

**DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE
EQUIPOS CRITICOS APLICANDO ANALISIS ESTAD
ISTICO DE OPERACIONES Y TECNICAS DE ANALIS
IS PREDICTIVO EN LA REFINERIA C.I.
TEQUENDAMA S.A.S.**

Autor

BRAYAN DAVID PALMERA PERTUZ

Director

ALBERT MIYER SUAREZ

Ingeniero Mecánico

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍAS MECÁNICA, MECATRÓNICA E INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, febrero 06 de 2017

1. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto titulado " DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS APLICANDO ANALISIS ESTADISTICO DE OPERACIONES Y TECNICAS DE ANALISIS PREDICTIVO EN LA REFINERIA C.I. TEQUENDAMA S.A.S. ", tiene por objeto mediante análisis estadísticos con datos reales de operación determinar el comportamiento de los equipos para así programar mantenimientos de tipo predictivos a cada equipo, ahorrando dinero y tiempo a la empresa referente a pérdidas económicas por daños de operación, producción y coste adicionales referentes a mantenimientos correctivos.

El estudio de los datos se realizará diseñando un esquema de análisis estadístico con el software STATGRAPHICS por medio de un análisis de capacidad y regresión multi variable de datos y ANOVA, calculando estadísticos de resumen para cada variable analizada por equipo, y la probabilidad de que los puntos caracterizados por dos o más variables estudiadas se encuentren establecidos dentro de los límites de especificación dados por los manuales de instrucción del equipo en cuestión. En el caso de una posible correlación de variables, se considerará su comportamiento conjunto, ya que al observar cada variable separadamente puede dar un panorama erróneo de la capacidad de proceso general.

a. Palabras claves:

- Mantenimiento programado
- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento predictivo

- Equipo crítico
- Análisis multi variable
- Regresión Multi variable

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

a. Formulación

Empresas de todos los sectores productivos necesitan diseñar planes de mantenimiento para conservar los equipos de producción en condiciones óptimas de operación.

Los equipos críticos de una empresa, necesitan un tratamiento distinto dentro del mantenimiento ya que una parada de estos obliga la detención de la producción. Por tanto, es necesario coordinar una programación periódica de los mantenimientos si es posible para atender todos los equipos críticos ya que es necesario detenerlos para su respectiva revisión, debido a su criticidad y a que un solo equipo es capaz de detener la producción por motivos de eficiencia tener una programación en la que se sincronice la detención de los equipos para su mantenimiento ahora costos a nivel de operaciones, producción y despacho del producto terminado.

3. JUSTIFICACION

La norma ISO 9001 de 2008, exige un plan especial de mantenimiento para los equipos críticos de una planta en el cual se plasme dentro del sistema de gestión de calidad y el sistema integrado de control de la empresa una periodicidad en la revisión de y el mantenimiento de los equipos.

Por esta razón, C.I. Tequendama S.A.S, atendiendo la necesidad de su política de gestión de la calidad y para mantener vigente la certificación actual de ISO 9001 de 2008, necesita determinar un rango dentro del cual puedan realizarse mantenimiento de tipo preventivo a los equipos críticos definidos como:

- Compresora de tornillo multietapa MAZZONI
- Water Cooler TEXA Pavarini
- Compresor de tornillo Grasso SP1 de GEA

- Calentador de vapor EUROBOILERS GMT-HP 2000 .
- Separador Centrifugo MACFUGE 052 SAM 3S

Estos equipos fueron identificados por la necesidad de reducir o eliminar e peligro de una falla que afecte la inocuidad y productividad por medio del estudio previamente realizado por un equipo multidisciplinario de empleados que estudiaron parámetros como frecuencia de falla, impacto sobre las actividades laborales, flexibilidad operacional e impacto sobre las condiciones de higiene y/o ambiente.

Actualmente, los mantenimientos se programan en referencia a los parámetros establecidos por el fabricante ingresado en el software integral de gestión empresarial SAP con el que cuenta la empresa, pero debido a la variedad de productos que maneja la refinería este parámetro varía de acuerdo al destino de final (cliente), horas de trabajo, tipo de aceite (palma, palmiste), temperatura, presión de proceso de la materia prima

Implementando un diseño que integre las variables operacionales anteriormente mencionadas, se espera analizar, cuantificar y pronosticar el comportamiento de los equipos y sus componentes mecánicos estableciendo así un plan de mantenimiento predictivo diseñado estadísticamente en base a datos reales de operación y técnicas predictivas de análisis mecánico.

0. OBJETIVOS

a. Objetivo General

Diseñar un programa de mantenimiento de equipos críticos aplicando análisis estadístico de operaciones y técnicas de análisis predictivo en la refinería C.I. TEQUENDAMA S.A.S.

b. Objetivos Específicos

- Diseñar una metodología de integre análisis de regresión múltiple y/o simple para determinar correlaciones entre variables y equipos.
- Determinar las condiciones de operación adecuada de cada equipo basándose en análisis estadístico.
- Identificar las técnicas de mantenimiento predictivo que se ajuste a cada equipo y su costo de aplicación.
- Comparar y registrar el estado de los componentes mecánicos de cada equipo con las condiciones de operación parametrizadas que resulten del análisis estadístico.

1. MARCO REFERENCIAL

a. Antecedentes

La palma de africana, es una planta tropical originaria de África occidental y central. El fruto de esta planta contiene una de la cual puede ser extraído un aceite que se emplean para la producción de margarina, manteca, aceite de mesa y de cocina y jabones. (González Chavarro, León Lozano, Morillo Coronado, Ochoa, & Morillo Coronado, 2016)

En Colombia, existen más de 150,000 hectáreas cultivadas con palma africana para utilizar en la producción de biodiesel y otros derivados del refinamiento de este, pero el potencial es de cinco millones de hectáreas. (Fontalvo Gómez, Vecino Pérez, & Barrios Sarmiento, 2014)

Dado que el aceite de palma africana contiene elementos básicos dentro de la diete humana, su producción especificada al área de los alimentos hace que sea un producto de primera necesidad para la industria alimenticia, donde sus elementos físicos y químicos dan nuevas características a alimentos cocinados en este aceite, como el sabor o el olor y compone una base fundamental para la creación de productos cosméticos ampliamente usados en todo el mundo. (Morillo, Fernández, Hernández, Castillo, & Marquina, n.d.)

La mayoría de productos dentro del mercado que utilizan el aceite de palma como ingrediente, lo utilizan en su forma refina, desodorizada y blanqueada. Para lograr este nivel de refinación es necesario aplicar procesos químicos y termodinámicos que eliminan propiedades benéficas dentro del aceite, por lo que se hace necesario mejorar dichos procesos para que la refinación retenga la mayor cantidad de elementos antioxidantes naturales que estabilicen el aceite. (Ooi, Choo, Yap, & Ma, 1998)

La extracción de aceite de palma tuvo modificaciones importantes en a finales de mediados del siglo 20, específicamente a finales de los años 50 y comienzos de los 60, donde los adelanto tecnológicos en el ámbito agrícola mundial favorecieron cambios para mejorar los niveles de producción para la extracción mecánica y refinamiento de aceite de palma, dichos adelantos tecnológicos se aplicaron en campos como el diseño de plantas y utilización de nuevos equipos dentro de las instalaciones de extracción.(F. Keith Hamblin, 1991)

Dentro de los adelantos más significativos dentro del proceso de extracción y refinación del aceite de palma, uno de los más importantes fue la automatización industrial de los sistemas de extracción mecánica, no se ha logrado automatizar por completo el proceso de extracción pero aspectos fundamentales dentro de la recepción (esterilización de racimos, alimentación de racimos, entre otros), control en la presión de torsión para la extracción del aceite crudo, control en la decantación del aceite crudo y control en la temperatura de los diferentes tanques y tuberías de por el que se transporta el aceite para su refinación. (F. Keith Hamblin, 1991)

b. Marco conceptual

El mantenimiento y la gestión del mismo hacen parte importante la correcta operación de una empresa, ya que permite una administrar el tiempo de trabajo para reducir riesgos de fallas y evitarlas, de la misma manera es pilar fundamental de la mejora continua ya que este permite hacer más eficiente el uso de los recursos mejorando los equipos y/o instalaciones.(Enrique & Toledo, 2008)

Dentro de la gestión del mantenimiento integra todas las actividades, estrategias y obligaciones que faciliten el planificar, programar y ejecutar el mantenimiento reduciendo aspectos económicos mejorando eficientemente la productividad de la empresa y agregándole valor al producto. (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera, & Crespo, 2013)

Para la elaboración de un plan de mantenimiento preciso, hace falta el estudio de los datos reales de la operación con esto se pueden generar pronósticos o predicciones estadísticas que se calculan a través de métodos parametricos como los son la regresión lineal, correlación

entre variables y mínimos cuadrados. Estos permiten evaluar el desempeño de los equipos a través del tiempo identificando el tipo de distribución que los representa y predecir con un nivel de confiabilidad deseada el posible comportamiento que tendrá en el futuro. (Salas, Ene, Ojeda, & Soto, 2010)

Para una predicción útil, es necesario conocer la criticidad de la variable que se va a estudiar, en el caso del mantenimiento el factor de uso, el flujo de materia prima, horas de trabajo, periodicidad de mantenimiento son variables que afectan directamente la operación del equipo.

Si existe una relación entre estas variables, es posible pronosticar con un alto nivel de confianza el comportamiento que tendrá en un periodo futuro ya que se pueden analizar diversas predicciones para el mismo equipo.

También, es posible relacionar los equipos, si estos se encuentran trabajando en serie o paralelo. Para esto, hay que tener en cuenta el proceso y cómo influye el equipo dentro de este.

c. Marco teórico

i. Modelado Estadístico

Para diseñar un modelo de predicción es necesario aplicar un modelo de regresión ya sea simple donde se construye un modelo estadístico que describa el impacto de un solo factor cuantitativo X sobre una variable dependiente Y, o múltiple donde se estudia el impacto de dos o más factores cuantitativos X sobre una variable dependiente Y.

Con esto se logra determinar una correlación que nos permite determinar que tan precisa será la predicción teniendo en cuenta la interdependencia de los datos. Para el estudio de la regresión se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

SIMBOLOGIA	DEFINICION
X	Factores significativos
Y	Variable de respuesta
β	Coefficiente de los factores significativos
β_0	Ordenada al origen del plano de regresión

Tabla 1. Simbología de elementos de una regresión

Un modelo de regresión lineal simple se representa de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta X$$

La regresión múltiple es idéntica a la simple, con la diferencia que esta integra más variables explicativas:

$$Y = \beta_0 + \beta X + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_K X_K$$

Al relacionar más factores para una misma variable de respuesta, se logra realizar con más detalle un análisis de estado del elemento que se desea estudiar. (De la Fuente, 2011)

Para el cálculo de pronóstico, se utilizará la herramienta STATGRAPHICS, luego de correlacionar los datos por medio de regresión lineal. Este procedimiento consiste en predecir valores futuros de datos de series de tiempo. Una *serie de tiempo* consiste de un conjunto secuencial de datos numéricos tomados en intervalos de tiempo equiespaciados, usualmente sobre un periodo de tiempo o espacio, el software posee diversos modelos de pronóstico y selecciona el más apropiado basándose en la escogencia del cuadrado medio del error más pequeño, sujeto a una penalización para el número de parámetros desconocidos que se necesitan estimar. (Diseños, Factores, & Diseño, 2006)

ii. Análisis Predictivo de Componentes Mecánicos

Existen diferentes técnicas para predecir el comportamiento y estado de los diferentes componentes mecánicos que hacen parte de un equipo, estos componentes pueden ser:

- Rodamientos
- Sellos mecánicos
- Correas
- Cadenas
- Engranajes
- Cojinetes
- Aceites y grasas lubricantes
- Ejes

Dichos componentes generan un comportamiento específico en el equipo y si se identifican variables clave, es posible determinar el estado físico y de operativo de la pieza, logrando así conocer el comportamiento que tendrá el equipo en el futuro.

De esta forma, es posible anticiparse a un posible daño y detención del equipo e intervenirlo de la manera más adecuada.

Principalmente este tipo de análisis permite, planificar las intervenciones realizadas al equipo maximizando el tiempo de operación, aumentando la vida útil de los componentes mecánicos, disminuir costes por mantenimientos correctivos, disminuir el impacto sobre las actividades laborales y reducir el tiempo no operacional por mantenimiento del equipo analizado.

Entre los tipos de análisis predictivos para componentes mecánicos se enuncian los siguientes:

2. Inspección Visual, Acústica y Táctil

Esta técnica, es la más básica dentro del mantenimiento predictivo. Consiste en el reconocimiento del estado del equipo por medio de los sentidos, esta técnica obligatoriamente se limita a componentes accesibles para el mecánico en caso de que se aplique como técnica de mantenimiento predictivo.

En esta se puede verificar el estado de componentes no rotativos, desgaste o corrosión de uniones, juntas o remaches, golpeteo, desplazamiento relativo entre piezas móviles, etc.

Es la técnica definitiva en los mantenimientos preventivos y debido a esto, es necesario detener el equipo para determinar el estado e sus componentes, pero en caso de no tener repuestos o herramientas de mantenimiento adecuadas disponibles, aumentaría el tiempo no operacional por mantenimiento.

2. Análisis de Vibraciones Mecánicas

La vibración mecánica permite identificar la mayoría de problemas mecánicos que se presentan en un equipo. El análisis de vibraciones se basa en que las fallas que se presentan en el equipo generan fuerzas dinámicas que producen una variabilidad en el comportamiento vibratorio del equipo.

Para lograr exactitud en la caracterización de la falla, es necesario analizar diferentes puntos del equipo y a la vez utilizar indicadores vibratorios complementarios, buscando así crear un filtro que nos permita diferenciar la falla de un componente específico de otra. (P, n.d.)

3. Control de Temperatura

Esta técnica, permite monitorear la temperatura de operación de ciertas piezas que componen el equipo. Este método puede utilizarse con imágenes térmicas (cámara termo gráfica) o sin estas (radiometría) dependiendo del uso o la disponibilidad de adquisición de dispositivos termo gráfico. (P, n.d.)

Este parámetro de medición es muy útil por razones tanto operacionales como económicas y es muy utilizado en la industria ya que proporciona de manera precisa las condiciones de operación de un equipo o componente mecánico como lo son:

- Motores y generadores.
- Rodamientos y poleas.
- Cojinetes.
- Sistemas de transmisión.
- Des alineamientos.
- Estado de los lubricantes.

- Inspección de soldaduras.

0. Análisis de Ultrasonido

Es una técnica de ensayo no destructivo (END) que permite conocer el interior de un material o sus componentes según la trayectoria de la propagación de las ondas sonoras, al procesar las señales de las ondas sonoras se conoce el comportamiento de las mismas durante su propagación en el interior de la pieza y que dependen de las discontinuidades del material examinado, lo que permite evaluar aquella discontinuidad acerca de su forma, tamaño, orientación, debido que la discontinuidad opone resistencia al paso de una onda.

Para este tipo de análisis, aunque es necesario detener el equipo, permite analizar variables como desgaste, ralladuras, o daños internos sin necesidad de extraer los componentes (sellos, rodamientos, ejes, etc). Esto permite tomar decisiones sobre la operación del equipo donde se determine si es posible mantener el funcionamiento para maximizar la utilización de la pieza o si necesario intervenir el equipo para realizar un cambio o mantenimiento. (Graduaci & La, 2005)

5. Análisis de Aceites

El análisis de aceite consiste en una serie de pruebas de laboratorio que se usan para evaluar la condición de los lubricantes usados o los residuos presentes. Al estudiar los resultados del análisis de residuos, se puede elaborar un diagnóstico sobre la condición de desgaste del equipo y sus componentes. Lo anterior, permite a los encargados del mantenimiento planificar las detenciones y reparaciones con tiempo de anticipación, reduciendo los costos y tiempos de detención involucrados. (Salvador, 2009)

a. Marco contextual

Actualmente la refinería de palma de aceite C.I. TEQUENDAMA S.A.S implementa un plan de mantenimiento preventivo para sus equipos basado en las especificaciones técnicas del fabricante. Esto, hace que se desprecien datos operacionales valiosos que ayudan a identificar y prevenir falla que ameriten acciones correctivas. Para los equipos críticos es necesaria una programación generada por un plan de mantenimiento de igual forma sujeto a especificaciones que ignoran el tiempo de trabajo, la materia prima y las condiciones ambientales y de operación entre otras, debido a que estos equipos detienen la producción, es factible sincronizar las detenciones para reducir al mínimo las pérdidas.

También realizar los mantenimientos de acuerdo a un plan basado en datos operacionales mejora la condición y la vida útil del equipo ya que el equipo es revisado de acuerdo a datos reales que denotan su condición previniendo así al máximo un mantenimiento de tipo correctivo.

La predicción estadística y operacional, son poco utilizados en la industria debido a que empresas con dificultades logísticas y administrativas no logran cohesionar los datos necesarios para que el pronóstico sea acertado. (Alberto, Andr, & Jos, 2012)

Aplicar el modelo correcto de pronóstico como, por ejemplo:

- Pronóstico por promedio móvil, sugerido para elementos con demanda intermitente

- Método de Holt-Winters utilizado en ítems con demanda estacional
- Método de Croston, para ítems con demanda errática ó irregular con grandes fluctuaciones

Es de vital importancia ya que esto asegura una fiabilidad de los datos predichos por lo que la capacidad organizativa y de planeación de la empresa se verá aumentada disminuyendo así perdidas por retrasos, desperdicio de producto y stock de producto en bodega por largo tiempo.

(Alberto et al., 2012)

Este tipo de herramientas fueron aplicadas a trabajos académicos como:

- Determinación de predicciones del éxito en el primer semestre de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Plan Común, en una cohorte estudiantil de primer año de la Universidad de Antofagasta. (Reyes Rocabado, Escobar Flores, Duarte Vargas, & Ramirez Peradotto, 2007)

2010) [redacted] (Velásquez, Olaya, & Franco,

[redacted] (Botero Botero & Cano Cano, 2006)

[redacted]

[redacted]

Existen diferentes métodos para analizar y calcular los niveles y costos de producción a nivel general en el ámbito industrial. Estas se pueden simplificar en 3 categorías:

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted] porcentaje de [redacted] (Vergara, 2006)

[redacted] determine el tipo de distribución de los datos recolectados, luego por medio del uso de la herramienta STATGRAPHICS se realiza una operación que genere un pronóstico [redacted] que determine el posible comportamiento que tendrá el equipo a lo largo del tiempo, teniendo en cuenta el comportamiento de la producción y los datos de operación anteriormente recolectadas [redacted]

[redacted] se

establecerán límites [redacted] de cada equipo o [redacted] modificando si es necesario la periodicidad de los mantenimientos [redacted]

[redacted] recolectados diariamente durante la jornada de trabajo que se establezca para la práctica [redacted] rangos de operación máximos determinados para cada equipo se diseñara un plan para el mantenimiento [redacted] de los equipos críticos de la refinera de aceite de palma C.I. TEQUENDAMA S A.S. [redacted]

[redacted] para cada equipo interceptando los rangos de los equipos dependiendo la [redacted] realizar el mantenimiento si es un proceso independiente o si operan en línea con otra planta realizar una parada programada de las plantas en cuestión.

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted]

[redacted] los equipos a los que se les desea realizar un seguimiento para implementar un plan de mantenimiento de tipo predictivo. [redacted]

[redacted]

[redacted] el mínimo costo necesario, cotizando el tipo de análisis que mejor se ajuste al mayor número de equipos posibles, se adicionarán los costos de personal de análisis y los instrumentos necesarios para la implementación del plan seleccionado.

[redacted]



COD		NOMBRE DE ACTIVIDAD										SEMANAS				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Diseño de formato de recolección															
2	Recolección de datos															
3	Programación de análisis estadístico															
4	Identificación de componentes mecánicos															
5	Diseño de plan de mantenimiento															
6	Organización y entrega de resultados															

Descripción de actividades: (Lista de tareas)

i. **Diseño de formato de recolección:** consiste en diseñar, decidir la periodicidad y la manera adecuada el formato para recoger los datos en un formato de fácil lectura y que brinde información completa y detallada.

ii. **Recolección de datos:** Implica la toma de datos necesarios para el estudio con la periodicidad decidida tomándose los parámetros necesarios para el análisis.

iii. **Programación de análisis estadístico:** Consiste en identificar las variables a estudiar y decidir que o cuales métodos para el pronóstico serán el adecuado para analizar los datos recolectados

iv. **Identificación de componentes mecánicos:** Esta actividad consiste analizar cada equipo y visualizar

el tipo de componente mecánico necesario para su funcionamiento y que genere un comportamiento cuantificable.

v. Diseño de plan de mantenimiento: Estandarizar el procedimiento a seguir al momento de realizar los mantenimientos sean preventivos y/o correctivos.

vi. Organización y entrega de resultados: indica la síntesis de lo que se logro con el trabajo y realizar la sustentación del mismo.

a. RESULTADOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS

b. Modelado Estadístico De Equipo

Para el modelado estadístico del equipo, se espera desarrollar mediante modelos estadísticos anteriormente descritos, un programa individual para cada equipo en el cual se pueda:

- Identificar los parámetros de operación adecuado de cada equipo dependiendo el tipo de aceite o mezcla de aceites vegetales refinados en la planta.

- Cuantificar el porcentaje de capacidad a la cual opera normalmente el equipo por medio de investigación sobre la capacidad nominal y la capacidad real operacional que maneja el equipo diariamente.

- Diseñar una ecuación característica que permita analizar teóricamente el comportamiento de cada equipo.

γ. Tipo De Análisis Para Mantenimiento Predictivo

Con esto, se espera identificar cual o cuales son las técnicas más adecuadas para analizar los equipos estudiados.

Esto por medio del análisis mecánico de cada equipo, estudio de sus componentes y piezas para así predecir de manera más acertada el tipo de mantenimiento que requiere cada equipo.

Dicho de otra manera, utilizando las técnicas correctas, será posible identificar con anterioridad las fallas mecánicas implícitas en la operación de un rodamiento, una correa, un sello mecánico, anticiparse a esta y planificar el lineamiento a seguir para contrarrestarla, ya sea, reduciendo el nivel de operación, reparación de componente, o cambio definitivo por un daño serio. (Eniatao ra & Del, n.d.)

a. Costos De Aplicación

El cálculo de este costo, se enfoca básicamente en el costo de la aplicación de la técnica de mantenimiento predictivo. Este tipo de mantenimientos requiere elementos de medición, por lo que es necesario al momento de elegir la técnica o técnicas de análisis adecuadas, indagar sobre las herramientas que se ajusten de mejor manera a la realización del análisis predictivo.

Este costo, incluye la escogencia de los instrumentos de medición, el costo de contratación o capacitación para el personal encargado del monitoreo, la adquisición de un software y equipo para el análisis dependiendo el equipo estudiado o la técnica escogida, etc.

b. Beneficiarios Potenciales

Los beneficiarios potenciales del proyecto, es la refinería de aceite de palma C.I. Tequendama S.A.S, la cual vera mejorada su capacidad de mantenimiento de sus equipos críticos al lograr anticipar de la manera más puntual los posibles fallos que pueda tener el equipo a nivel interno en la medida de lo posible sin detener la operación de producción.

De esta manera se lograría reducir costos y perdidas directamente relacionados con los requerimientos de producción, calidad del producto, cumplimiento de fechas y contratos, planificación y exactitud en la compra de materiales de operación y repuestos, disminución del tiempo inactivo del equipo, reducción de órdenes de trabajo por mantenimiento, pérdida del equipo por avería total.

Adicionalmente se lograría maximizar la vida útil del equipo y por ende de sus componentes, generar confiabilidad en los trabajos de mantenimiento, reducir al mínimo las fallas inesperadas, entre otros.

i. CONCLUSIONES

j. Resultados de Modelado Estadístico De Equipo

- i. Compresora multietapa MAZZONI ([Carpeta anexos-Compresora](#))
- ii. Water Cooler TEXA Pavarini ([Carpeta anexos-Chiller](#))
- iii. Compresor de tornillo Grasso SP1 de GEA ([Carpeta anexo-Compresor](#))
- iv. Calentador de vapor EUROBOILERS GMT-HP 2000. ([Carpeta anexo-Calderin](#))
- v. Separador Centrifugo MACFUGE 052 SAM 3S ([Carpeta anexos-Centrifuga](#))

a. Tipo De Mantenimiento Predictivo Seleccionado

1. Compresora de multietapa MAZZONI

a. La función específica que realiza el equipo

El equipo, consiste en 3 cuchillas y 3 tornillos sin fin que se encargan de recibir y cortar la pasta de jabón en virutas, mientras se reduce la temperatura de estas por medio de un enchaquetado refrigerado con agua fría, para luego por medio de una banda de secado por succión depositarlo en una tolva que va dirigida a la columna de llenado de big bags.

b. Parámetros de funcionamiento del equipo

PARAMETROS	
Amperaje Plidders	(13-22) A
Presión Plidders	(3-5) bar
Temperatura refrigerante Plidders	(12-15) °C
Voltaje de sistema	(420-440) V

c. Operaciones preventivas y/o correctivas

- Revisión general
- Identificar sonidos inusuales o vibraciones anormales
- Revisar temperatura de sistema de enfriamiento
- Revisar que no existan fugas en sellos
- Revisar tornillos de montaje
- Revisar accesorios de transmisión
- Revisión general de motores
- Inspección de rodamientos, retenedores y empaques
- Revisar conexiones eléctricas y tablero
- Medir voltaje y amperaje
- Revisar nivel de aceite en reductores
- Revisión de tornillos sin fin de las 3 etapas

d. Mantenimientos a los que ha sido sometido el equipo.

PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
-------------	-------------

<ul style="list-style-type: none"> • 21.10.2016 • 21.11.2016 • 28.12.2016 • 19.02.2017 • 21.03.2017 • 29.04.2017 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite (07.11.2016) • Instalación de nuevo reductor (21.11.2016)
--	---

a. Manual de operación :

- Equipo no cuenta con manual
- **Especificaciones de construcción:** (Anexos-Compresora-Data maestra compresora)
- **Lista de repuestos del equipo:**

-3 Engranajes de transmisión para tornillo sin fin

-6 Rodamientos de banda transportadora

-6 Empaques

-6 Retenedores

`. Técnica ajustada a equipo: Análisis de vibraciones.

i. Water Cooler TEXA Pavarini

b. La función específica que realiza el equipo

La función del equipo es enfriar el agua suavizada para refrigerar la pasta de jabón que es comprimida por los tornillos sin fin a través de sus 3 etapas de compresión y es regulada por medio de 3 bombas plodder.

c. Parámetros de funcionamiento del equipo

PARAMETROS

Temperatura de agua	(8-9) °C
Presión	(3-3,6) bar
Compresores activos	(1-2)

d. Operaciones preventivas y/o correctivas

- Revisión y limpieza de evaporador

- Medición de amperaje y voltaje

- Medición de temperatura

- Limpieza general de partes

- Ajuste de tornillería general

- Revisión y limpieza de condensadora

- Medición de amperaje y voltaje

- Medición de temperaturas

- Medición de presiones

- Limpieza y ajuste terminales eléctrica

- Ajuste de tornillería general

e. Mantenimientos a los que ha sido sometido el equipo.

PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
• 11.04.2017	
• 07.05.2017	

Manual de operación donde se indique:

- Especificaciones de construcción: (Anexos-Chiller-Data maestra Chiller)
- Lista de piezas y repuestos del equipo:

-Empaques de condensador 1 y 2

-Refrigerante R – 410^a

Técnica ajustada a equipo: Análisis de aceites, análisis de vibraciones.

1. Compresor de tornillo Grasso SP1 de GEA

c. La función específica que realiza el equipo

Este equipo se encarga de mantener el vacío en las torres de destilación por medio de la refrigeración, disminuyendo la temperatura y por ende la presión, dando lugar a la diferencia de temperaturas por etapa que produce la separación de los diferentes subproductos que componen el aceite crudo de palma.

d. Parámetros de funcionamiento del equipo

PARAMETROS	
Temperatura de descarga	<90°C
Nivel de Aceite	>20%
Nivel de NH3	(30-40) %
Amperaje de motor	<381A

e. Operaciones preventivas y/o correctivas

- Cambio y/o verificación de filtro de aceites
- Comprobación de nivel de aceite
- Comprobación de apriete de tornillo
- Test de fugas
- Comprobación de sonido de rodamientos
- Revisión de temperatura de aspiración y descarga
- Cambio de aceite anual
- Apriete de tornillos de sujeción

- Revisión de presión de aspiración y descarga

`. Mantenimientos a los que ha sido sometido el equipo.

PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> ● 20.04.2017 ● 20.05.2017 	<ul style="list-style-type: none"> ● Cambio de aceite (12.03.2017) ● Cambio y limpieza de filtros ● (20.04.2017)

a. Manual de operación donde se indique:

- Especificaciones de construcción: (Anexos-Compresor de tornillos-Manual de operación)
- Lista de piezas y repuestos del equipo (rodamiento, sellos, cojinetes, etc.): Manual de operación (Paginas 36-44)

`. Técnica ajustada a equipo: Análisis de vibraciones, análisis por ultrasonido, análisis de aceites.

i. Calentador de vapor EUROBOILERS GMT-HP 2000

d. La función específica que realiza el equipo

Se encarga de evaporar el agua permeada contenida en su tanque de condensado por medio de un quemador de gas natural y enviar el vapor sobrecalentado a través de los serpentines ubicados dentro de la torre para el proceso de desodorización de aceite de palma orgánico o convencional.

e. Parámetros de funcionamiento del equipo

Temperatura Vapor Sobrecalentado TVS:	(236-273) °C
Presión Entrada Calderín PEC:	(29,9-55.6) bar
Presión Salida Calderín PSC:	(29,1-57.8) bar

f. Operaciones preventivas y/o correctivas

- Revisión accesorios entrada y salida
- Revisión tapas, manholes y desfuegos
- Revisión instalaciones de seguridad

- Revisión conexiones de entrada y salida
- Revisión limpieza exterior
- Revisión soldaduras del cuerpo y base
- Revisión estado interior de tanque
- Revisión serpentín de vapor

`. Mantenimientos a los que ha sido sometido el equipo.

PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
● 04.10.2016	● Cambio de tornillos de brida (20.03.2017)

`. Manual de operación

- Especificaciones de construcción: (Anexos-Calderin-Data maestra Calentador)
- Lista de repuestos del equipo: No aplica

`. Técnica ajustada a equipo: Análisis por ultrasonido, Análisis por vibraciones.

1. Separador Centrifugo MACFUGE 052 SAM 3S

e. La función específica que realiza el equipo

El separador centrífugo, tiene como objetivo la separación a través la fuerza centrífuga generada por la rotación a alta velocidad.

La centrifuga de disco realiza en un corto período de tiempo y en un espacio limitado, el trabajo que requeriría una elevada superficie de decantación en un tiempo de sedimentación muy largo. Este equipo se encarga de separar la mezcla existente entre jabón y lejjas frescas resultante después del paso de la materia prima por la columna de lavado para luego enviar el separado de jabón al dispositivo neutralizador y luego al pulmón de almacenamiento.

PREVENTIVAS	CORRECTIVAS
<ul style="list-style-type: none"> • 04.01.2017 • 22.02.2017 • 18.03.2017 • 15.04.2017 • 15.05.2017 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de aceite (29.08.2016) • Cambio de aceite separador (20.04.2017) • Mantenimiento general (21.04.2017)

a. Manual de operación:

- Manual de operación: (Anexos-Centrifuga-Manual de Operación)
- Especificaciones de construcción: Manual de Operación (PAGINA 16)
- Lista de repuestos del equipo: Manual de Operación (PAGINAS 119-147)
- Técnica ajustada a equipo: Análisis de vibraciones.

El costo de aplicación del plan para mantenimientos predictivos incluye:

Instrumentos de medición:

- Medidor de vibraciones con Fluke Connect: \$5.127.000
- Analizador de vibraciones: \$29.349.000

Capacitación y/o Costo de contratación de personal para análisis:

- Ingeniero especializado en estadística aplicada: \$3.000.000/mes

- Capacitación en uso de instrumentos y mejora de análisis: (\$1.800.000)

Los costos generan un total de: \$39.276.000

BIBLIOGRAFIA

- Alberto, R., Andr, S., & Jos, J. (2012). Application of Forecast Models in Products of Massive Consumption. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 10(2), 117–125.
- Botero Botero, S., & Cano Cano, J. A. (2008). Análisis de series de tiempo para la predicción de los precios de la energía en la bolsa de Colombia. *Cuadernos De Economía*, 48, 176–208.
- De la Fuente, S. (2011). Regresión Lineal Múltiple.
- Diseños, D., Factores, V., & Diseño, C. (2006). Resumen Datos del Ejemplo : Creación del Diseño, 1–8.
- Enlatadora, P. Y., & Del, D. E. P. (n.d.). " IMPLEMENTACIÓN BASADO.
- Enrique, C., & Toledo, E. (2008). The Efficiency of Preventive Maintenance Planning and the Multicriteria Methods : A Case Study, 12⁽²⁾, 208–215.
- F. Keith Hamblin. (1991). Extracción de aceite de palma y nuevos criterios de procesamiento. *Revista Palmas*, 12^(especial), 74–101. Retrieved from <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/310>
- Flores, H. R., & Tinte, M. de los Á. (2008). Cálculo del Costo Comparativo de la Obtención de Concentrados de Boratos. *Información Tecnológica*, 19(3), 3–6. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000300002>
- Fontalvo Gómez, M., Vecino Pérez, R., & Barrios Sarmiento, A. (2014). El aceite de palma africana elae guineensis: Alternativa de recurso energético para la producción de biodiesel en Colombia y su impacto ambiental. *Prospectiva*, 90–98. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-82612014000100011&lang=pt
- González Chavarro, C. F., León Lozano, M. E., Morillo Coronado, A. C., Ochoa, E. I., & Morillo Coronado, Y. (2016). Caracterización molecular de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq., procedente de diferentes orígenes (Zaire y Camerún) usando marcadores microsatélites *Acta Agronómica*, 65(3), 276–283. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n3.48413>
- Graduaci, T. D. E., & La, P. P. (2005). Programa de mantenimiento predictivo por análisis de vibraciones en equipos críticos de la industria

azucarera.

Morillo, O., Fernández, S., Hernández, H., Castillo, G., & Marquina, G. (n.d.). Optimización de los parámetros de extracción de aceite de palma africana utilizando co2 supercrítico. *Bioagro*, 22(2), 89–94. Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000200001&Ing=es&nrm=iso&tIng=es

Ooi, C. K., Choo, Y. M., Yap, S. C., & Ma, A. N. (1998). Refinación del aceite rojo de palma * Refining of red palm oil, (1), 61–67.

P, E. A. E. (n.d.). ANALISIS EN LOS PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO – PROACTIVO EN LA INDUSTRIA.

Profesional, P. (2011). "implementación del mantenimiento predictivo en la empresa agr- rackend."

Reyes Rocabado, J., Escobar Flores, C., Duarte Vargas, J., & Ramirez Peradotto, P. (2007). Una aplicación del modelo de regresión logística en la predicción del rendimiento estudiantil. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 33(2), 101–120.

Salas, C., Ene, L., Ojeda, N., & Soto, H. (2010). Métodos estadísticos paramétricos y no paramétricos para predecir variables de rodal basados en Landsat ETM+: una comparación en un bosque de Araucaria araucana en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 31(3), 179–194. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002010000300002>

Salvador, U. D. E. E. L. (2009). " Manual de aplicaciones de herramientas y técnicas del mantenimiento Predictivo ."

Velásquez, J. D., Olaya, Y., & Franco, C. J. (2010). Predicción de series temporales usando máquinas de vectores de soporte. *Ingeniare*, 18(1) 64–75. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052010000100008>

Vergara, R. (2006). Desarrollo de los procesos de planeación y programación de la producción en el sector manufacturero de la PYME en Bogotá. *Avances, Investigación En Ingeniería*, 5(5), 69–78.

Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125–138. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052013000100011>

