



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY**

Pável César Noaldo Bracamonte González
Asesorado por el Ing. José Pablo García Marroquín

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

PÁVEL CÉSAR NOALDO BRACAMONTE GONZÁLEZ
ASESORADO POR EL ING. JOSÉ PABLO GARCÍA MARROQUÍN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 19 de septiembre de 2011.

Pável César Noaldo Bracamonte González

Guatemala, 11 de mayo de 2012

Ing. Julio César Campos Paiz
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería, USAC
Presente

Estimado Director

Por medio de la presente hago de su conocimiento que como asesor del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S) del estudiante PÁVEL CÉSAR NOALDO BRACAMONTE GONZÁLEZ, con número de camé 2003-12728 procedí a revisar el informe final, cuyo título es: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY.

Habiendo encontrado satisfactorio el contenido de dicho informe, le doy por aprobado solicitándole a la vez se le dé el siguiente tramite que le corresponda.

Sin otro particular, me despido de usted

Atentamente



Ing. Pablo García
Gerente de Mantenimiento
Planta Las Palmas II
Duke Energy, Guatemala
Col. 9226



Guatemala, 08 de agosto de 2012
REF.EPS.DOC.1106.08.12.

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Calderón de León De de León.

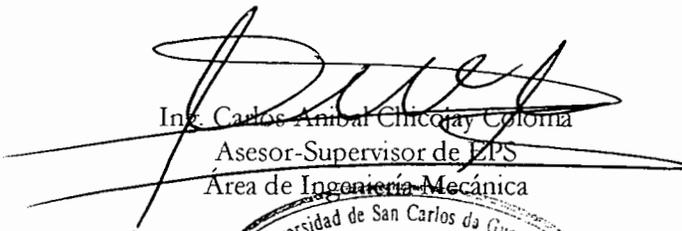
Por este medio atentamente le informo que como Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario Pável César Noaldo Bracamonte González de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200312728, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

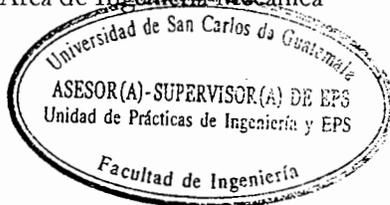
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Carlos Anibal Chicoray Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 08 de agosto de 2012
REF.EPS.D.677.08.2012

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Pável César Noaldo Bracamonte González** quien fue debidamente asesorado por el Ing. José Pablo García Marroquín y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor de EPS y Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Sigrid Cordero de León
Directora Unidad de EPS



SACde LDdL/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación de la Directora del Ejercicio Profesional Supervisado, E.P.S., al Trabajo de Graduación titulado DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY, del estudiante **Pavel César Noaldo Bracamonte González**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Julio'.

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, agosto de 2012

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE LUBRICACIÓN A MAQUINARIA Y EQUIPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA PLANTA LAS PALMAS II, DUKE ENERGY**, presentado por el estudiante universitario **Pável César Noaldo Bracamonte González**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 17 de septiembre de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por otorgarme la vida, sabiduría y fuerza para alcanzar esta meta.
Mis padres	César Bracamonte y Esperanza González, por su amor, apoyo en todo momento de mi vida y por cada uno de sus sabios consejos; gracias por ser ejemplo de integridad y amor, los admiro y los quiero mucho.
Mis hermanos	Enma y Emilio, por su invaluable cariño y apoyo durante toda mi vida.
Mis tíos y primos	Gracias a todos por su cariño, consejos, su ayuda y apoyo incondicional.
Madelyn de la Roca	Por su amor y compañía durante esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todo lo que me ha dado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.
Facultad de Ingeniería	Por abrirme sus puertas y compartir sus conocimientos.
Asesores	Ing. Pablo García e Ing. Carlos Chicojay por su tiempo y sus consejos.
Duke Energy	Por otorgarme la oportunidad de llevar a cabo mi trabajo de graduación en sus instalaciones.
Personal de Duke Energy	Por su apoyo brindado durante el tiempo compartido.
Mis amigos	Archie García, Lester Valle, a todos mis amigos gracias por apoyarme en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Historia de la empresa	1
1.2. Localización de la empresa	2
1.3. Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico	3
1.4. Definición de centrales térmicas	4
1.5. Breve descripción del proceso de generación eléctrica	4
1.6. Carbón	8
1.6.1. Tipos de carbón	8
1.6.2. Usos del carbón	8
2. SITUACIÓN ACTUAL	11
2.1. Inventario de maquinaria y equipos	11
2.2. Descripción de los equipos	12
2.2.1. Bomba de alimentación de agua a la caldera	12
2.2.2. Pulverizador de carbón	12
2.2.3. Alimentador gravimétrico	14
2.2.4. Sistema del clasificador rotatorio	15
2.2.5. Ventilador de tiro forzado	16

2.2.6.	Ventilador de aire primario	16
2.2.7.	Ventilador de tiro inducido	17
2.2.8.	Sistema de recolección de ceniza de fondo	17
2.2.9.	Turbogenerador.....	18
2.2.10.	Conductor de carbón	19
3.	FASE TÉCNICO PROFESIONAL	21
3.1.	Justificación del programa de lubricación.....	21
3.2.	Hojas de información de equipos críticos.....	21
3.2.1.	Bombas de alimentación de agua a la caldera.....	22
3.2.2.	Pulverizador	24
3.2.3.	Alimentador gravimétrico.....	25
3.2.4.	Sistema hidráulico del clasificador rotatorio	26
3.2.5.	Ventilador de tiro forzado	27
3.2.6.	Ventilador de aire primario	28
3.2.7.	Ventilador de tiro inducido	29
3.2.8.	Sistema hidráulico de recolección de ceniza de fondo	30
3.2.9.	Turbogenerador.....	31
3.3.	Listados de equipos y lubricantes	32
3.4.	Programa semanal de lubricación	33
3.5.	Diagramas de lubricación.....	35
3.5.1.	Diagrama de pulverizador	36
3.5.2.	Diagrama de sistema hidráulico del clasificador rotatorio	37
3.5.3.	Diagrama del alimentador gravimétrico.....	38
3.5.4.	Diagrama de bombas de alimentación de agua a la caldera.....	39
3.5.5.	Diagrama de conductores de carbón	40

3.5.6.	Diagrama de ventilador de aire primario	41
3.5.7.	Diagrama de ventilador de tiro forzado	42
3.5.8.	Diagrama ventilador de tiro inducido	43
3.5.9.	Diagrama de sistema de ceniza de fondo.....	44
3.5.10.	Diagrama de turbogenerador.....	45
3.6.	Control de consumo de lubricante por equipo	46
4.	FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	47
4.1.	Implementación del programa	47
4.1.1.	Recursos.....	48
4.1.2.	Concientizar al personal	48
	CONCLUSIONES	51
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA.....	55
	ANEXOS	57

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación planta Las Palmas II.....	2
2.	Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico.....	3
3.	Esquema de centrales termoeléctricas.....	5
4.	Esquema de generación eléctrico a base de carbón.....	7
5.	Pulverizador de pista y bolas.....	13
6.	Alimentador gravimétrico de carbón.....	14
7.	Sistema hidráulico del clasificador rotatorio.....	15
8.	Esquema de sistema de recolección de ceniza de fondo.....	18
9.	Turbogenerador.....	19
10.	Conductor de carbón.....	20
11.	Diagrama de lubricación del pulverizador.....	36
12.	Diagrama de lubricación del clasificador rotatorio.....	37
13.	Diagrama de lubricación del alimentador gravimétrico.....	38
14.	Diagrama de lubricación de las bombas de alimentación.....	39
15.	Diagrama de lubricación de conductores de carbón.....	40
16.	Diagrama de lubricación de ventilador de aire primario.....	41
17.	Diagrama de lubricación de ventilador de tiro forzado.....	42
18.	Diagrama de lubricación de ventilador de tiro inducido.....	43
19.	Diagrama de lubricación de sistema de ceniza de fondo.....	44
20.	Diagrama de lubricación de sistema de lubricación de TG.....	45

TABLAS

I.	Hoja de información bomba No.1.....	22
II.	Hoja de información bombas No. 2 y No. 3.....	23
III.	Hoja de información de pulverizadores.....	24
IV.	Hoja de información de alimentadores gravimétricos.....	25
V.	Hoja de información de los clasificadores rotatorios.....	26
VI.	Hoja de información de los ventiladores de tiro forzado.....	27
VII.	Hoja de información de los ventiladores de aire primario.....	28
VIII.	Hoja de información de los ventiladores de tiro inducido.....	29
IX.	Hoja de información del sistema de ceniza de fondo.....	30
X.	Hoja de información del turbogenerador.....	31
XI.	Listado de equipos y lubricantes.....	32
XII.	Criterio de referencia de lubricación del programa semana.....	33
XIII.	Programa semanal de lubricación a los equipos.....	34
XIV.	Referencia de colores de tipo de lubricante.....	35
XV.	Boleta de consumo de lubricantes.....	46
XVI.	Rutina de lubricación para engrase de los equipos.....	49

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballo de fuerza
CO₂	Dióxido de carbono
°C	Grado Centígrado
°F	Grado Fahrenheit
KW	Kilovatio
psi	Libra por pulgada cuadrada
psig	Presión manométrica
rpm	Revoluciones por minuto
bar	Unidad de presión
V	Voltio

GLOSARIO

Desgaste	Es la pérdida de material de la interface de dos cuerpos, cuando se les ajusta a un movimiento relativo bajo la acción de una fuerza.
Fricción	Se define como la fuerza de rozamiento entre dos superficies en contacto a la fuerza que se opone al movimiento de una superficie sobre la otra.
Lubricación	Es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño entre ellas.
Lubricante	Es una sustancia que al colocarse entre dos superficies no se degrada y forma una película protectora que impide el contacto de las superficies que permiten su movimiento.
Mantenimiento preventivo	Es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan establecido.

**Rutina de
lubricación**

Son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento, teniendo en cuenta los catálogos de los equipos suministrados por el fabricante y la experiencia de los técnicos.

Tribología

Es la ciencia y tecnología que estudia la interacción de las superficies en movimiento relativo, así como temas y prácticas relacionadas.

Viscosidad

Es la medida de la resistencia que tiene un lubricante a fluir.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación analiza y propone un plan para mejorar el desempeño de la persona que se encarga de las tareas de lubricación que son vitales en una empresa; el supervisor es la persona encargada de que todas estas actividades se realicen en orden y de la forma correcta.

Duke Energy International, empresa que opera en el país desde el año 2001 generando energía eléctrica y que produce el 17% del consumo nacional, ha instalado en el departamento de Escuintla una nueva planta de energía eléctrica llamada Las Palmas II, la cual tendrá una potencia instalada de 83 megavatios.

Para estructurar el plan de trabajo fue necesario realizar una observación de actividades, con el fin de encontrar deficiencias u oportunidades de mejora, que por medio del plan de trabajo se puedan corregir y obtener como beneficio una mayor eficiencia.

Para llevar a cabo el proyecto fue necesaria la recolección, ordenamiento, tabulación y análisis de la información para un mejor manejo de ella. También fue necesaria la actualización de algunos datos, ya que se han modernizado algunos equipos y máquinas de los que originalmente estaban en las bases de datos.

Como parte importante del proyecto se elaboró un estudio de los recursos a utilizar tanto materiales como humanos, quienes se encargarán de elaborar las tareas; se implementó la plaza para una persona que tendrá a su cargo la tarea específica de engrase de la planta y la parte de lubricación a los equipos que requieren aceite, que quedan bajo la responsabilidad del personal de operaciones.

Para el mejor manejo de toda el área de lubricación se solicitaron equipos y herramientas que minimicen las tareas de lubricación y que todo sea de una manera más limpia, rápida y eficaz.

OBJETIVOS

General

Proponer un programa de lubricación dando mayor énfasis a los equipos críticos de generación de la planta Las Palmas II.

Específicos

1. Conocer el estatus actual de la planta para evaluar criticidades.
2. Elaborar un listado que garantice un *stock* mínimo de grasas y aceites.
3. Determinar los tiempos de lubricación a los equipos.
4. Elaborar rutinas de lubricación, como guía de los operadores.
5. Elaborar diagramas de lubricación, para identificar los puntos a lubricar.
6. Diseñar formatos que faciliten y documenten la información de los equipos.

INTRODUCCIÓN

La planta Las Palmas II de Duke Energy cuenta con una gran cantidad de maquinaria y equipo para la generación de energía eléctrica, los cuales se encuentran instalados pero aún están en fase de prueba simulando su comportamiento real para cuando se pase a fase de operación; dicha maquinaria tiene que estar a un 100% de disponibilidad para producir las cantidades de energía esperadas que posteriormente serán suministradas a la red eléctrica del país.

La maquinaria y equipos no contaban con rutinas de lubricación y esto afecta directamente el tiempo de vida útil y los costos de mantenimiento aumentan, así como los tiempos de trabajo en el mantenimiento. Por tal motivo es necesario el manejo y mantenimiento correcto de la máquina. El no hacerlo puede resultar en lesiones personales o averías serias en la máquina.

El diseño de las rutinas de lubricación a todos los equipos críticos se elaboró básicamente con la observación de los manuales de operación y mantenimiento de cada máquina, así también con ayuda de la experiencia del personal de mantenimiento.

Por otro lado, se controlarán también las boletas de consumos de los lubricantes, para tener registro de algún trabajo de mantenimiento a dicho equipo.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

Las centrales térmicas son instalaciones que producen energía eléctrica a partir de la combustión, en este caso de carbón en calderas diseñadas para el efecto. Almacenan el combustible en depósitos adyacentes a la planta, el cual es tratado para suministrarlo en las calderas que generan el vapor y éste se utiliza para dar energía a las turbinas que generan la energía eléctrica.

1.1. Historia de la empresa

Duke Energy International, empresa que opera en el país desde el 2001, genera energía eléctrica y produce el 17% del consumo nacional. Dicha empresa anunció el inicio de la construcción en el departamento de Escuintla de una nueva planta de energía eléctrica llamada Las Palmas II, la cual tendrá una potencia instalada de 83 megavatios.

Duke Energy International ha desarrollado este nuevo proyecto cumpliendo con todas las normas y leyes que Guatemala requiere para este tipo de instalaciones energéticas. Se ha trabajado de la mano del Ministerio de Energía y Minas, la Comisión Nacional de Energía y en coordinación con el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, entidades que han visto con muy buenos ojos el potencial generador de esta empresa internacional y su gran interés de continuar invirtiendo en Guatemala.

Duke Energy opera actualmente en Guatemala con dos plantas de energía por medio de bunker: Arizona en Escuintla de 160 megavatios y Las Palmas I, también en Escuintla, produciendo 90 megavatios.

Duke Energy International tiene como principios la salud, seguridad y desarrollo de las comunidades protegiendo el medio ambiente, y es por ello que la nueva planta Las Palmas II utilizará como combustible un carbón de bajo azufre que disminuye considerablemente los efectos que pueden causarse.

La misión de la empresa está definida de la siguiente manera: “Mejoramos la vida de la gente suministrando servicios de electricidad de una manera sostenible. Esto exige que estemos buscando constantemente maneras de mejorar, de crecer y de reducir nuestro impacto sobre el medio ambiente”.

1.2. Localización de la empresa

La planta Las Palmas II está ubicada en el km. 61.5 antigua carretera a Puerto San José, Escuintla.

Figura 1. Ubicación planta Las Palmas II

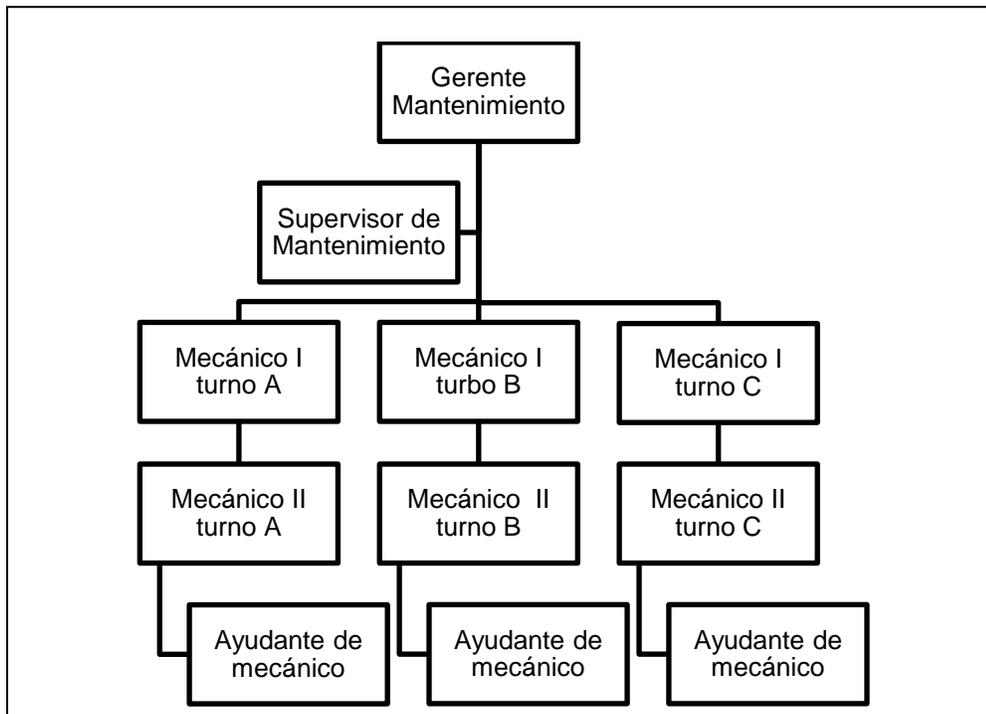


Fuente: maps.google.com.gt. Consulta: 10 de noviembre de 2011.

1.3. Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico

El Departamento de Mantenimiento Mecánico de Las Palmas II está integrado por un grupo de colaboradores remunerados entre los cuales están: supervisor de mantenimiento, mecánicos I, mecánicos II, ayudante de mecánico, todos ellos están a cargo del gerente de mantenimiento; estas son las personas encargadas de realizar las reparaciones y mantenimientos de toda la maquinaria y equipos que lo requieran.

Figura 2. Organigrama del Departamento de Mantenimiento Mecánico



Fuente: planta Las Palmas II.

1.4. Definición de centrales térmicas

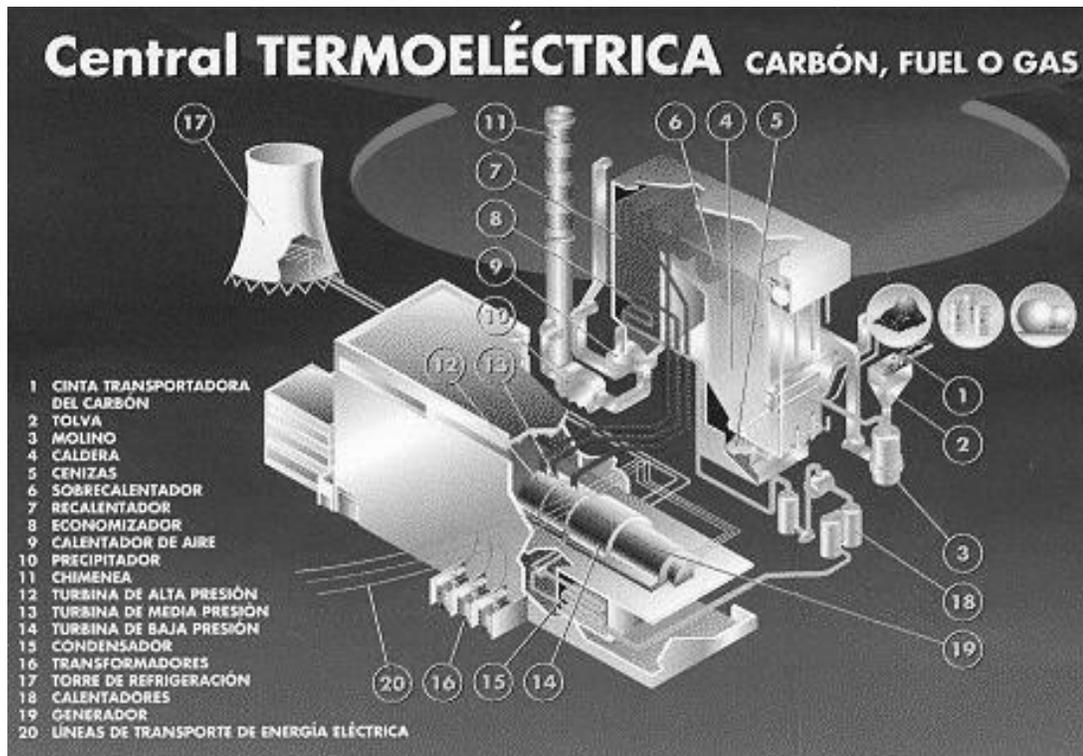
Instalación que produce energía eléctrica a partir de la combustión de carbón, *fuel-oil* o gas en una caldera diseñada para el efecto. El funcionamiento de todas las centrales térmicas, o termoeléctricas, es semejante. El combustible se almacena en parques o depósitos adyacentes, desde donde se suministra a la central, pasando a la caldera, en la que se provoca la combustión. Esta última genera el vapor a partir del agua que circula por una extensa red de tubos que tapizan las paredes de la caldera. El vapor hace girar los álabes de la turbina, cuyo eje rotor gira solidariamente con el de un generador que produce la energía eléctrica; esta energía se transporta mediante líneas de alta tensión a los centros de consumo.

Por su parte, el vapor es enfriado en un condensador y convertido otra vez en agua, que vuelve a los tubos de la caldera, comenzando un nuevo ciclo.

1.5. Breve descripción del proceso de generación eléctrica

En las centrales térmicas convencionales, la energía química liberada por el combustible fósil (carbón, gas o *fuel-oil*) se transforma en energía eléctrica. Se trata de un proceso de refinado de energía. El esquema básico de funcionamiento de todas las centrales térmicas convencionales es prácticamente el mismo, independientemente de que utilicen carbón, *fuel-oil* o gas. Las únicas diferencias sustanciales consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y el diseño de los quemadores de la misma, que varía según el tipo de combustible empleado.

Figura 3. Esquema de centrales termoeléctricas



Fuente: <http://mfsuarez.blogspot.es/>. Consulta: 18 de abril de 2012.

En el caso de una central térmica de carbón, el combustible se reduce primero a un polvo fino y se bombea después dentro del horno por medio de unos chorros de aire precalentados. En definitiva, la energía liberada durante la combustión en la cámara de la caldera, independientemente del tipo de combustible, hace evaporarse el agua en los tubos de la caldera y produce vapor.

El vapor se distribuye a alta presión a través de la caldera, con el fin de obtener el mayor rendimiento posible.

Gracias a esta presión en los tubos de la caldera, el vapor puede llegar a alcanzar temperaturas de hasta 600 °C (vapor recalentado). Este vapor entra a gran presión en la turbina a través de un sistema de tuberías.

La turbina consta de tres cuerpos: de alta, media y baja presión, respectivamente. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que éste va perdiendo presión progresivamente. Así pues, el vapor de agua a presión hace girar la turbina, generando energía mecánica. Se ha conseguido transformar la energía térmica en energía mecánica de rotación.

El vapor, con el calor residual no aprovechable, pasa de la turbina al condensador. Aquí, a muy baja presión (vacío) y temperatura (40°C), el vapor se convierte de nuevo en agua, la cual es conducida otra vez a la caldera y de nuevo reiniciar el ciclo productivo. El calor latente de condensación del vapor de agua es absorbido por el agua de refrigeración, que lo entrega al aire del exterior en las torres de enfriamiento. La energía mecánica de rotación que lleva el eje de la turbina, es transformada a su vez en energía eléctrica por medio de un generador síncrono acoplado a la turbina.

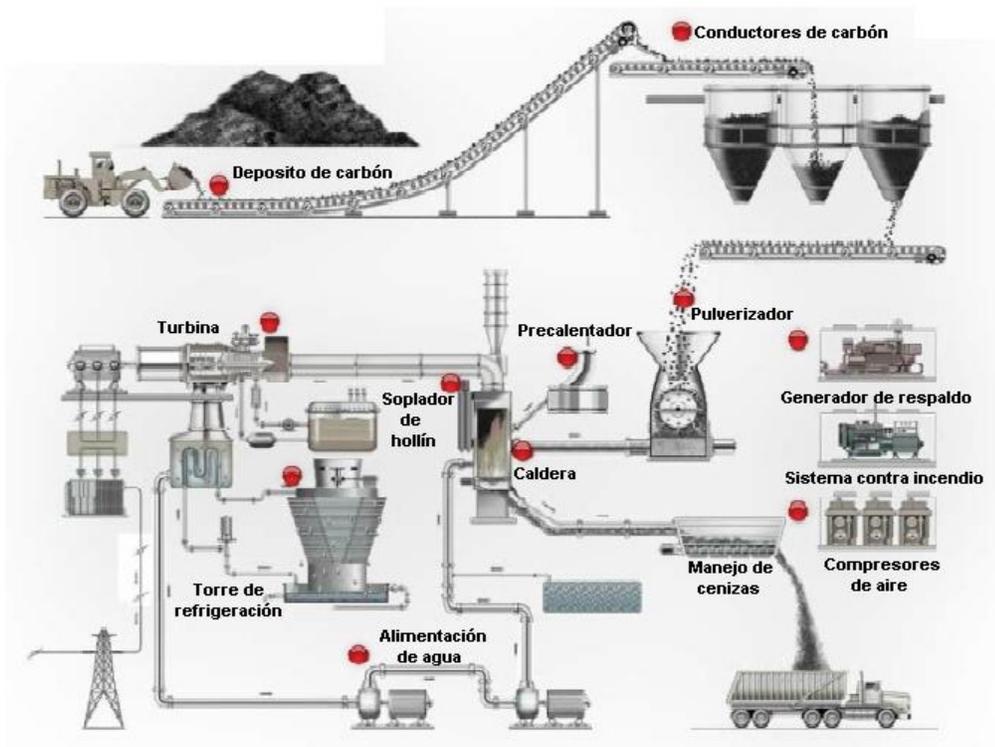
La combustión de carbón pulverizado es el método más ampliamente usado para quemar carbón para generación eléctrica. En este método, el carbón es molido, pulverizado e inyectado con aire a la caldera.

El carbón pulverizado tiene una gran área superficial, lo cual facilita su combustión en los quemadores. El calor generado es usado para producir vapor a altas presiones y temperaturas, para activar las turbinas y generar electricidad.

Las plantas modernas avanzadas utilizan aleaciones de acero, especialmente desarrolladas para alta resistencia que hace posible el uso de vapor a condiciones supercríticas y ultrasupercríticas (presiones mayores a 248 bar y temperaturas mayores a 566°C) y pueden alcanzar, dependiendo de la localización, cerca del 45% de eficiencia.

Esto conduce a una reducción en las emisiones de CO₂, porque se usa menos combustible por unidad de electricidad producida.

Figura 4. **Esquema de generación eléctrica a base de carbón**



Fuente: http://www.mobilindustrial.com/IND/english/yourindustry_energy_coal_schematic.aspx.

Consulta: 15 de marzo de 2012.

1.6. Carbón

Combustible sólido de origen vegetal. Además de carbono, contiene hidrocarburos volátiles, azufre y nitrógeno, así como cenizas y otros elementos en menor cantidad (potasio, calcio, sodio, magnesio, etcétera).

1.6.1. Tipos de carbón

Los diferentes tipos de carbón se clasifican según su contenido de carbono fijo. La turba, la primera etapa en la formación de carbón, tiene un bajo contenido de carbono fijo y un alto índice de humedad. El lignito, el carbón de peor calidad, tiene un contenido de carbono mayor, y una capacidad calorífica inferior a la del carbón común debido al gran contenido de agua (43,4%) y bajo de carbono (37,8%); el alto contenido de materia volátil (18,8%); provoca la desintegración rápida del lignito expuesto al aire.

El calor del lignito es de 17.200 kJ por kg. El carbón bituminoso tiene un contenido aún mayor, por lo que su poder calorífico también es superior. La antracita (también llamada hulla seca) es el carbón con el mayor contenido en carbono y el máximo poder calorífico. La presión y el calor adicionales pueden transformar el carbón en grafito, que es prácticamente carbono puro.

1.6.2. Usos del carbón

El carbón tiene muchos usos importantes, aunque los más significativos son la generación eléctrica, la fabricación de acero y cemento y los procesos industriales de calentamiento. En el mundo en desarrollo es también importante el uso doméstico del carbón para calefacción y cocción. El carbón es la mayor fuente de combustible usada para la generación de energía eléctrica.

Más de la mitad de la producción total de carbón a nivel mundial, provee actualmente cerca del 40% de la electricidad producida mundialmente. Muchos países son altamente dependientes del carbón para su electricidad;

El carbón es también indispensable para la producción de hierro y acero; casi el 70% de la producción de acero proviene de hierro hecho en altos hornos, los cuales utilizan carbón y coque. La mayoría de las plantas de cemento del mundo son alimentadas con carbón. Al quemar carbón se produce dióxido de carbono, entre otros compuestos.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Inventario de maquinaria y equipos

Para operar la planta de generación Las Palmas II utiliza diferentes equipos en todo el proceso, iniciando en el manejo de carbón hasta la operación misma. Para entrar en detalle de los mismos, se hará un inventario de los equipos críticos utilizados y con ello se comprenderá aun mejor el proceso de generación eléctrica a base de carbón.

Las Palmas II dispone de equipos esenciales en el proceso, los cuales son:

- 2 turbinas
- 4 calderas
- 10 bandas transportadoras
- 4 sistemas recolectores de ceniza
- 8 pulverizadores
- 8 clasificadores hidráulicos de carbón
- 8 ventiladores de aire primario
- 4 ventiladores de aire inducido
- 4 ventiladores de aire forzado
- 3 bombas de alimentación de agua a la caldera
- 8 alimentadores de carbón

2.2. Descripción de los equipos

Antes de establecer cualquier programa de mantenimiento es necesario conocer la maquinaria y equipo al cual se le aplicará el plan, en este caso de lubricación; con esto se hará una breve mención del funcionamiento de cada uno de los equipos que han sido considerados como críticos para el proceso de generación eléctrica a base de carbón; será útil analizar sus parámetros de operación y su función dentro del proceso de generación.

2.2.1. Bomba de alimentación de agua a la caldera

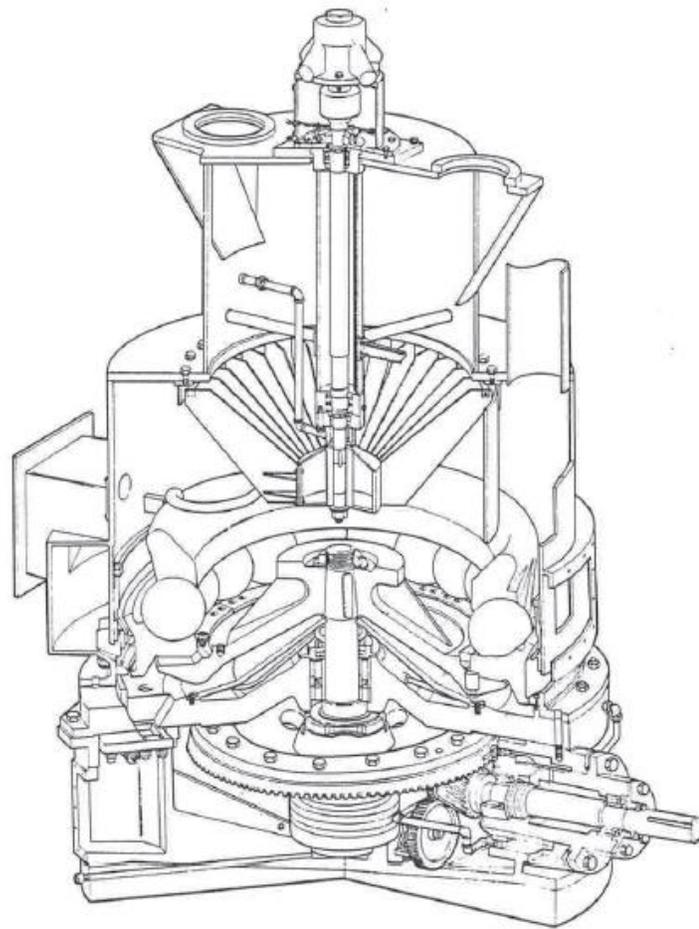
Este tipo de bomba es utilizado para abastecer de agua a las calderas, la cual proviene desde la torre de enfriamiento y que ha sido tratada para poder ingresar a la caldera sin producirle ningún tipo de daño. En la planta se cuenta con tres bombas encargadas de proveer agua a las calderas, una que dispone de un motor eléctrico para su funcionamiento y dos que son accionadas mediante turbinas de vapor; ambas bombas de accionamiento de vapor necesitan que la caldera previamente genere vapor y para dicho trabajo se cuenta con la otra bomba de motor eléctrico.

2.2.2. Pulverizador de carbón

La función del pulverizador es moler y clasificar el carbón molido para proporcionar la fineza necesaria para quemarlo en la caldera. Los pulverizadores utilizados en Palmas II son de pista y bolas. En este tipo de pulverizador la pista gira desde la parte inferior lo cual crea una compresión, convirtiendo el carbón en partículas finas que son trasladadas por aire hacia los conductos de combustible, y de aquí a los quemadores.

Es muy importante controlar el flujo de aire que entra en el pulverizador, así como el flujo de carbón que se le introduce para obtener una operación satisfactoria.

Figura 5. **Pulverizador de pista y bolas**

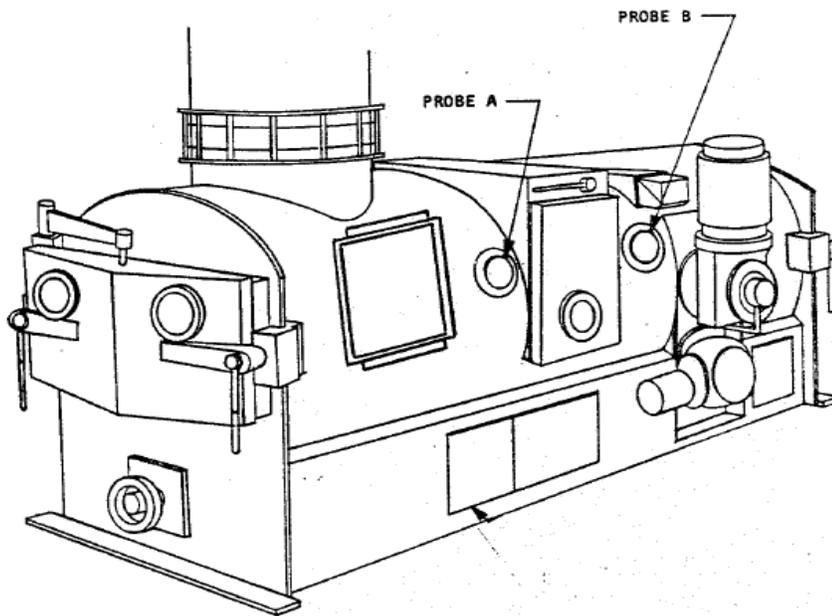


Fuente: Manual del fabricante, Babcock & Wilcox. Apéndice 1.

2.2.3. Alimentador gravimétrico

Consiste en un sistema de control de peso a través de una banda transportadora del carbón que es suministrado a los pulverizadores; el carbón que ingresa a los alimentadores gravimétricos proviene de los silos de carbón donde se almacena en grandes cantidades para su disponibilidad inmediata en la operación de la planta; la capacidad de alimentación se mide por el tamaño de la banda transportadora y la velocidad de la misma. El alimentador cuenta con dos cajas reductoras que se encargan de su funcionamiento, una es la que transporta el carbón pesado hacia el clasificador y la otra se encarga de limpiar el alimentador gravimétrico para evitar un mal funcionamiento.

Figura 6. Alimentador gravimétrico de carbón

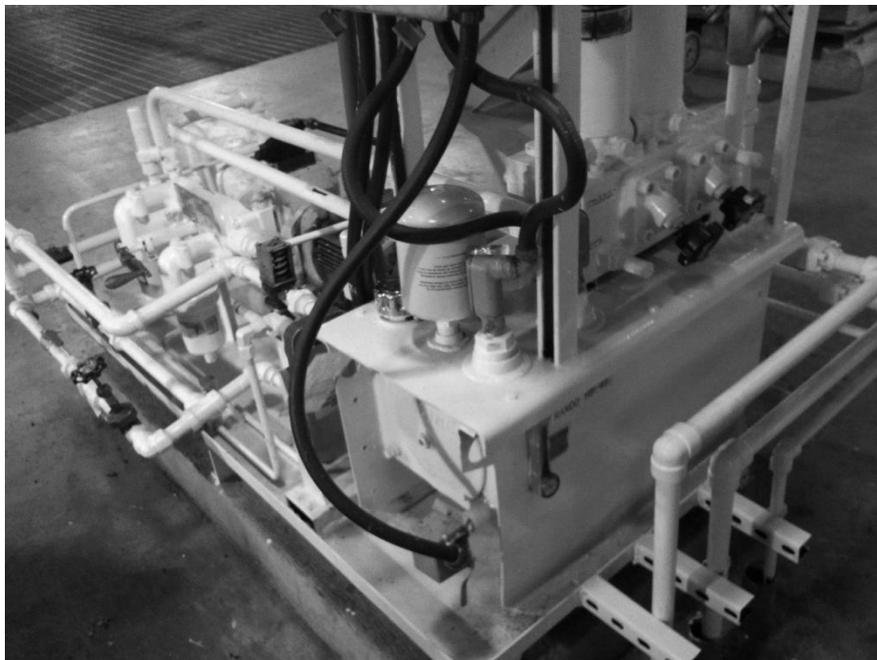


Fuente: Manual del fabricante, Babcock & Wilcox. p. 32.

2.2.4. Sistema del clasificador rotatorio

Este sistema es el que transporta carbón de un tamaño estándar hacia el pulverizador. La bomba hidráulica provee la presión necesaria para manejar el motor hidráulico, el cual es el encargado de rotar el clasificador. El manejo del motor (aceleración, desaceleración, y velocidad de rotación) es controlado por ajustes en la válvula interna de la bomba hidráulica. Cuando la bomba hidráulica excede la temperatura de operación, esta puede ser controlada por la válvula de enfriamiento. La planta tiene ocho sistemas de clasificación de carbón ya que cada pulverizador debe contar con este sistema para su operación.

Figura 7. Sistema hidráulico del clasificador rotatorio



Fuente: planta Las Palmas II.

2.2.5. Ventilador de tiro forzado

Los ventiladores de tiro forzado se utilizan para inyectar aire a la caldera por medio del sistema de aire de combustión hacia el hogar de la misma. Los ventiladores deben tener una presión de descarga lo suficientemente alta para igualar la resistencia total de los conductores y calentadores de aire, quemadores y cualquier otra resistencia entre los ventiladores y la descarga en el hogar. Esto hace del hogar el punto de tiro equilibrado. La planta cuenta con cuatro ventiladores de tiro forzado ya que se utiliza uno por cada caldera.

2.2.6. Ventilador de aire primario

El ventilador de aire primario tiene tres funciones:

- Transportar mediante un chorro de aire el carbón molido del pulverizador hacia el sistema de combustión que se encuentra en los quemadores de la caldera.
- Secar el carbón para que el mismo se encuentre a una temperatura adecuada que proporcione una óptima combustión.
- Mantener el carbón en circulación dentro del pulverizador para que ingrese el carbón del clasificador hacia el interior del pulverizador, así como también para limpiar el interior del mismo.

Se cuenta con ocho ventiladores instalados, uno en cada pulverizador.

2.2.7. Ventilador de tiro inducido

Este tipo de ventilador está diseñado para extraer los productos gaseosos de la combustión en la caldera, los cuales son distribuidos hacia la chimenea y esta los saca a la atmósfera.

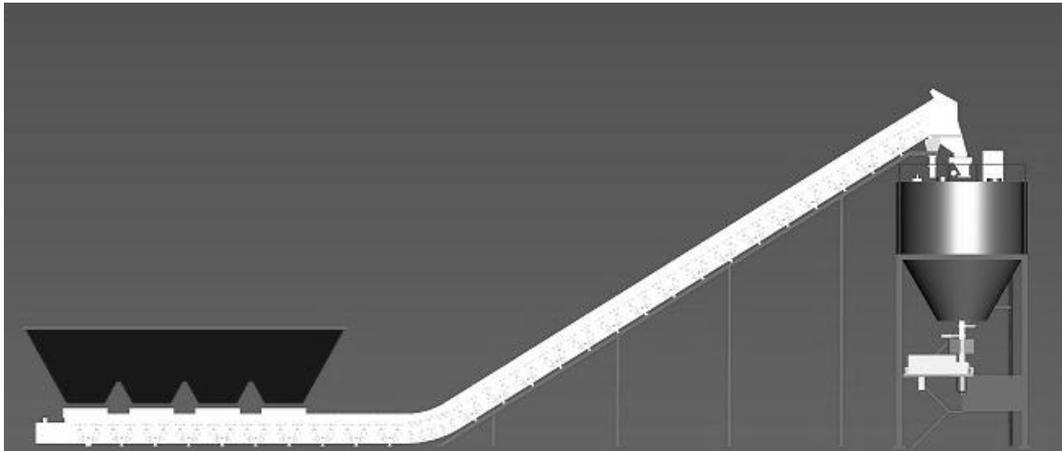
Un ventilador de tiro inducido básicamente tiene las mismas exigencias que un ventilador de tiro forzado, excepto por el hecho de que manipula gas a una temperatura más alta y que los gases pueden contener partículas sólidas y erosivas, en suspensión. Debe evitarse el mantenimiento debido a la erosión, puede que resulte muy caro; por lo cual se recubre la carcasa e incluso los alabes del rotor con forros de desgaste reemplazables.

2.2.8. Sistema de recolección de ceniza de fondo

El sistema de eliminación de ceniza provee un eficiente y confiable medio de manejo de ceniza de fondo de la zona del horno; este sistema se encarga de limpiar toda la escoria que proviene de la caldera.

El *bottom ash* está diseñado para una continua eliminación de ceniza de fondo de las cuatro unidades en la instalación. El sistema es llevado a través de un conductor de cadena sumergida, el cual está provisto de un motor hidráulico, que envía los desechos hacia un conductor recolector de las cuatro unidades, para posteriormente almacenarlo en un silo para su posterior manejo.

Figura 8. **Esquema de un sistema de recolección de ceniza de fondo**



Fuente: http://www.yuan-power.com/english/newsinfo.asp?NEWS_ID=2010791347473499.

Consulta: 02 de mayo de 2012.

2.2.9. Turbogenerador

Se le llama así al conjunto compuesto por un generador eléctrico movido por una turbina de vapor, con el fin de transformar la energía térmica del vapor en energía eléctrica. En la turbina se realiza la expansión del vapor, transformando la energía térmica en energía cinética y simultáneamente en energía mecánica aplicada en el eje. Finalmente, en el generador se transforma la energía mecánica del rotor en energía eléctrica.

Los turbogeneradores General Electric utilizados en Las Palmas II son impulsados a través de vapor, el cual es suministrado por las cuatro calderas y controlado por el cabezal de 1500 PSI desde el cual se suministra vapor para rotar el generador; cada turbogenerador cuenta con una potencia de 41450 kilovatios.

Figura 9. **Turbogenerador**



Fuente: planta Las Palmas II.

2.2.10. Conductor de carbón

Los conductores de carbón son las bandas transportadoras que se utilizan en la industria; en este caso, el carbón se traslada en camiones desde la pila de carbón hacia adentro de la planta, para luego distribuirlo a través del primer conductor hacia la torre de trituración, la cual lo envía hacia la planta, en el momento de ser necesario.

Los conductores cuentan con una caja reductora y un motor eléctrico que es el que les dota de la fuerza necesaria para elaborar su trabajo y tienen un tensor para que la banda esté siempre extendida.

Figura 10. **Conductor de carbón**



Fuente: planta Las Palmas II.

3. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

3.1. Justificación del programa de lubricación

La planta Las Palmas II cuenta con gran cantidad de máquinas y equipos para la generación de energía eléctrica en las áreas de operación y manejo de carbón, por lo que es primordial que en la fase de pruebas que se encuentra el equipo en general, queden operando con una disponibilidad del 100%.

El equipo en mención no cuenta con rutinas de lubricación específicas para cada necesidad y por ende el tiempo de vida útil disminuye y los costos de mantenimiento aumentan considerablemente; por tal motivo fue necesario el diseño e implementación de un programa de lubricación.

Por otro lado, todos los equipos cuentan con un *stock* de grasas y aceites para el mantenimiento de los mismos, el cual debe de garantizarse un *stock* mínimo; por tal motivo fue necesario el inventario de equipos y los listados de lubricantes requeridos para cada uno de ellos, para tener la disponibilidad dentro de las instalaciones en cualquier momento.

3.2. Hojas de información de equipos críticos

Las hojas de información de los equipos fueron creadas con el fin de conocer la mayor cantidad de parámetros de operación que requiere cada uno de ellos; conociendo su descripción, posibles causas de avería por falta de una adecuada lubricación, pruebas, inspecciones y algunas normas que se requieren para el análisis de los lubricantes utilizados.

3.2.1. Bombas de alimentación de agua a la caldera

Este tipo de bomba es utilizado para abastecer de agua a las calderas; la BFP #1 es accionada por un motor eléctrico el cual está unido al eje por un *coupling* mecánico para brindar la potencia requerida hacia la bomba. La BFP transporta agua a una temperatura aproximada a los 250 °F.

Tabla I. Hoja de información bomba No.1

Nombre del equipo: Boiler Feed Water Pump #1	No. equipos: 1	Ubicación: Primer nivel Alimentación de agua	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Operaciones
Parámetros de operación: Datos del motor: 1250 HP, 2300 V, 3600 rpm Flujo: 935 GPM a 3570 RPM Presión de aceite: 15 PSI			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Presión baja Vibración Alta temperatura en los cojinetes Causa: Velocidad muy baja Pernos del <i>coupling</i> , Cojinetes con alta temperatura, Agua en el aceite, Desalineamiento Contaminación en el aceite, Nivel bajo de aceite			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite	Frecuencia de la prueba: 3500 horas	Inspecciones: Nivel de aceite Temperatura Vibración Ruido	Frecuencia de inspección: Diario
Motor eléctrico: Ingersoll Rand. Modelo: 3X11 CB-12 Prueba de oxidación ASTM D943 Índice de viscosidad ASTM D2270			

Fuente: elaboración propia.

Las bombas 2 y 3 son utilizadas para abastecer de agua a las calderas, estas dos bombas están dotadas de un motor de turbina accionada con vapor el cual es abastecido desde el cabezal de vapor de 27 PSI. La BFP transporta agua a una temperatura aproximada a los 250 °F.

Tabla II. Hoja de información bombas No. 2 y No. 3

Nombre del equipo: Boiler Feed Water Pump #2, #3	No. Equipos: 2	Ubicación: Primer nivel Alimentación de agua	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Operaciones
Parámetros de operación:			
Flujo: 935 GPM a 3570 RPM		Presión de aceite: 15 PSI	
Presión de Vapor: 167 PSI			
Efectos potenciales por falla en el equipo:			
Problema: Presión baja Vibración Alta temperatura en los cojinetes		Causa: Velocidad muy baja, vapor en el flujo de agua Pernos del <i>coupling</i> , cojinetes con alta temperatura, Agua en el aceite, desalineamiento Contaminación en el aceite, nivel bajo de aceite	
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite	Frecuencia de la prueba: 3500 horas	Inspecciones: Nivel de aceite Temperatura Vibración Ruido	Frecuencia de inspección: Diario
Turbodyne, Worthington Division Prueba de oxidación ASTM D943 Índice de viscosidad ASTM D2270			

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Pulverizador

La función del pulverizador es moler y clasificar el carbón molido para proporcionar la fineza necesaria para quemarlo en la caldera.

Tabla III. Hoja de información de pulverizadores

Nombre del equipo: Pulverizador	No. equipos: 8	Ubicación: Primer nivel Trituración de carbón	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Manejo de carbón
Parámetros de operación: El pulverizador cuenta con 2 puntos de lubricación los cuales son: <ul style="list-style-type: none"> • Caja reductora del pulverizador • Grasea de cojinetes superiores y cojinetes de fondo Datos del motor: 100HP, 460V, 558 RPM Presión de operación del aceite: de 4 a 8 PSI Temperatura de operación del aceite: 130 a 150°F			
Efectos potenciales por falla en el equipo: La temperatura normal de carbón dentro del pulverizador debe estar entre los 135 a 175°F, para evitar el riesgo de una posible causa de fuego en el pulverizador Alta temperatura en el pulverizador debido a la falta de aceite en el reservorio			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite.	Frecuencia de la prueba: Cada 3,000 horas	Inspecciones: Nivel de aceite de caja reductora, graseras de los cojinetes	Frecuencia de inspección: Diario
Prueba de sedimentos y agua en el aceite: ASTM D96 Tolerancia de sedimentos: 0.20% Prueba de viscosidad: ASTM 088			

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Alimentador gravimétrico

Sistema de control de peso a través de una banda transportadora del carbón que es suministrado a los pulverizadores, la capacidad de alimentación se mide por el tamaño de la banda transportadora y la velocidad de la misma.

Tabla IV. Hoja de información de alimentadores gravimétricos

Nombre del equipo: Alimentador gravimétrico	No. equipos: 8	Ubicación: Tercer nivel	Criticidad: __ 1 __ Tipo de equipo: Manejo de carbón
Parámetros de operación: Datos del motor: Marca Reliance Electric, 0.25 HP, 1140 RPM			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Tensión en la banda transportadora Causa: Desalineamiento de la banda transportadora			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Cambio general de aceite al reducto conductor del cepillo de limpieza y el de la banda transportadora	Frecuencia de la prueba: 2500 horas	Inspecciones: Nivel de aceite Ruido Temperatura de los cojinetes	Frecuencia de inspección: Semanal
Grado de viscosidad: ASTM D445 Índice de viscosidad: ASTM D2270 Caja reductora marca: S E Co			

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Sistema hidráulico del clasificador rotatorio

La bomba hidráulica provee la presión necesaria para manejar el motor hidráulico, el cual es el encargado de rotar el clasificador.

Tabla V. Hoja de información de los clasificadores rotatorios

Nombre del equipo: Sistema hidráulico de los clasificadores	No. Equipos: 8	Ubicación: Tercer Nivel	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Manejo de carbón
Parámetros de operación: El manejo del motor (aceleración, desaceleración, y velocidad de rotación) es controlado por ajustes a la válvula interna de la bomba hidráulica. Cuando la bomba hidráulica excede la temperatura de operación, puede ser controlada por la válvula de enfriamiento. Datos del motor: 15 HP, 460 V, 1800 RPM Temperatura de aceite: 140°F, Presión máxima de operación: 2500PSI			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Desgaste excesivo Ruido Causa: Viscosidad del aceite demasiado baja Presión mayor a la que requiere el sistema Cavitación, Pistones atascados			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Revisar evidencias de contaminación y/o humedad	Frecuencia de la prueba: 6000 horas	Inspecciones: Nivel temperatura	Frecuencia de inspección: Diario
El reservorio no presurizado permite agregar aceite aun cuando la unidad está en funcionamiento. Coladores están provistos en varios puntos del circuito del fluido hidráulico con el propósito de remover partículas grandes del fluido, antes que este entre a la bomba principal.			

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Ventilador de tiro forzado

Los ventiladores de tiro forzado se utilizan para inyectar aire a la caldera por medio del sistema de aire de combustión, al hogar.

Tabla VI. Hoja de información de los ventiladores de tiro forzado

Nombre del equipo: Ventilador de tiro forzado	No. equipos: 4	Ubicación: Nivel 8	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Operaciones
Parámetros de operación: Los ventiladores deben tener una presión de descarga lo suficientemente alta para igualar la resistencia total de los conductores de aire, calentadores de aire, quemadores y cualquier otra resistencia entre los ventiladores y la descarga en el hogar. Esto hace del hogar el punto de tiro equilibrado. Datos del motor: 200 HP, 460 V, 1190 RPM			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Causa: Sobrecalentamiento Desalineamiento, falta de aceite lubricante Viscosidad de aceite demasiado bajo			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite	Frecuencia de la prueba: 4000 horas	Inspecciones: Ruido Color del aceite Vibración Temperatura	Frecuencia de inspección: Diario
Ventilador: The Aeroacoustic, modelo: 1B-45-1 fan silencer Prueba de oxidación: ASTM D943 Índice de viscosidad: ASTM D2270 Grado de viscosidad: ASTM D445			

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Ventilador de aire primario

El ventilador de aire primario tiene tres funciones, transportar el carbón molido del pulverizador hacia los quemadores de la caldera, secar el carbón para una óptima combustión y mantener el carbón en circulación dentro del pulverizador.

Tabla VII. Hoja de información de los ventiladores de aire primario

Nombre del equipo: Ventilador de aire primario	No. equipos: 8	Ubicación: Primer nivel	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Manejo de carbón
Parámetros de operación: Datos del motor: 100 HP, 460 V, 1785 RPM Tipo de Cojinete: 63136313 2RS1/C3 frame 444TS			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Causa: Vibración o ruido Desalineamiento, desgaste de cojinetes Sobrecalentamiento Falta de aceite en chumaceras			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite	Frecuencia de la prueba: 4000 horas	Inspecciones: Temperatura Ruido Vibración Nivel	Frecuencia de inspección: Diario
Motor : Siemens Ventilador: Westinghouse Sturtevant Division Prueba de oxidación: ASTM D943 Índice de viscosidad: ASTM D2270 Grado de viscosidad: ASTM D445			

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Ventilador de tiro inducido

Este tipo de ventilador está diseñado para extraer los productos gaseosos de la combustión en la caldera, los cuales son distribuidos hacia la chimenea y esta los saca a la atmósfera.

Tabla VIII. Hoja de información de los ventiladores de tiro inducido

Nombre del equipo: Ventilador de tiro inducido	No. equipo: 4	Ubicación: Chimenea	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Operaciones
Parámetros de operación: Datos del motor: 400 HP, 460 V, 885 RPM Cojinete: 110BC03J frame 8211S			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Sobrecalentamiento Ruido o vibración Causa: Aceite insuficiente, lubricante inapropiado Contaminación en el aceite, sellos de aceite dañados Partículas extrañas en la grasa, grasa insuficiente o demasiada grasa			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo y análisis de las propiedades del aceite.	Frecuencia de la prueba: 4000 horas	Inspecciones: Temperatura Nivel	Frecuencia de inspección: Diario
Motor: General Electric, Modelo: 5KAF82111538201 Prueba de oxidación: ASTM D943 Índice de viscosidad: ASTM D2270 Grado de viscosidad: ASTM D445			

Fuente: elaboración propia.

3.2.8. Sistema hidráulico de recolección de ceniza de fondo

El sistema de eliminación de ceniza provee un eficiente y confiable medio de manejo de ceniza de fondo de la zona del horno. El sistema está diseñado para una continua eliminación de ceniza de fondo de las cuatro unidades en la instalación. El sistema es llevado a través de un conductor de cadena sumergida, el cual descarga en un conductor recolector para ser evacuado fuera.

Tabla IX. Hoja de información del sistema de ceniza de fondo

Nombre del equipo: Sistema hidráulico del Bottom Ash	No. equipos: 4	Ubicación: Segundo nivel	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Manejo de carbón						
Parámetros de operación: Datos del motor: 7.5 HP, 460 V, 1750 RPM									
Efectos potenciales por falla en el equipo: <table> <tr> <td>Problema: Atasco en la cadena</td> <td>Causa: Falta de lubricación en los cojinetes</td> </tr> <tr> <td>Estiramiento excesivo en la banda</td> <td>Baja presión en la bomba hidráulica</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Demasiada tensión en la banda</td> </tr> </table>				Problema: Atasco en la cadena	Causa: Falta de lubricación en los cojinetes	Estiramiento excesivo en la banda	Baja presión en la bomba hidráulica		Demasiada tensión en la banda
Problema: Atasco en la cadena	Causa: Falta de lubricación en los cojinetes								
Estiramiento excesivo en la banda	Baja presión en la bomba hidráulica								
	Demasiada tensión en la banda								
Pruebas e inspecciones de lubricación:									
Procedimiento de pruebas: Propiedades de grasa, muestreo y análisis de las propiedades del aceite	Frecuencia de la prueba: 700 horas 4000 horas	Inspecciones: Caja: nivel de aceite Conductor: cojinetes, chumaceras	Frecuencia de inspección: Semanal Diario						
Lubricar diario los cojinetes de la cadena. Caja reductora: Falk, modelo: 1060FC3AS Motor: Sustrand, 15-3021MF, 15 series, split type Prueba de estabilidad a la oxidación: ASTM D943									

Fuente: elaboración propia.

3.2.9. Turbogenerador

Los turbogeneradores General Electric utilizados en Las Palmas II son impulsados a través de vapor, el cual es suministrado por las cuatro calderas y controlado por el cabezal de 1500 PSI, desde el cual se suministra vapor para rotar el generador, cada turbogenerador cuenta con una potencia de 41450KW.

El propósito del sistema de lubricación es proveer lubricación a los cojinetes y de un sello de aceite al eje del generador.

Tabla X. Hoja de información del turbogenerador

Nombre del equipo: Turbogenerador	No. equipos: 2	Ubicación: Tercer nivel	Criticidad: __1__ Tipo de equipo: Operaciones
Parámetros de operación: Condiciones del vapor: Presión: 1450 Psig, Temperatura: 950 °F Presión de descarga: 2.5 HgA Condiciones del aceite: Presión: 25 Psig, Temperatura: 115 a 125 °F en operación.			
Efectos potenciales por falla en el equipo: Problema: Causa: Sobrecalentamiento en cojinetes Bajo nivel de aceite, falla en la tubería de aceite Baja presión de aceite Bomba bloqueada, bajo nivel de aceite en el tanque			
Pruebas e inspecciones de lubricación:			
Procedimiento de pruebas: Muestreo en el tanque de aceite, análisis de partículas y agua en el aceite.	Frecuencia de la prueba: 2000 horas	Inspecciones: Nivel de aceite Temperatura de cojinetes Color de aceite	Frecuencia de inspección: Diario
Prueba de oxidación: ASTM D943			

Fuente: elaboración propia.

3.3. Listados de equipos y lubricantes

Los listados de lubricantes se llevaron a cabo con el fin de controlar el *stock* de aceites y grasas utilizadas en la planta, tomando en cuenta la cantidad de equipos que hay y las cantidades que cada uno de ellos requiere de aceite o grasa, según sea el caso; para ello se llevaron a cabo visitas de campo a la ubicación de cada uno de los equipos, así como consultas de manuales para conocer la cantidad de lubricante y el tipo de lubricante que utiliza cada equipo, así como también se consultó a los operadores de cada equipo y ellos brindaron información sobre las necesidades de lubricación de los mismos.

Tabla XI. **Listado de equipos y lubricantes**

No.	Equipo	Lubricante	Cantidad
1	Bomba 1 alimentación de agua a calderas	Regal R&O 32	60 galones
2	Bomba 2 y 3 alimentación de agua a calderas	Regal R&O 32	125 galones
3	Pulverizador	Teresstic 320	80 galones
4	Alimentador gravimétrico	Meropa 220	1.5 galones
5	Sistema hidráulico del clasificador	Rando HD 46	10 galones
6	Ventilador de tiro forzado	Teresstic 100	2.5 galones
7	Ventilador de aire primario	Teresstic 100	2.5 galones
8	Ventilador de tiro inducido	Teresstic 100	0.5 galones
9	Sistema hidráulico de ceniza de fondo	Rando HD 46	5 galones
10	Lubricación del turbogenerador	Regal R&O 32	515 galones

Fuente: elaboración propia.

3.4. Programa semanal de lubricación

Las recurrencias de lubricación se han establecido con base en las necesidades, estándares y condiciones del entorno.

Se ha tomado en cuenta el tiempo de uso, condiciones generales, valor del equipo, costos de repuestos, así como el costo de los insumos de lubricación, para determinar que la relubricación debe de hacerse en periodos semanales, para cubrir la demanda de todos los equipos, disponiendo del personal asignado para llevar a cabo dichas tareas de lubricación.

Se dará prioridad a los equipos críticos determinados por su valor y alto costo de mantenimiento.

Tabla XII. **Criterio de referencia de lubricación del programa semanal**

Referencia	
/	Lubricación con aceite
O	Lubricación con grasa
A	Ambas

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. Programa semanal de lubricación a los equipos

EQUIPO	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Bomba BFP #1, #2, #3	/																																																			
Bomba de Vacío Sistema de Ceniza	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Bomba Dosificadora	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Bomba Pulvisher	O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Ventilador Inducido																																																				
Ventilador Torre de Enfriamiento	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Motor Vertical Torre de Enfriamiento	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Sistema Hidráulico de la turbina	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Ventilador Tiro Forzado	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Ventilador de Aire Primario	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Caja Reductora Conductor	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Alimentador Gravimétrico	O				A				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Pulverizador	A				O				O				O				A				O				O				O				O				O				O				O							
Clasificador Rotatorio	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/			
Soplador de Hollin IK	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Soplador de hollin IR	O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Deposito de Aceite Turbina	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Deposito de Aceite Hidráulico Turbina	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Ventilador Aire Reverso BagHouse	O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Bin/Vent	O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Válvula Limitorque	O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Sistema Hidráulico del Bottom Ash	/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/				/							
Unidad Magnética de la Transfer	A				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							
Unidad Magnética de la Crusher	A				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O				O							

Fuente: elaboración propia.

3.5. Diagramas de lubricación

Los diagramas de lubricación son el mecanismo que se utilizará como referencia para realizar el trabajo de relubricación en los equipos críticos de la planta; dichas cartas contendrán la información de una forma muy sencilla que facilitará al operador de turno, quien será el encargado de realizar la tarea. Se han implementado visualmente los puntos que se requiere lubricar en cada equipo, así como el tipo de lubricante que utiliza cada uno y la frecuencia de inspección y relubricación, y se ha establecido un aproximado de la cantidad de lubricante que se debe suministrar a cada equipo.

Se han marcado los puntos de aplicación para los lubricantes, así como los niveles que deben ser controlados por los operadores, ya que dichos niveles son la mejor manera de asegurar la cantidad de lubricante requerido en la relubricación.

Se ha utilizado un criterio de señalización para la distinción entre lubricación con grasa y lubricación con aceite, detallado en la siguiente tabla:

Tabla XIV. Referencia de colores de tipo de lubricante

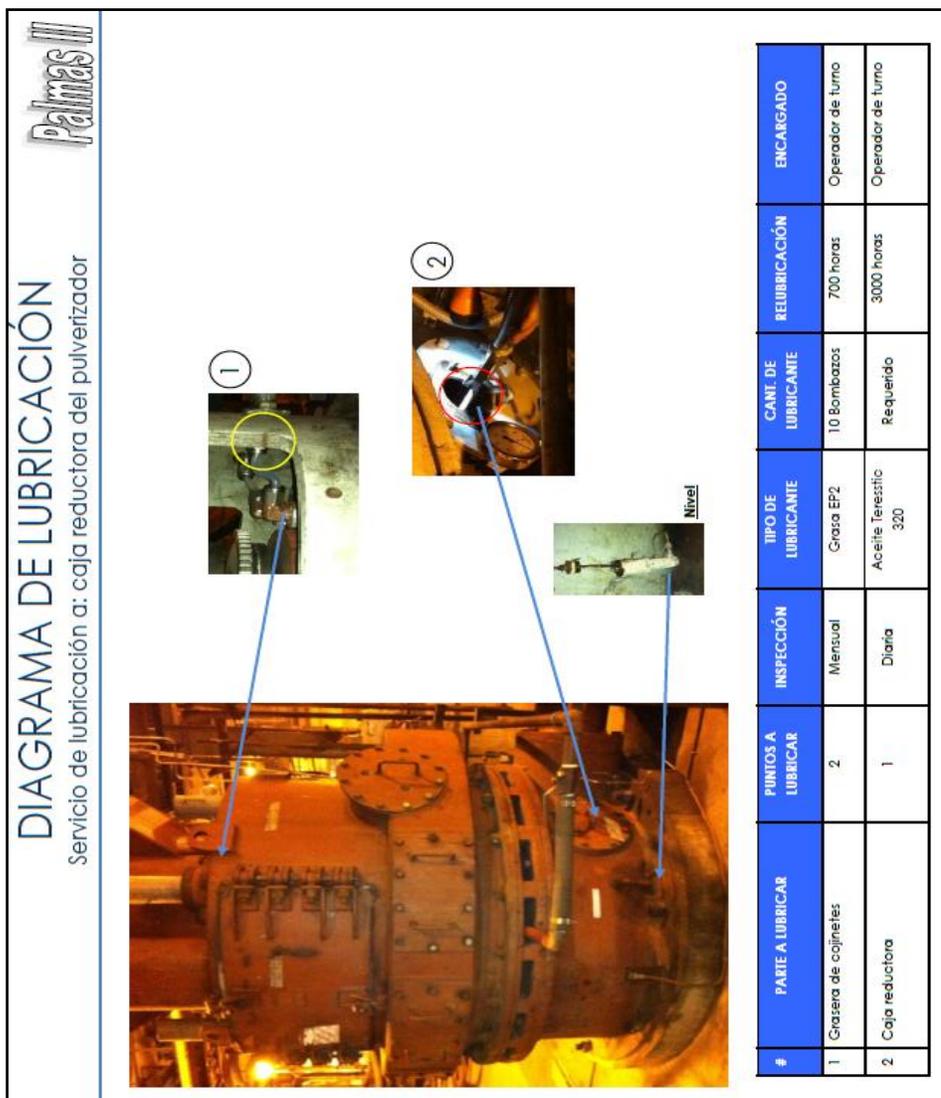
Referencia	
Amarillo	Grasa
Rojo	Aceite

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Diagrama de pulverizador

En el diagrama de pulverizador se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 11. Diagrama de lubricación al pulverizador

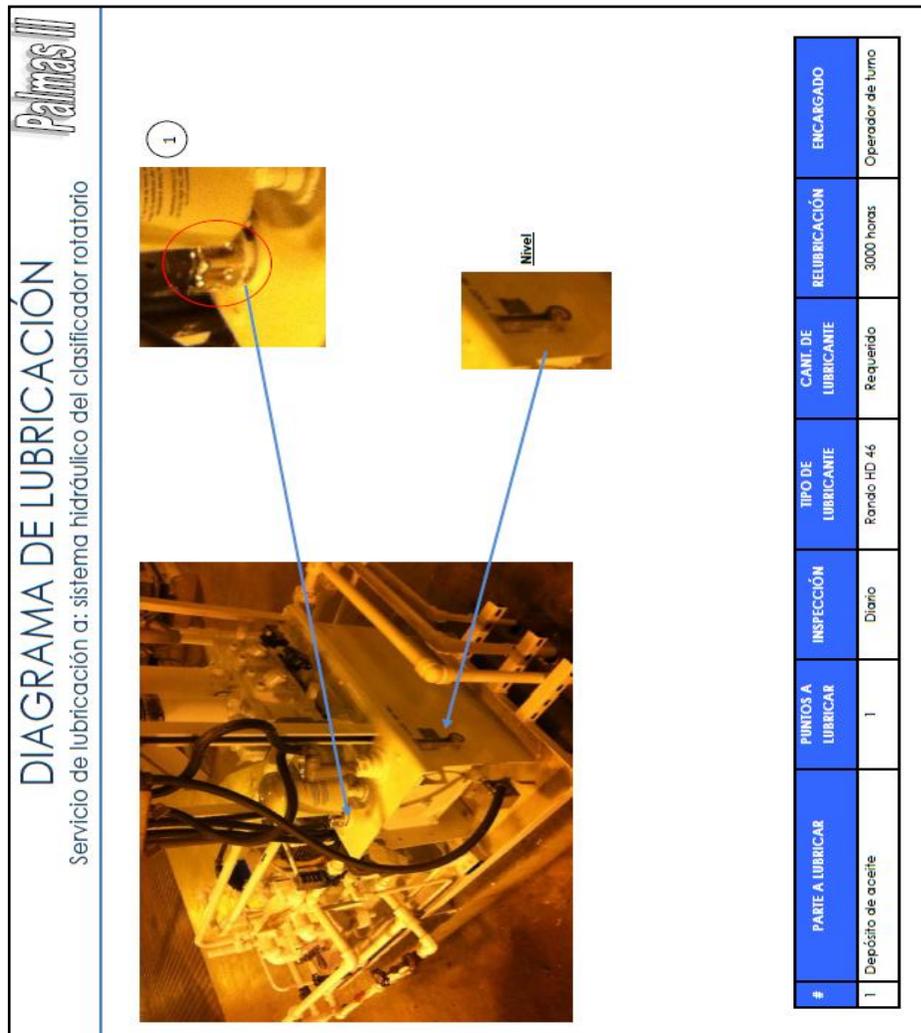


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.2. Diagrama de sistema hidráulico del clasificador rotatorio

En el diagrama de clasificador rotatorio se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 12. Diagrama de lubricación del clasificador rotatorio

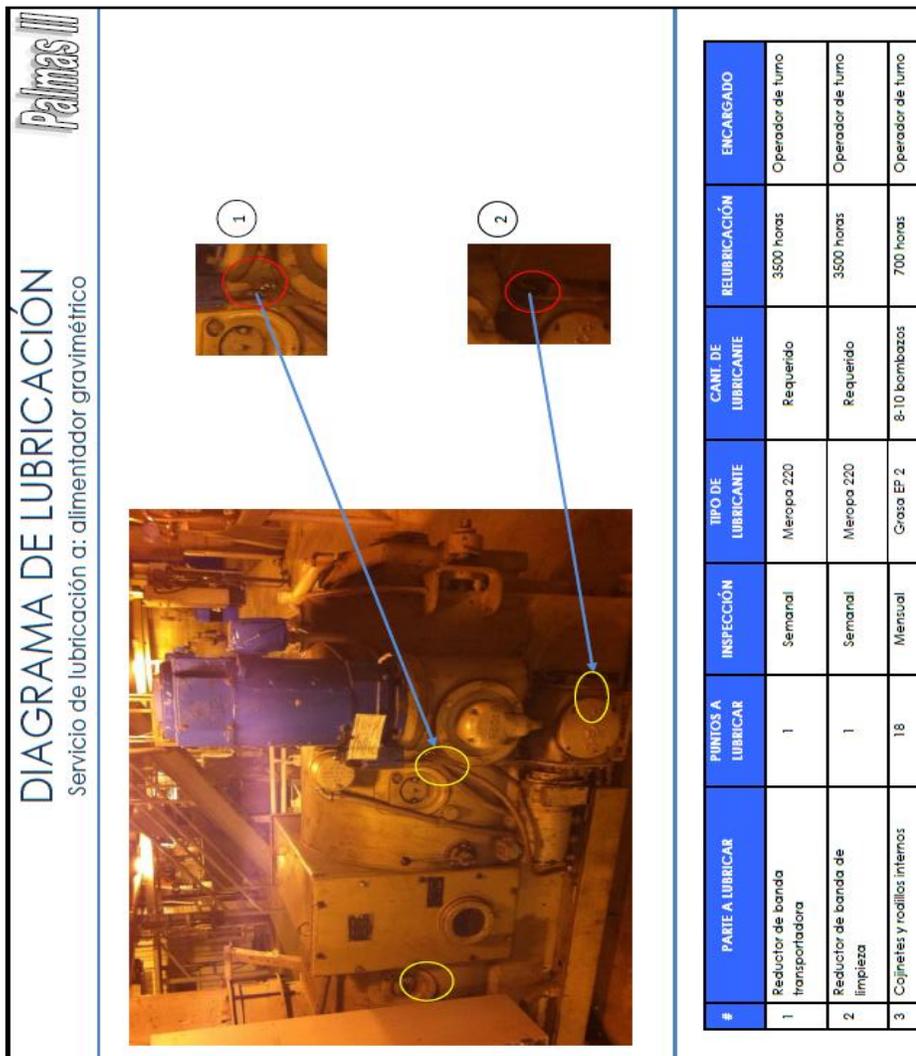


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.3. Diagrama del alimentador gravimétrico

En el diagrama de alimentador gravimétrico se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 13. Diagrama de lubricación del alimentador gravimétrico

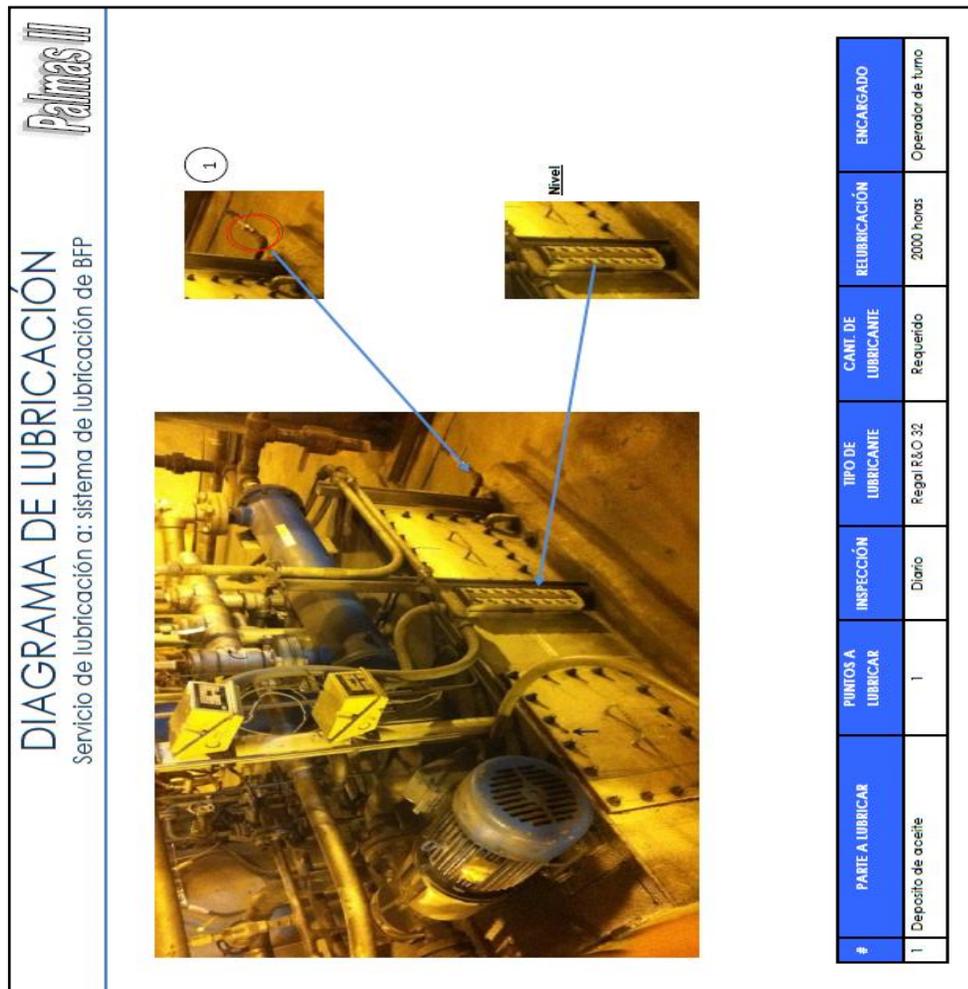


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.4. Diagrama de bombas de alimentación de agua a la caldera

En el diagrama de bombas de alimentación de agua se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 14. Diagrama de lubricación de las bombas de alimentación

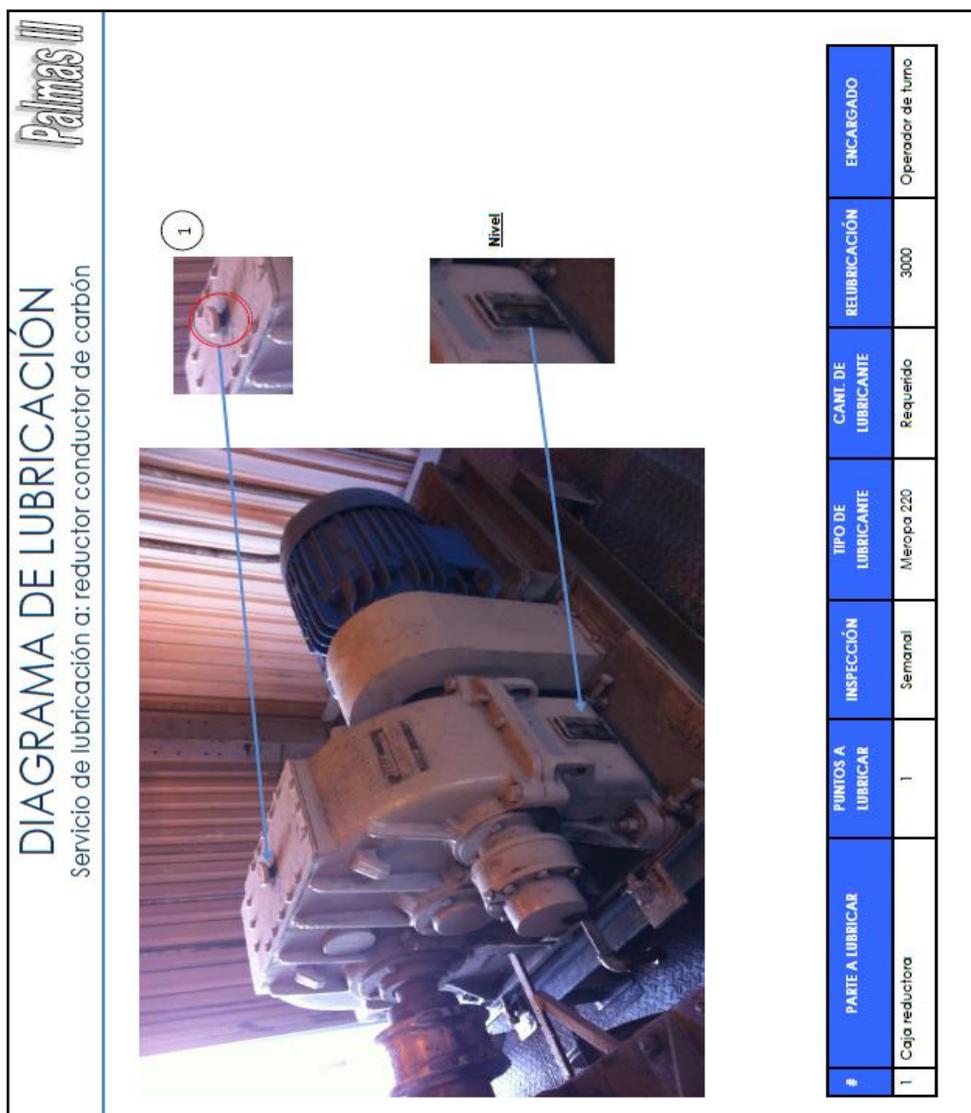


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.5. Diagrama de conductores de carbón

En el diagrama de conductores se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 15. Diagrama de lubricación de conductores de carbón

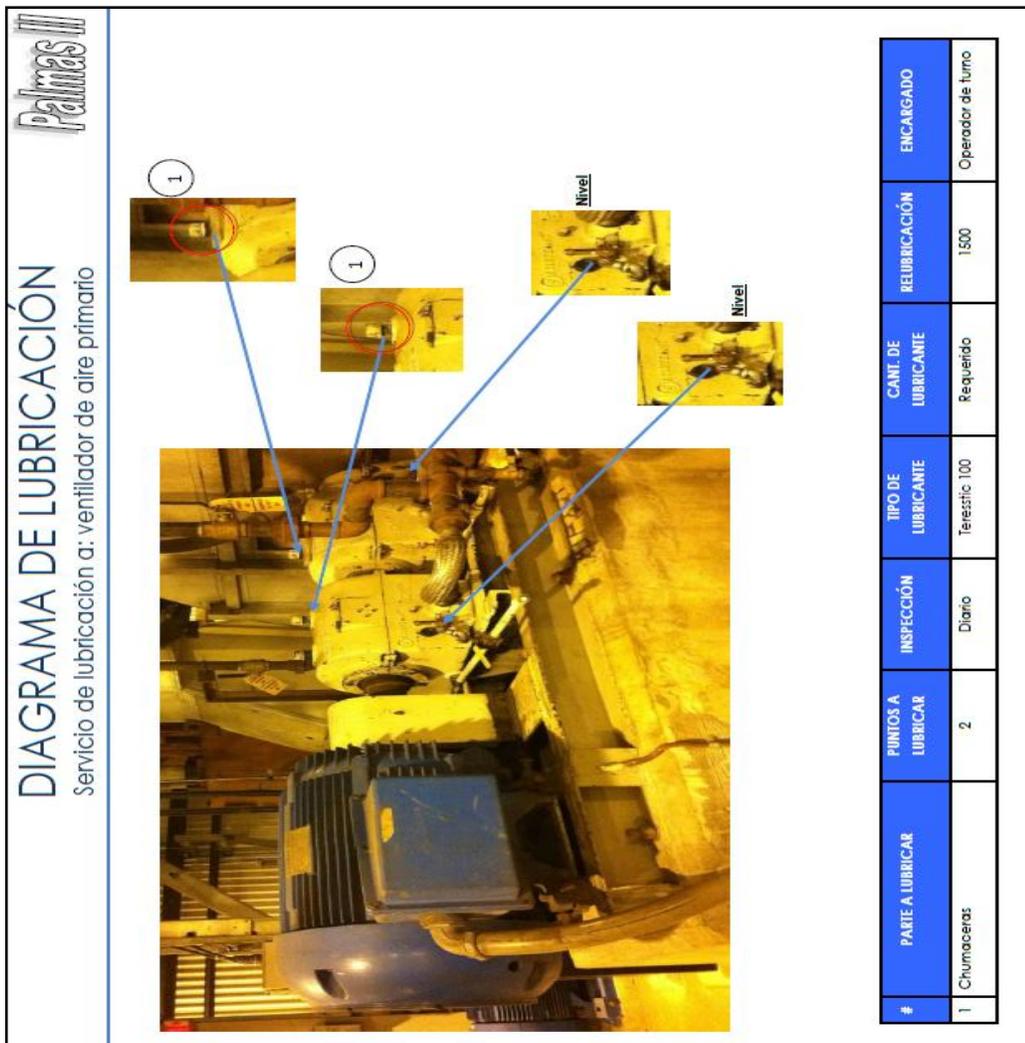


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.6. Diagrama de ventilador de aire primario

En el diagrama de ventilador primario se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 16. Diagrama de lubricación de ventilador de aire primario

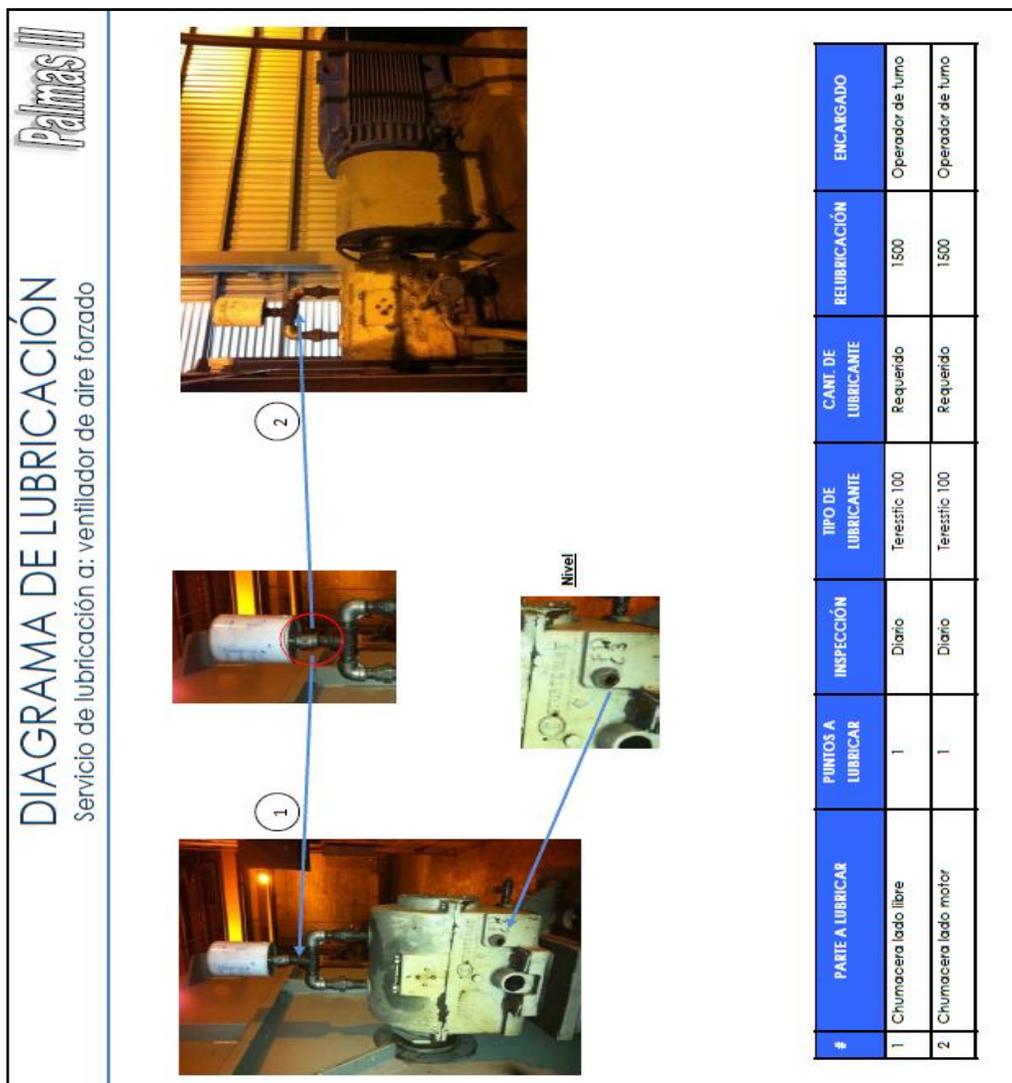


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.7. Diagrama de ventilador de tiro forzado

En el diagrama de tiro forzado se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 17. Diagrama de lubricación de ventilador de tiro forzado

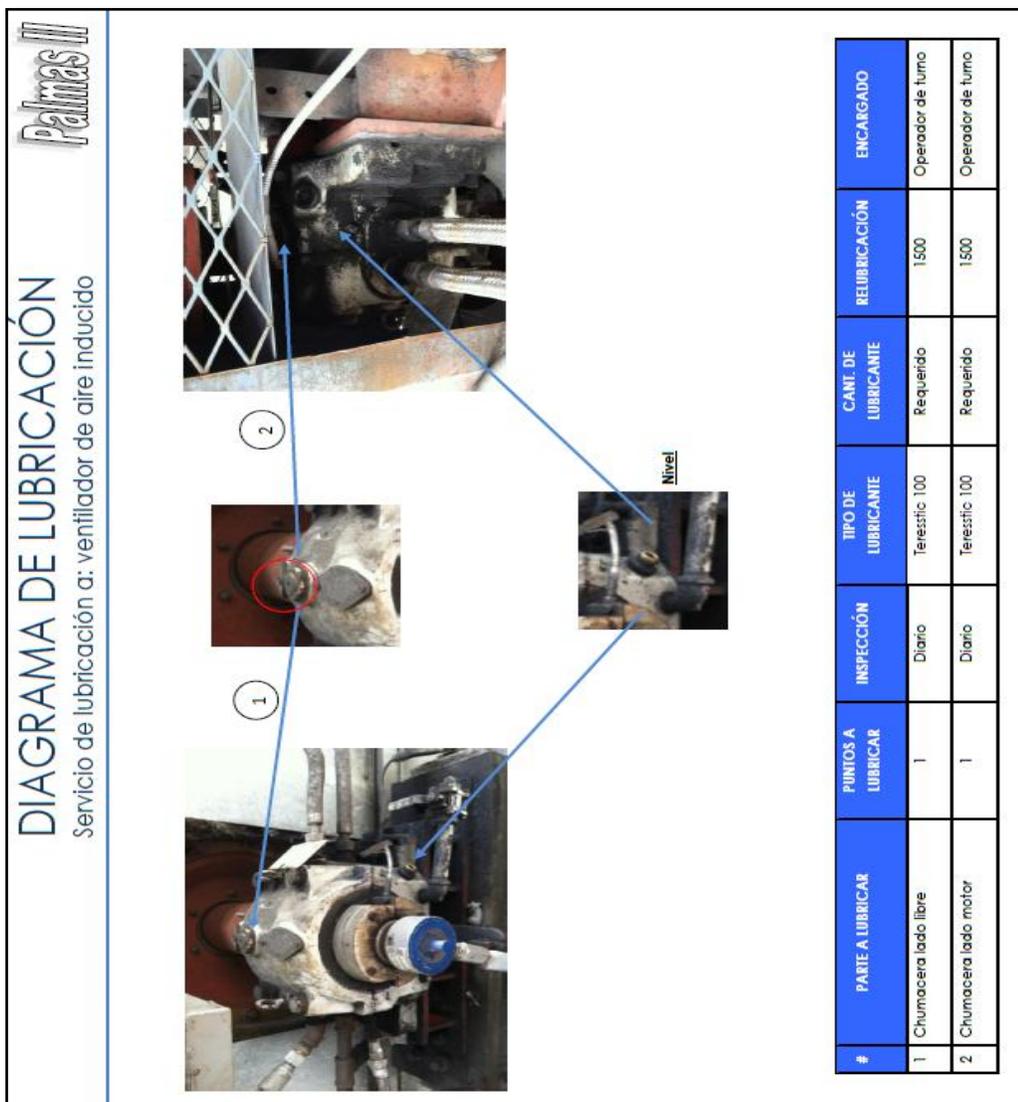


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.8. Diagrama ventilador de tiro inducido

En el diagrama de tiro inducido se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 18. Diagrama de lubricación de ventilador de tiro inducido

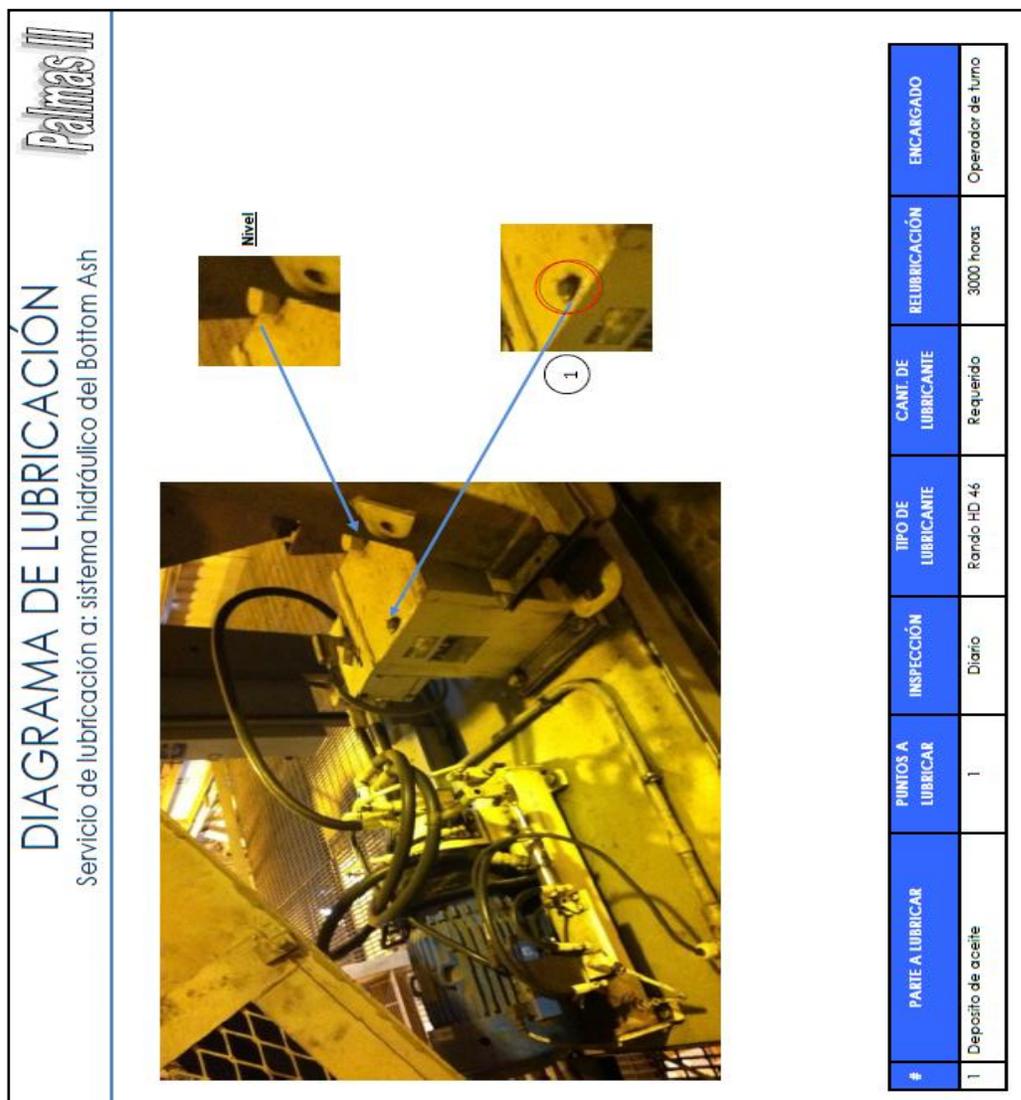


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.9. Diagrama de sistema de ceniza de fondo

En el diagrama de *Bottom Ash* se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 19. Diagrama de lubricación de sistema de ceniza de fondo

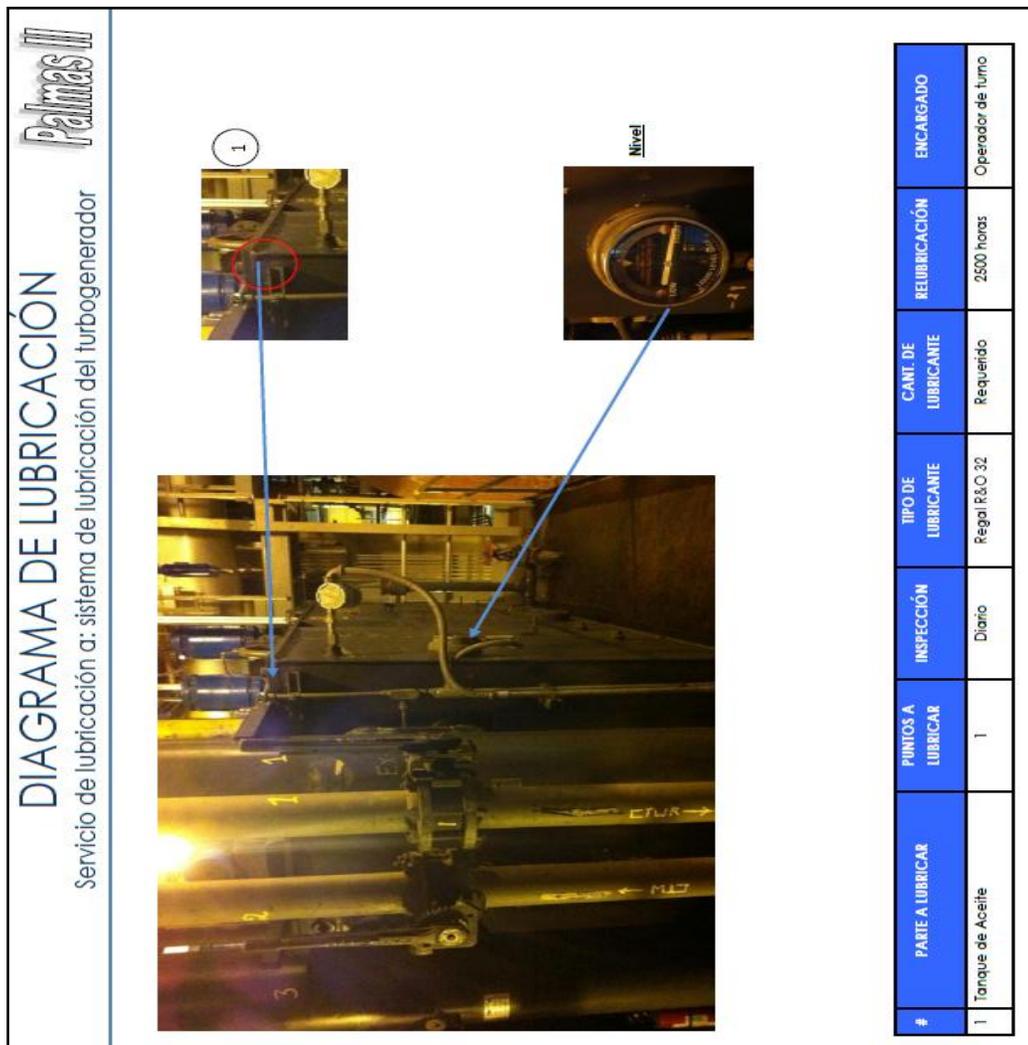


Fuente: planta Las Palmas II.

3.5.10. Diagrama de turbogenerador

En el diagrama de turbogenerador se identifican los puntos de lubricación, así como también la cantidad de lubricante y tiempo de relubricación que requiere.

Figura 20. Diagrama de lubricación de sistema de lubricación del TG



Fuente: planta Las Palmas II.

3.6. Control de consumo de lubricante por equipo

La implementación de un plan de lubricación debe de tener datos muy específicos sobre el consumo de lubricantes para poder prevenir necesidades de aceites, grasas e incluso herramientas para lubricar, ya que esto significaría costos en tiempo y dinero a la hora de no contar con el *stock* mínimo que garantice cubrir las demandas de lubricantes; en toda circunstancia se quiere prevenir paros innecesarios relacionados con la lubricación. Con el fin de llevar un control de consumos se han diseñado boletas que identifiquen todos los parámetros necesarios para observar qué equipos y qué lubricantes son los que más se utilizan; dichas boletas serán llenadas por el operador a la hora de sacar de la bodega los insumos que necesite.

Tabla XV. **Boleta de consumo de lubricantes**

		BOLETA DE CONSUMO DE LUBRICANTE PALMAS II					
		Correlativo No.					
FECHA:							
EQUIPO:							
LUBRICANTE:							
CANTIDAD:							
PUNTO DE LUBRICACIÓN:							
NIVELACIÓN:	SÍ	NO		CAMBIO:	SÍ	NO	
OBSERVACIONES:							
RESPONSABLE:							
FIRMA:							

Fuente: elaboración propia.

4. FASE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

4.1. Implementación del programa

A continuación se realizará un análisis sobre la implementación del plan, en el cual se detallarán aspectos como los recursos que se necesitan, así también la forma en que se debe de inducir al personal para que se preparen de forma positiva para enfrentar los cambios que acontecerán a partir de que el plan inicie su fase de implementación; esta parte debe de ser gradual, es decir realizarse de una forma tal, que evite la reacción negativa del personal; para hacer esto se debe de cumplir los siguientes objetivos establecidos a corto, mediano y largo plazo:

- Corto plazo:
 - Concientización del personal
 - Proveer los recursos necesarios para la implementación
 - Inicio de leves cambio en la actitud del supervisor

- Mediano plazo:
 - Se cumplan todos los rubros que establece el plan

- Largo plazo:
 - Basándose en mejora continua y tomando como referencia este plan, aplicarlo en todos los equipos que requieran lubricación dentro de la planta

4.1.1. Recursos

Para llevar a cabo la implementación del plan, básicamente se necesita tener a disposición todos los recursos necesarios para lubricar, tanto recurso humano como insumos y herramienta; al momento de poseer todo, la implementación del plan se realizará de una forma fluida en la cual no se presente ningún tipo de inconveniente por la falta de recursos, por lo que las metas propuestas se deben de alcanzar.

Las capacitaciones, que son la otra parte del plan, las pueden ejecutar el personal administrativo, tanto el supervisor de mantenimiento como el mismo gerente para involucrar a todas las personas relacionadas a las labores del programa.

4.1.2. Concientizar al personal

Este punto es esencial para que la implementación del plan se lleve a cabo con éxito, debido, a que por naturaleza del hombre, existe resistencia cuando se presenta un cambio en una actividad cotidiana, tal es el caso que a partir del momento en que se inicie la implementación, es necesario informarle al personal sobre los cambios y los motivos por los cuales se están realizando.

Como iniciativa de la implementación se han creado rutinas de lubricación con grasa para que el encargado de dicha tarea tenga orden en las actividades diarias que realiza, quedando pendiente la asignación para el personal que se encargará de relubricar con aceite; se dará comienzo con el formato de grasas únicamente.

CONCLUSIONES

1. El programa de lubricación es una herramienta efectiva, ya que se ha diseñado y enfocado a resolver un problema y si los involucrados se encuentran comprometidos a llevar a cabo dicho programa, las deficiencias, llegarán a eliminarse y en conclusión se tendrá los resultados esperados.
2. Con la ayuda de los formatos que contienen parámetros importantes de los equipos críticos derivados de la consulta en manuales de operación y con la experiencia del personal de la planta, se elaboró una carta de información por equipo con la situación actual de cada uno de ellos y se definió su criticidad dentro del proceso de producción.
3. Los listados de equipos con sus especificaciones de lubricantes y cantidades que utilizan implementados en el sistema, ayudarán a tener disponible de una manera más certera los insumos necesarios, pudiendo asegurar el *stock* de lubricantes en bodega; así también se facilitará la programación de pedidos que se requiera, para satisfacer las necesidades de lubricación.
4. Para la elaboración del programa semanal de lubricación a los equipos, se registró cada equipo que el operador debe inspeccionar y en el cual debe llevar a cabo semanalmente las tareas de lubricación; en el programa se identificaron los tiempos de lubricación para cada equipo, tomando en cuenta las cuarenta y ocho semanas del año,

y a consecuencia de la mejora se obtuvo como resultado un mejor control administrativo.

5. La elaboración de rutinas especialmente diseñadas para el encargado de engrase de los equipos, es una guía que él debe seguir, ya que éste es un descriptor que estipula y prioriza las actividades que se deben de llevar a cabo, para que el desempeño de la persona que ocupa este puesto sea óptimo; podrá conocer todo lo relacionado con las tareas diarias que debe realizar y deberá cumplir con base en una calendarización.
6. Los diagramas de lubricación son el producto derivado de la observación realizada en cada equipo crítico, especificando para cada uno de ellos los puntos que debe priorizar el encargado de lubricar, así como también se da a conocer el holómetro de servicio y las inspecciones que son importantes llevar a cabo.
7. Los formatos fueron diseñados de acuerdo con los parámetros que se necesita controlar; por tal razón su uso es imprescindible para tener un control exacto de los consumos que se necesitan registrar, por ejemplo, los formatos de control de egreso de bodega, son de gran utilidad para llevar un buen control en la misma; estos formatos presentaran la evidencia, ya sea de movimientos en bodega o para la gerencia de mantenimiento como apoyo de información de cada equipo.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar el plan de trabajo que fue diseñado especialmente para el puesto de los operadores para la lubricación con aceite y para el encargado de engrase de los equipos.
2. Los registros obtenidos se sugiere archivarlos para que posteriormente, sirvan como parámetro de comparación al momento de realizar otra mejora.
3. Estructurar un descriptor de puesto para las plazas de operador o mecánico que se tengan en la empresa, para ejecutar las tareas descritas en el plan, pues esto ayudará a mejorar la inducción del nuevo personal, como para que el personal que ya labora en el puesto tenga siempre presente sus prioridades y funciones.
4. Diseñar formatos de control para monitorear otras actividades que son ajenas al tema tratado en el trabajo de graduación, pero son importantes dentro de la empresa.
5. Implementar usuarios para la red interna de computación, en donde el personal encargado de lubricación y mantenimiento se pueda comunicar, y compartir información de una forma rápida.

6. Mantener un monitoreo constante del plan, para encontrar oportunidades de mejora o en su defecto si se vuelve obsoleto, diseñar otro que si satisfaga las necesidades que se tengan en ese preciso momento.

7. Evaluar de acuerdo con parámetros como temperaturas, viscosidades y calidades entre las diferentes marcas de aceites, grasas y otros para poder satisfacer de una mejor manera las necesidades de lubricación, ya que un mejor producto para determinadas aplicaciones puede beneficiar la vida útil de la maquinaria y equipo.

8. Implementar en la medida de lo posible como parte de una mejora continua integral, equipo de automatización que pueda facilitar las tareas descritas en este plan y poder llevar un mejor control de las mismas, ya que existe una gran gama de productos de limpieza y lubricación disponible para este propósito.

BIBLIOGRAFÍA

1. DIAMOND POWER INTERNATIONAL, INC. *Instruction manual for the sootblower*. Ohio: Diamond Power International, Inc, 1984. 119 p.
2. FERNÁNDEZ, Pedro. *Introducción a las centrales térmicas*. [en línea]: <http://libros.redsauce.net/>. 2009. [Consulta: 10 de noviembre de 2011].
3. GE INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS. *Instructions Custom 8000 Horizontal Induction Motor*. USA: The General Electric Company, 1998. 41 p.
4. McNALLY PITTSBURG, INC. *Coal handling facility parts list conveyor idlers*. USA: McNally Pittsburg, Inc, 1984. 10 p.
5. PRIETO, Ismael. *Centrales térmicas, circuito de aire de humos*. 2010. [en línea]: http://ocw.uniovi.es/file.php/13/1C_C12757_0910/04_GT06_Circuitos_de_aire_humos.pdf [Consulta: 03 de abril de 2012].
6. R.J. REYNOLDS COMPANY. *Instructions for the care and operation de Babcock & Wilcox equipment*. Volume II of II. USA: R.J. Reynolds Company, 1984. 130 p.

7. WIDMAN, Richard. *La relación entre viscosidad, la vida útil y el costo de mantenimiento*. [en línea]:
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/notas/0609ViscosidadWidman.pdf>. 2009. [Consulta: 22 de febrero de 2012].

ANEXOS

Anexo 1. Sugerencias

- Implementar un botiquín de primeros auxilios de acuerdo con la cantidad de personal que se dispone.
- Instalar extintores contra incendio en lugares estratégicos en toda la planta y para todas las necesidades.
- Reparar o instalar nuevos extractores de aire, especialmente en el área de alta temperatura, como la de las calderas.
- Mejorar la iluminación de las áreas de trabajo.
- Complementar el equipo de seguridad personal que se le otorga a cada uno de los trabajadores de la empresa y exigir a las empresas subcontratadas que cumplan con ello.

Anexo 2. Aceites utilizados

- TEXACO REGAL R&O 32: aceite de alto rendimiento inhibido contra la herrumbre y la oxidación, específicamente formulado para cumplir con las severas demandas del funcionamiento de turbinas industriales y una amplia variedad que requiere de aceites de circulación de alta calidad.

- MOBIL TERESSTIC 100: lubricante de alta calidad para la lubricación de turbinas y sistemas de circulación usados en una amplia variedad de aplicaciones industriales. Formulado a partir de bases lubricantes cuidadosamente seleccionadas y aditivos altamente efectivos, incluyendo antioxidantes, inhibidores de corrosión, antiherrumbre y agentes antiespumantes.
- MOBIL TERESSTIC 320: lubricantes adecuando para un amplio rango de aplicaciones, como en sistemas de circulación, cojinetes antifricción, cajas de engranajes, sistemas hidráulicos, compresores de aire, y muchas otras donde la presencia de un aditivo antidesgaste en el aceite no es requisito.
- TEXACO MEROPA 220: lubricante multipropósito, de alto desempeño para engranajes, diseñado para servicio de lubricación de engranajes industriales en donde las cargas y cargas de choque son altas. Lubricante de alta estabilidad térmica y presión extrema mantiene superficies limpias de engranajes y chumaceras, minimizando los depósitos que interfieran con la lubricación efectiva.
- TEXACO RANDO HD 46: lubricante diseñado para dar una máxima protección a las bombas hidráulicas en sistemas móviles y estacionarios. Su paquete antidesgaste reduce el desgaste mediante la protección de superficies cuando la carga provoca la falla de la película lubricante.

Anexo 3. **Regal R&O 32**

TYPICAL TEST DATA		
	ASTM	32
<i>Número CPS</i>		220700
<i>Número MSDS</i>		8608
Grado AGMA		—
Gravedad API ^a	D 287	32,9(31,3)
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	D 445	30.4 5.2
Viscosidad, Saybolt SUS a 100°F SUS a 210°F	D 445	157 43.7
Índice de Viscosidad	D 2270	100
Punto de Inflamación, °C(°F)	D 92	222(432)
Punto de Ecurrimiento, °C(°F)	D 97	-30(-22)
Prueba de Herrumbre, Procedimiento B, 24 h	D 665	Pasa
Estabilidad a la Oxidación ^a Hrs para 2.0 mg KOH/g númreo ácido	D 943	7000+ (3500+)
Minutos para disminución de presión de 25 psi	D 2272	1000+ (750+)

Fuente: <http://www.lubricantespremium.com/>. Consulta: 18 abril de 2012.

Anexo 4. Teresstic 100 & 320

CARACTERISTICAS TIPICAS:								
TERESSTIC	32	46	68	77	100	150	220	320
Grado ISO VG	32	46	68	77	100	150	220	320
Viscosidad en cSt, min a 40°C	29	43.7	64.5	77	90.3	150	209	304
Apariencia	Clara y Brillante							
Color ASTM máx.	1.5	2.0	3.5	4.0	2.5	3	4.5	5.0
Punto mínimo de fluidez, °C máx.	-9	-21	-6	-6	-6	-6	-6	-3
Prevención de Herrumbre Proc. B	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	Pasa	---	---
Separación del agua, Tiempo requerido para la reducción a 3ml de emulsión a 54°C max.	60	30	30	30	60	60	60	60
Estabilidad a la Espumación Secunecia I	65/0	65/0	65/0	65/0	65/0	100/0	100/0	100/0

Fuente: <http://www.lubtrac.com.mx/>. Consulta: 18 de abril de 2012.

Anexo 5. Meropa 220

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS					
Grado ISO	68	100	150	220	320
Número de producto	277209	277219	277210	277211	277212
Número MSDS	23553	23553	23553	23553	23553
Grado AGMA	2 EP	3 EP	4 EP	5 EP	6 EP
Gravedad API	31,0	30,6	29,7	28,4	27,3
Viscosidad, Cinemática					
cSt a 40°C	64,6	95,0	142	209	304
cSt a 100°C	8,6	11,0	14,4	18,8	23,2
Viscosidad, Saybolt					
SUS a 100°F	334	495	744	1102	1618
SUS a 210°F	55	64	77	96	116
Índice de Viscosidad	104	100	100	100	95
Punto de Inflamación, °C(°F)	225(437)	225(437)	240(464)	245(473)	245(473)
Punto de Escurrimiento, °C(°F)	-33(-27)	-30(-22)	-30(-22)	-21(-5)	-18(0)
Carga aprobada por Timken, lb	65	65	65	65	65
Etapas de Pase FZG, ASTM D 5182	12	12	12	12	12

Fuente: <http://www.grupoiridium.com/>. Consulta: 18 de abril de 2012.

Anexo 6. Rando Hd 46

INFORMACIÓN DE PRUEBAS TÍPICAS							
	22	32	46	68	100	150	220
Número CPS	221655	221657	221658	221659	222778	221660	221661
Número MSDS	8643	8643	8643	8643	12195	12195	12195
Grado AGMA	—	—	1	2	3	4	5
Gravedad API	33.7	32.6	31.8	31.6	30.1	29.7	28.5
Viscosidad, Cinemática cSt a 40°C cSt a 100°C	23.1 4.4	30.4 5.2	43.7 6.5	64.6 8.4	95.0 11.0	143 14.2	209 18.2
Viscosidad, Saybolt SUS a 100°F SUS a 210°F	120 41	157 44	225 48	334 54	495 64	751 76	1105 93
Índice de Viscosidad	98	99	97	98	100	97	96
Punto de Inflamación, °C(°F)	177(351)	220(428)	226(439)	235(455)	250(482)	260(500)	271(520)
Punto de Escurrimiento, °C(°F)	-36(-33)	-33(-27)	-30(-22)	-30(-22)	-15(+5)	-12(+10)	-12(+10)
Estabilidad a la Oxidación Horas para 2.0 mg KOH/g número ácido ASTM D 943	>6000	>6000	>6000	>6000	>2000	>1500	>1000

Fuente: <http://www.lubrinsa.com/>. Consulta: 18 de abril de 2012.