encontrarse desprendidos los paneles o si presentan cristalización se recomienda cambio total.
ELIMINADOR DE GOTA	12 meses	Prácticamente libre de mantenimiento, en caso de encontrarse taponado parcialmente, emplear procedimiento similar al de limpieza de relleno. En caso de encontrarse desprendidos los paneles o si se presentan cristalizaciones se recomienda su cambio total.
CUERPO DE LA TORRE	6 meses	El cuerpo se debe limpiar con abundante agua y jabón. En cuanto al Gelcoat de recubrimiento exterior e interior de la torre, este debe repintarse por lo menos cada 2 años para proteger el políester reforzado en fibra de vidrio. Evitar el uso de disolventes basados en tolueno, xileno, y otros que ataquen químicamente la resina.

5.4.4 Evidencias fotográficas de mantenimiento, limpieza de la torre y componentes internos.









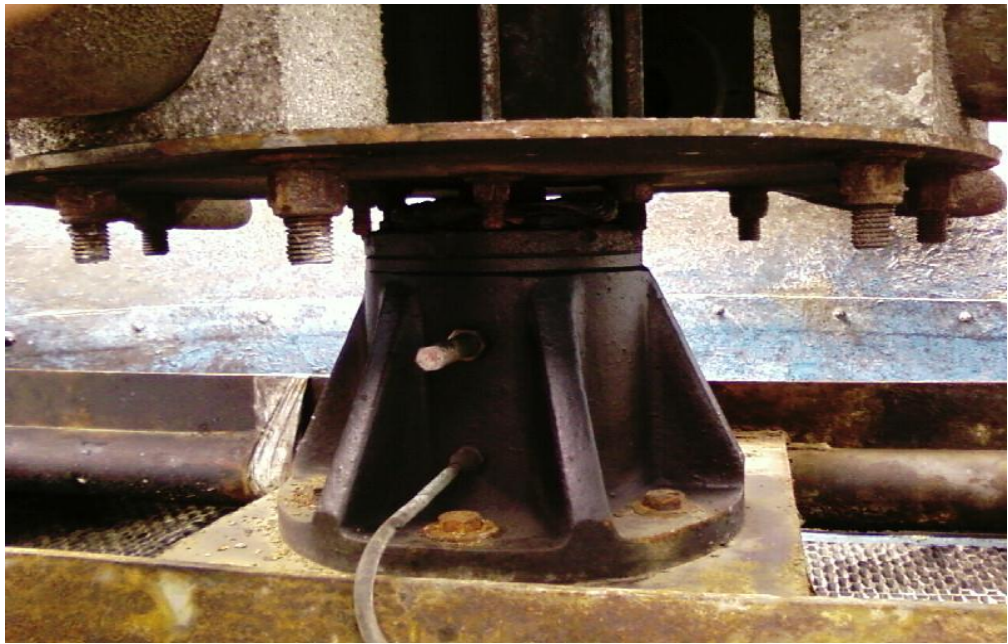












5.5 Indicador de temperatura durante enero del 2019.

Tabla 26. Indicadores de temperatura mes de enero del 2019.

Torre de enfriamiento 1						
Fecha	Hora	Temperatura (°C)		Diferencia (°C)	Temperatura máxima de salida permisible (°C)	Técnico
		Salida	Retorno			
1/01/2019	0:00	29	31	2	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
2/01/2019	16:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	20:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	22:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
3/01/2019	0:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	16:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	20:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	22:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
4/01/2019	0:00	28	31	3	31	R. HENRÍQUEZ
	2:00	27	30	3	32	R. HENRÍQUEZ
	6:00	27	30	3	33	R. HENRÍQUEZ
5/01/2019	0:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
6/01/2019	2:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ

Tabla 27. Continuación indicadora de temperatura.

Torre de enfriamiento 1						
Fecha	Hora	Temperatura (°C)		Diferencia (°C)	Temperatura máxima de salida permisible (°C)	Técnico
		Salida	Retorno			
7/01/2019	0:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
	20:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	0:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
8/01/2019	2:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	6:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
9/01/2019	2:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	4:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	6:00	29	32	3	30	O. MACÍAS
	16:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
	18:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
	20:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
	22:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
10/01/2019	16:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	18:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	20:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
	22:00	29	32	3	30	R. HENRÍQUEZ
11/01/2019	2:00	30	34	4	30	O. MACÍAS
	4:00	30	34	4	30	O. MACÍAS
	6:00	30	34	4	30	O. MACÍAS

Tabla 28. Continuación indicadora de temperatura.

Torre de enfriamiento 1						
Fecha	Hora	Temperatura (°C)		Diferencia (°C)	Temperatura máxima de salida permisible (°C)	Técnico
		Salida	Retorno			
12/01/2019	2:00	30	34	4	30	O. MACÍAS
	4:00	30	34	4	30	O. MACÍAS
	6:00	30	34	4	30	O. MACÍAS
13/01/2019	10:00	28	32	4	30	R. HENRÍQUEZ
22/01/2019	2:00	26	28	2	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	26	28	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	26	28	2	30	R. HENRÍQUEZ
23/01/2019	0:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	26	30	4	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	26	30	4	30	R. HENRÍQUEZ
24/01/2019	0:00	26	29	3	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	26	29	3	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	26	29	3	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	27	30	3	30	R. HENRÍQUEZ
25/01/2019	0:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
26/01/2019	0:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	2:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	4:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ

Tabla 29. Continuación indicadora de temperatura.

Torre de enfriamiento 1						
Fecha	Hora	Temperatura (°C)		Diferencia (°C)	Temperatura máxima de salida permisible (°C)	Técnico
		Salida	Retorno			
28/01/2019	4:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ
	6:00	29	30	1	30	R. HENRÍQUEZ
	20:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	22:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
29/01/2019	2:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	4:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	6:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	8:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	10:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	12:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	14:00	30	32	2	30	R. HENRÍQUEZ
	20:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	22:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
30/01/2019	2:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	4:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	6:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	16:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
	18:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
	22:00	28	31	3	30	R. HENRÍQUEZ
31/01/2019	2:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	4:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	6:00	28	30	2	30	O. MACÍAS
	16:00	28	32	4	30	R. HENRÍQUEZ
	18:00	28	30	2	30	R. HENRÍQUEZ

5.6 ANALISIS MODO DE FALLA Y EFECTO EN TORRE DE ENFRIAMIENTO, PARA APOYO AL MOMENTO DE QUE EL EQUIPO QUEDE FUERA DE FUNCIONAMIENTO.

Tabla 30. Análisis de modo de falla y efecto

Análisis de modos de falla y efectos																								
Hoja de ruta	Revisio	Breve descripción y función	Ovar	Tarea	Modos de falla	Efecto	Consecuencias	Evaluación de consecuencias				Temperaturas				Tem. "H" de				Propuesta		Frec.	Consecuencia	Posibles acciones y medidas
								H	S	E	O	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10			
147	T-01		10	REALIZAR LIMPIEZA A LOS RELLENOS DE TORRE	RELLENOS SUCIOS RELLENOS DESTRUIDOS	DISMINUCIÓN DEL TIEMPO Y DE SUPERFICIE DE CONTACTO AIRE AGUA, ESTO PROVOCARÁ UN DEFICIENTE INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE LOS FLUJOS	LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA SERÁ MAYOR A LA REQUERIDA (31°C) Y AFECTARÁ LA DESTILACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL ACETIL DE PEGADO EN DESTILACIÓN MOLECULAR	S	N	N	S	N	S							LAVAR RELLENOS	16 SBI			
					PISCINA SUCIA	EL AGUA DE LA TORRE SALDRÁ CONTAMINADA, ACUMULACIÓN DE Lodos	AFECTACIÓN A LA PLANTA DE DESTILACIÓN MOLECULAR POR LA MALA CALIDAD DEL AGUA, PUEDE PROVOCAR TAPONAMIENTO DE TUBOS DE INTERCAMBIO DE TUBOS H-11 DE DESTILACIÓN MOLECULAR, ASÍ COMO LAS TUBERÍAS GENERALES	S	N	N	S	N	S							LIMPIAR PISCINA	16 SBI		TRATAMIENTO DEL AGUA PARA PREVENIR CRECIMIENTO MICROBIOLÓGICO	
147	T-01	LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA ES DE 31.2 °C, LA TEMPERATURA DE BUEN HUMO ES DE 25 °C Y LA HUMEDAD DE DESTILACIÓN DE TEMPERATURA QUE SE PUEDE LOGRAR EN EL PROCESO ES DE 55 °C, EL CUERPO DE LA TORRE REFUEJADO EN RESINA DE POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO, ESTA TORRE UTILIZA UN VENTILADOR AGAL MODELO VA 206-H, DE UN DIÁMETRO DE 2068 mm, EL CUAL MANTIENE UN CAUDAL DE 2519 m³/h Y EL CUAL TIENE UNA VELOCIDAD TANGENCIAL DE 14.9 m/s, ESTE POSE 4 ASPAS, LAS CUALES ESTÁN HECHAS EN EL MATERIAL PP/PV, CON UN ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE 9°, LA MANEJA DE LAS ASPAS ESTÁ HECHA EN FUNCIÓN DE ALUMINIO, CON UN DIÁMETRO EXTERNO DE 156 mm Y UNA LONGITUD DE 181 mm, LA RESERVENA DEL ELIMINADOR DE GOTAS ES MARCABRINTIVO O, HECHO EN CIVO, ES DE TIPO CELULAR DE 3 PASOS Y FABRICADO EN FORMA LABERINTICA, LA RESERVENA DE LA CORREA ES B135, CONTIENE 3, LA POTENCIA REQUERIDA ES DE 658.600 Kcal/h	20	REALIZAR LIMPIEZA A LA PISCINA	AUMENTO DE CONCENTRACIÓN DE SUCIOS ORGANICOS Y CONDUCTIVIDAD DEL AGUA CUERPO DE LA PISCINA FILSURADO FALLA EN VÁLVULA DE DESCARGA	INCORUSTACIONES EN LAS TUBERIAS FUGA DE AGUA FUGA POR LA VÁLVULA	TAPONAMIENTO Y PERDIDA DE PRESIÓN DE VACÍO EN DESTILACIÓN MOLECULAR PERDIDA DE AGUA A LOS EXTERIORES SE PERDERÁ NIVEL DE AGUA EN LA TORRE	S	N	N	S	S								PURGAR AGUA DE TORRE INSPECCIÓN DE FUGAS VERIFICAR FUNCIONAMIENTO DE VÁLVULA DE DESCARGA	DIARIO 4 SBI 16 SBI	UNA PURGA A LAS 8 AM POR 1 MINUTO UNA PURGA A LAS 5 PM POR 1 MINUTO	DEJAR VÁLVULA DE PURGA SEMIABIERTA	
147	T-01		30	VERIFICAR SISTEMA DE CONTROL NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE TIPO BOYA EN MAL ESTADO	SE PERDERA NIVEL DE AGUA EN LA TORRE	EL NIVEL DE AGUA DE TORRE NO SE MANTIENE EN EL PUNTO DE CONTROL, LO QUE CAUSARÁ DOS POSIBLES ESCENARIOS EN EL PRIMER SI EL NIVEL DE AGUA ES MENOR LA BOMBA DE ALIMENTACIÓN NO ENVÍAR LA SUFICIENTE AGUA, EN EL SEGUNDO SI EL NIVEL DE AGUA ES MAYOR, ESTA SE DESPERDICIA	S	N	N	S	N	S							VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO Y LIMPIEZA DE CONTROL DE NIVEL TIPO BOYA	16 SBI			
						SE DESPARA O LAMINADO TOR	SE APAGA MOTOR	SE DETIENE EQUIPO POR TANTO SE PARA LA PRODUCCIÓN EN DESTILACIÓN MOLECULAR	S	N	N	S	S								MEJORAR PRESIÓN Y VOLTAJE DEL MOTOR	4 SBI	REVISAR ESTADO DE ELEMENTOS DE CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL ELÉCTRICO CADA 4 SEMANAS	
147	T-01		40	VERIFICAR ESTADO DE ASPAS DEL VENTILADOR	ASPAS DOBLADAS, PARTIDAS Y/O DESGASTADAS MOTOR QUIMICO	NO HABRÁ SUFICIENTE EXTRACCIÓN DE CALOR AL AGUA	LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA SERÁ MAYOR A LA REQUERIDA (31°C) Y AFECTARÁ LA DESTILACIÓN DE SUBPRODUCTOS DEL ACETIL DE PEGADO EN DESTILACIÓN MOLECULAR		N											VERIFICAR ESTADO DE LAS ASPAS DEL VENTILADOR	4 SBI			
					POLEAS REVENTADAS CORREA DESGASTADA O CRISTALIZADA	PERDIDA DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO HACIA EL VENTILADOR	NO HABRÁ EXTRACCIÓN DE CALOR DEL AGUA DE LA TORRE, ESTO CAUSARÁ QUE LA TEMPERATURA DE SALIDA DEL AGUA SEAMAYOR A LA REQUERIDA	S	N	N	S	S								REALIZAR PRUEBA DE AISLAMIENTO DE BOBINAS DEL MOTOR REVISAR ESTADO DE POLEAS REVISAR ESTADO DE CORREA Y CAMBIAR SI ES NECESARIO	52 SBI 4 SBI 4 SBI	REALIZAR ANÁLISIS TERMOGRÁFICO CADA 12 SEMANAS		
147	T-01		50	VERIFICAR ESTADO DE LAS CORREAS Y CAMBIARLAS SI ES NECESARIO	VIBRACIONES MECANICAS FALLA EN LOS RODAMIENTOS VENTILADOR DESBALANCEADO	FRACTURA DEL HOUSING	FUGA DE AGUA POR HOUSING DE LA TORRE	S	N	N	S	S								LUBRICAR RODAMIENTO DEL HOUSING DE LA TORRE REALIZAR MEDICIÓN DE VIBRACIONES REALIZAR BALANCEO DE LAS ASPAS DEL VENTILADOR	4 SBI 4 SBI -		SUJETO A RESULTADOS DEL PREDICTIVO	
147	T-01		60	VERIFICAR ESTADO DEL HOUSIN DE LA TORRE	ELIMINADORES DE GOTAS SUCIO Y/O CRISTALIZADOS	NO REDUCIR LAS GOTAS Y/O REDUCIR SU ALCANAN A EXTRAER EL VENTILADOR	SE PERDERA AGUA HACIA LA ATMÓSFERA	N				N	S							LIMPIEZA DE ELIMINADORES DE GOTAS	16 SBI		ESTA TAREA YA SE ANALIZÓ, SE HACE EL ANÁLISIS PARA LOS ELIMINADORES DE GOTAS	

5.7 ANALISIS DE CRITICIDAD EN CADA COMPONENTE, PARA APOYO AL MOMENTO DE QUE EL EQUIPO QUEDE FUERA DE FUNCIONAMIENTO POR MOTIVO DE FALLA. SE MANTIENEN COMPONENTES EN STOCK, PARA REDUCIR TIEMPOS DE CAMBIOS.

Tabla 31. Análisis de criticidad en los componentes de la torre.

ANALISIS DE CRITICIDAD												
PLANTA	SISTEMA	SUB - SISTEMA	DESCRIPCION SUB - SISTEMA	EQUIPO	Tipo de falla, evento o preocupación	Salud (H)	Seguridad (S)	Ambiente (E)	Costos (O)	Producción (P)	SEVERIDAD	Probabilidad Ocurrencia
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Ventilador	T-01	No extrae calor del agua	1	1	1	4	5	5	4
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Sistema de transmisión de movimiento	T-01	No hay transmisión de movimiento del motor hacia el ventilador	1	1	1	3	5	5	4
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Control de nivel	T-01	No hay agua en la torre	1	1	1	1	5	5	5
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Sistema de riego	T-01	No hay dispersión adecuada de agua	1	1	1	1	2	2	3
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Rellenos	T-01	Rellenos desgastados	1	1	1	3	2	3	4
Servicios	Enfriamiento de agua DM	Torre de enfriamiento 1	Eliminador de gotas	T-01	No elimina las gotas	1	1	1	3	1	3	3

Impacto	1 (Bajo)	2 (Menor)	3 (Medio)	4 (Alto)	5 (Muy alto)
Salud	Sin efecto	Atención médica primaria	Incapacidad temporal	Incapacidad parcial permanente	Incapacidad total permanente
Seguridad	Primeros auxilios	Lesión con atención médica no incapacitante	Lesión moderada y/o incapacitante temporal	Lesión con incapacidad permanente	Lesión con fatalidad
Ambiente	Impacto ambiental insignificante y reversible requiriendo menor o ninguna remediación. Menor de 1M	Impacto menor reversible requiriendo remediación menor. Entre 1M y 9M	Impacto ambiental moderado reversible con efectos a corto plazo requiriendo remediación moderada. Entre 9M y 90M	Impacto ambiental serio con efectos medios requiriendo remediación significativa. Entre 90M y 300M	Impacto ambiental desastroso con efectos a largo plazo que requieren remediación mayor. Mayor de 300M
Costos	< 0.5 M	Entre 0.5 y 2 M	Entre 2 M y 5 M	Entre 5 M y 10 M	> 10 M
Producción (DM)	Parada 100 % de producción < 1 h	Parada 100 % de producción entre 1 y 2 h	Parada 100 % de producción entre 2 y 4 h	Parada 100 % de producción entre 4 y 6 h	Parada 100 % de producción > 6 h
Producción (TG)	Parada 100 % de producción < 1 h	Parada 100 % de producción entre 1 y 3 h	Parada 100 % de producción entre 3 y 5 h	Parada 100 % de producción entre 5 y 8 h	Parada 100 % de producción > 9 h
Producción (Refinación)	Parada 100 % de producción < 2 h	Parada 100 % de producción entre 2 y 5 h	Parada 100 % de producción entre 5 y 9 h	Parada 100 % de producción entre 9 y 14 h	Parada 100 % de producción > 14 h
Producción (Trans, Wint BQ, AC, TX)	Parada 100 % de producción < 1 h	Parada 100 % de producción entre 1 y 3 h	Parada 100 % de producción entre 3 y 5 h	Parada 100 % de producción entre 5 y 8 h	Parada 100 % de producción > 8 h

Nivel	Narrativa	Probabilidad en un año
6	Casi probable	> 95%
5	Muy probable	80% a 95%
4	Probable	50% a 80%
3	Posible	20% a 50%
2	Improbable	6% a 20%
1	Raro	< 5%

6. PRESUPUESTO

El costo del proyecto se encuentra sustentado de la siguiente manera:

Tabla 32. Presupuesto

PRESUPUESTO					
ITEM	GASTOS GENERALES	EST	NAT	EXT	VALOR TOTAL
1	PAPELERIA DE DOCUMENTO FINAL	X			\$ 250.000
2	FOTOCOPIA DE MANUALES	X			\$ 180.000
	GASTOS GENERALES				
3	HORAS DE DIRECTOR		X		\$ 600.000
4	HORAS DE ESTUDIANTES		X		\$ 1.300.000
5	HORAS DE ESTUDIANTES		X		\$ 1.300.000
6	TRANSPORTES	X			\$ 560.000
	INVERSION				
7	LICENCIA DEL ERP SAP			X	\$ 9.000.000
8	GASTOS DE ASESORIA Y EQUIPO TECNICO	X			\$ 1.200.000
					\$ 14.390.000

7. CONCLUSIONES

La propuesta de mejora para el plan de mantenimiento de la torre de enfriamiento PP800M nos permitirá determinar la criticidad del equipo y de sus componentes internos, realizando esta investigación se determinaron las fallas y consecuencias que actualmente la torre está presentando. Identificando la función del equipo y de cada uno de sus componentes tanto internos como externos, para profundizar cuales de estos generan mayor frecuencia de falla.

Según lo planteado anteriormente se detecta cuáles eran las fallas y anomalías que con frecuencia padecía la torre de enfriamiento y en cuales de sus sistemas internos o componentes se presentaban dichas fallas, obteniendo información de gran ayuda para tener conocimiento de cual sistema o componente ha dejado de trabajar.

Se realizan revisiones periódicas en indicadores de temperatura y funcionamiento en cada componente del equipo, con la metodología de análisis de modos y fallas (AMFE) y análisis de criticidad en la torre de enfriamiento obtuvimos resultados donde nos arroja componentes en estado crítico. Esta metodología la utilizamos como apoyo al momento de que la torre se vaya a falla o algún componente deje de funcionar ya lo tendríamos en stock, para cambio de manera inmediata.

La implementación de estrategias y tácticas que ayuden a reducir el riesgo de falla en este equipo, sistema o componente que actualmente se considera en estado crítico nos ayuda a mantener una efectividad y eficiencia tanto en el área de mantenimiento como en el área de producción ya que es uno de los sistemas más importantes de la planta.

Se ejecutó una serie de actividades con el equipo de mantenimiento, en diagnósticos, planeación y aplicación en cada rutina de mantenimiento integrada a este equipo logrando la disponibilidad y confiabilidad de este en el momento de operación; logrando determinar proceso de mejora continua en este sistema con apoyo de rutinas de mantenimiento, hoja de vida de equipo y otras informaciones de este.

La mejora de un plan de mantenimiento preventivo basado en análisis de modo de fallas y efecto puede garantizar una confiabilidad y disponibilidad en la operación y mantenimiento del presente equipo del cual se habla en esta investigación.

BIBLIOGRAFIA

BORRAS PINILLA, Carlos Pinilla (2015). Mantenimiento preventivo. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

CARO, Carlos y ALTAHONA, Dalis. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo en etc. s.a. Monografía ingeniería mecánica. Cartagena: universidad tecnológica de bolívar. Facultad de ingeniería mecánica. Cartagena de indias. 2006. p.78.

GONZALEZ, Francisco Javier. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Madrid: Fundación Confemetal, 2003. ISBN: 8496169030.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Documentación, presentación de tesis, trabajos de grado, y otros trabajos de investigación. NTC-1486. Bogotá D.C.: El instituto, 2008. p. 31-34.

METODO DE ANALISIS DE FALLA, (2012), Presentación de MasCalidad.org, www.mascalidad.org.

MONTOYA, Santiago. Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para la empresa estructura del kaffe. Tesis ingeniería mecánica. Pereira: universidad tecnológica de Pereira. Facultad de ingeniería mecánica. Pereira (Risaralda). 2017. p.109.

ANEXOS

ANEXO A. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES					
ACTIVIDADES	2018				2019
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO
1. Recolectar informacion del equipo					
2. Visitas en campo al equipo.					
3. Organizar tareas y datos.					
4. Investigar modelo a mejorar.					
5. Identificar componentes criticos.					
6. Implementar propuesta.					
7. Conclusion de monografia					

ANEXO B. Encuesta y evaluación departamento de mantenimiento.

1. ORGANIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
1. ¿El organigrama de mantenimiento garantiza la presencia de personal de mantenimiento preparado cuando se necesite, de la forma más rápida posible?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
2. ¿Hay personal que pueda considerarse "imprescindible" cuya ausencia afecta a la actividad normal del área de mantenimiento?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
3. ¿El organigrama garantiza que habrá personal disponible para realizar mantenimiento el mantenimiento programado, incluso en el caso de un aumento del mantenimiento correctivo?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
4. ¿El número de horas extraordinarias que se genera en el área de mantenimiento es habitualmente superior al máximo legal autorizado?	Por debajo del promedio	Muy buena
5. ¿La cualificación previa que se exige al personal del área de mantenimiento es la adecuada?	Muy buena	Muy buena
6. ¿Se realiza una formación inicial efectiva cuando se incorpora un nuevo trabajador al área de mantenimiento?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
7. ¿Hay un plan de formación para el personal de mantenimiento?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
8. ¿Este plan de formación hace que los conocimientos en el mantenimiento de la central mejoren?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
9. ¿El plan de formación hace que los conocimientos en otras áreas de la central (operaciones, seguridad, medioambiente, administración, etc.) mejoren?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
10. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación sencillas?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
11. ¿El personal de mantenimiento mecánico puede realizar tareas eléctricas o de instrumentación especializadas?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
12. ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar tareas mecánicas sencillas?	Por arriba del promedio	Muy buena
13. ¿El personal de mantenimiento eléctrico puede realizar tareas mecánicas especializadas?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
14. ¿El personal de mantenimiento está capacitado para trabajar en otras áreas (operaciones, seguridad, control químico, etc.)?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
15. ¿Se respeta el horario de entrada y salida?	Muy buena	Muy buena
16. ¿Se respeta la duración de los descansos?	Muy buena	Muy buena
17. ¿La media de tiempos muertos no productivos es la adecuada?	Muy por debajo del promedio	Por arriba del promedio
18. ¿Los tiempos de intervención se ajustan a la duración teórica estimable en que podrían realizarse los trabajos?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio

2. CLIMA LABORAL	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
19. ¿El personal de mantenimiento se siente reconocido en su trabajo?	Muy buena	Muy buena
20. ¿El personal de mantenimiento siente que la empresa se preocupa de sus necesidades para poder realizar un buen trabajo?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
21. ¿El personal de mantenimiento considera que tiene proyección profesional dentro de la empresa?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
22. ¿El personal de mantenimiento se siente satisfecho con su horario?	Muy buena	Muy buena
23. ¿El personal de mantenimiento se considera bien retribuido?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
24. ¿El personal de mantenimiento está comprometido con los objetivos de la empresa?	Muy buena	Muy buena
25. ¿El personal de mantenimiento tiene un buen concepto de sus mandos?	Muy buena	Muy buena
26. ¿El personal de mantenimiento considera que el ambiente del área de operaciones es agradable?	Muy buena	Muy buena
27. ¿El nivel de absentismo entre el personal de mantenimiento es bajo?	Muy buena	Muy buena
28. ¿El nivel de rotación entre el personal de mantenimiento es bajo?	Clase mundial	Muy buena

3. MEDIOS DE SOPORTE TÉCNICO PARA EL MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
29. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación interna que se necesitan?	Muy por debajo del promedio	Por arriba del promedio
30. ¿Mantenimiento dispone de los medios de comunicación con el exterior que se necesitan?	Por debajo del promedio	Muy buena
31. ¿Se dispone de los medios de transporte que se necesitan?	Muy buena	Muy buena
32. ¿Se dispone de los medios de elevación que se necesitan (carretillas elevadoras, carretillas manuales, polipastos, puentes grúa, diferenciales, etc.)	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
33. ¿Las herramientas mecánicas se corresponden con lo que se necesita?	Muy buena	Muy buena
34. ¿Las herramientas eléctricas se corresponden con lo que se necesita?	Muy buena	Por arriba del promedio
35. ¿Las herramientas para el mantenimiento de la instrumentación se corresponden con lo que se necesita?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
36. ¿Las herramientas para el mantenimiento predictivo se corresponden con lo que se necesita?	Muy buena	Por arriba del promedio
37. ¿Las herramientas de taller se corresponden con lo que se necesita?	Muy buena	Por arriba del promedio
38. ¿Los equipos de medida están calibrados?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
39. ¿Existe un inventario de herramientas?	Muy buena	Muy buena
40. ¿Se comprueba periódicamente el inventario de herramientas?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
41. ¿El taller está situado en el lugar apropiado?	Por debajo del promedio	Muy buena
42. ¿Está limpio y ordenado su interior?	Por arriba del promedio	Muy buena

4, DESARROLLO DE PLANES DE MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
43. ¿Existe un plan de mantenimiento que afecte a todas las áreas y equipos significativos de la planta?	Muy buena	Muy buena
44. ¿Hay una programación de las tareas que incluye el plan de mantenimiento (está claro quién y cuándo se realiza cada tarea)?	Muy por debajo del promedio	Muy buena
45. ¿La programación de las tareas de mantenimiento se cumple?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
46. ¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	Muy buena	Muy buena
47. ¿Se han analizado los fallos críticos de la planta?	Muy por debajo del promedio	Por arriba del promedio
48. ¿El Plan está orientado a evitar esos fallos críticos de la planta y/o a reducir sus consecuencias?	Muy por debajo del promedio	Por arriba del promedio
49. ¿El plan de mantenimiento se realiza de forma efectiva y eficiente?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio

5. RELACIÓN ENTRE EL MANTENIMIENTO PROGRAMADO Y EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
50. ¿La proporción entre horas/hombre dedicadas a mantenimiento programado y mantenimiento correctivo no programado es la adecuada?	Muy por debajo del promedio	Por arriba del promedio
51. ¿El número de averías repetitivas es bajo?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
52. ¿El tiempo medio de resolución de una avería es bajo?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
53. ¿Hay un sistema claro de asignación de prioridades?	Muy buena	Muy buena
54. ¿Este sistema se utiliza correctamente?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
55. ¿El número de averías con el máximo nivel de prioridad (o averías urgentes) es bajo?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
56. ¿El número de averías pendientes de reparación es bajo?	Muy buena	Por arriba del promedio
57. ¿La razón por la que las averías están pendientes está justificada?	Por arriba del promedio	Por arriba del promedio
58. ¿Se realiza un análisis de los fallos que afectan a los resultados de la planta?	Por arriba del promedio	Muy buena
59. ¿Las conclusiones de estos análisis se llevan a la práctica?	Por arriba del promedio	Muy buena

6. DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
60. ¿Todas las tareas habituales de mantenimiento están recogidas en procedimientos?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
61. ¿Los procedimientos son claros y perfectamente entendibles?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
62. ¿Los procedimientos contienen toda la información que se necesita para realizar cada tarea?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
63. ¿El personal de mantenimiento recibe formación en estos procedimientos, especialmente cuando se producen cambios?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
64. ¿El proceso de implantación de un nuevo procedimiento es el adecuado?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
65. ¿Cuándo el personal de mantenimiento realiza una tarea utiliza el procedimiento aprobado?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio
66. ¿Los procedimientos de mantenimiento se actualizan periódicamente?	Muy por debajo del promedio	Muy por debajo del promedio

7. GENERACIÓN DE ÓRDENES DE TRABAJO Y HERRAMIENTAS INFORMÁTICAS DE SOPORTE	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
67. ¿Todos los trabajos que se realizan se reflejan en una orden de trabajo?	Muy buena	Muy buena
68. ¿El formato de esta orden de trabajo es adecuado?	Clase mundial	Muy buena
69. ¿Los operarios cumplimentan correctamente estas órdenes?	Por arriba del nivel promedio	Muy buena
70. ¿Las órdenes de trabajo se introducen en el sistema informático?	Por debajo del promedio	Muy buena
71. ¿El sistema informático de mantenimiento resulta adecuado?	Muy buena	Muy buena
72. ¿El sistema informático supone una carga burocrática importante?	Por debajo del promedio	Por arriba del nivel promedio
73. ¿El sistema informático aporta información útil?	Por arriba del nivel promedio	Muy buena
74. ¿El sistema informático aporta información fiable?	Por arriba del nivel promedio	Muy buena
75. ¿Los mandos de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema?	Muy buena	Muy buena
76. ¿Los operarios de mantenimiento consultan habitualmente la información contenida en el sistema?	Por debajo del promedio	Por arriba del nivel promedio
77. ¿Se emite un informe periódico que analiza la evolución del departamento de mantenimiento?	Por debajo del promedio	Muy buena
78. ¿El informe aporta información útil para la toma de decisiones?	Por debajo del promedio	Muy buena

8. MANEJO DE REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
79. ¿Se ha elaborado una lista de repuesto mínimo que debe permanecer en stock?	Muy buena	Muy buena
80. ¿Los criterios empleados para elaborar esa lista son válidos?	Muy buena	Muy buena
81. ¿Se comprueba periódicamente que se dispone de ese stock?	Muy buena	Por arriba del promedio
82. ¿La lista de stock mínimo se actualiza y mejora periódicamente?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
83. ¿Se realizan periódicamente inventarios de repuesto?	Muy buena	Muy buena
84. ¿Los movimientos del almacén se registran en el sistema informático?	Muy buena	Muy buena
85. ¿Coincide lo que se cree que se tiene (según los inventarios y el sistema informático) con lo que se tiene realmente?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
86. ¿El almacén está limpio y ordenado?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
87. ¿El almacén está situado en el lugar adecuado?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
88. ¿Es fácil localizar cualquier pieza?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
89. ¿Las condiciones de almacenamiento son correctas?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
90. ¿Se realizan comprobaciones del material cuando se recibe?	Por arriba del promedio	Por debajo del promedio

9. MANEJO DE INDICADORES TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO	EVALUACIÓN COORDINADOR DE MTTO	EVALUACIÓN PROMEDIO
91. ¿La disponibilidad media de los equipos significativos es la adecuada?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
92. ¿La disponibilidad media de la planta es la adecuada?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
93. ¿La evolución de la disponibilidad es positiva (está aumentado la disponibilidad)?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
94. ¿El tiempo medio entre fallos en equipos significativos es el adecuado?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
95. ¿La evolución del tiempo medio entre fallos en equipos significativos es positiva?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
96. ¿El número de O.T. de emergencia es bajo?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
97. ¿El número de O.T. de emergencia está descendiendo?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
98. ¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos es bajo?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
99. ¿El tiempo medio de reparación en equipos significativos está descendiendo?	Muy por debajo del promedio	Por debajo del promedio
100. ¿El número de averías repetitivas es bajo?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
101. ¿El número de averías repetitivas está descendiendo?	Por arriba del promedio	Por debajo del promedio
102. ¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento es el adecuado?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
103. ¿El número de horas/hombre invertidas en mantenimiento está descendiendo?	Por debajo del promedio	Por debajo del promedio
104. ¿El gasto en repuestos es el adecuado?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio
105. ¿El gasto en repuestos está descendiendo?	Por debajo del promedio	Por arriba del promedio

RESULTADOS

Se grafican los resultados anteriores y se obtiene la gráfica representada en la figura 19.

Figura 19. Resumen gráfico del resultado

