



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

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO  
MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO  
Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**Fredy Fernando Fernández Nufio**

Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, septiembre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO  
MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO  
Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**FREDY FERNANDO FERNÁNDEZ NUFIO**

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
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:

### **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 20 de noviembre del 2014.



**Fredy Fernando Fernández Nufio**



Guatemala, 12 de agosto de 2015  
REF.EPS.DOC.530.08.15.

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Fredy Fernando Fernández Nufio** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 200931969, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.**

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. Edwin Estuardo Sarcos Zepeda  
Asesor-Supervisor  
Área de Ingeniería



c.c. Archivo  
EESZ/ra



Guatemala, 12 de agosto de 2015  
REF.EPS.D.397.08.15

Ing. Roberto Guzmán  
Director Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Fredy Fernando Fernández Nufio** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

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 - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano  
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.263.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL** del Estudiante **Fredy Fernando Fernández Nufio**, Carné No. **2009-31969** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"Id y Enseñad a Todos"**

  
Ing. Roberto Guzmán Ortiz  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica



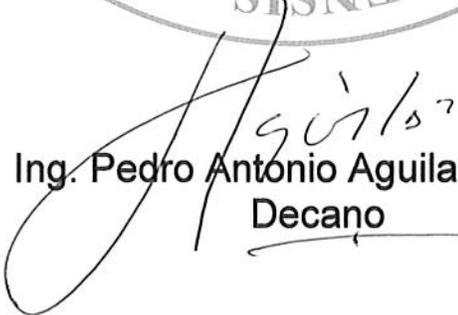
Guatemala, septiembre de 2015

/aej



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: **MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO Y SUS CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL**, presentado por el estudiante universitario: **Fredy Fernando Fernández Nufio**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, septiembre de 2015

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por medio de tu creación esto pudo ser una realidad.
- Mi madre** Mirian Nufio, por tu sacrificio, amor y ejemplo este logro fue posible.
- Mi familia** Mi hermana Sofía, abuelitas Sofía Fong de Fernández y Virginia Osorio de Nufio, tías y tíos, en especial a Estela Fernández Fong y América Nufio Osorio, quienes siempre me motivaron para seguir adelante. A mi hermano y primos para que este sea un ejemplo e inspiración de superación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala y  
pueblo de Guatemala**

Porque financiaron y brindaron, en cierta medida, la posibilidad de alcanzar este triunfo.

**Facultad de Ingeniería**

Por toda la experiencia y el gran conocimiento que adquirí en las aulas de esta gloriosa Facultad.

**Mis amigos de la  
Facultad**

Por las horas que parecían interminables en las que me acompañaron y apoyaron en mis estudios.

**Enel Green Power  
Guatemala**

Por haberme brindado la oportunidad de adquirir experiencia valiosa durante mi EPS, fue un enorme aporte en mi formación profesional.

**Mi novia**

Porque tu apoyo incondicional fue de gran ayuda para este logro.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Descripción de la empresa .....	1
1.1.1. Ubicación .....	1
1.1.2. Historia .....	2
1.1.3. Misión .....	2
1.1.4. Visión.....	3
1.1.5. Valores .....	3
1.1.6. Estructura organizacional .....	4
1.2. Descripción de la generación eléctrica .....	4
1.2.1. Captación de agua.....	5
1.2.1.1. Represas .....	6
1.2.1.2. Embalse.....	7
1.2.2. Turbina-generator .....	8
1.2.2.1. Diseño de la turbina Francis .....	8
1.2.2.2. Equipos auxiliares.....	11
1.3. Descripción del Departamento de Mantenimiento Mecánico...	12
1.3.1. Personal de mantenimiento mecánico.....	12
1.3.2. Equipo y herramientas.....	14

1.3.3.	SAP PM GLOBAL .....	14
1.4.	Salud, seguridad ocupacional y ambiente (SSOA) en procedimientos de mantenimiento .....	15
1.4.1.	Normas.....	15
1.4.2.	Análisis de riesgos .....	16
1.4.3.	Bloqueo y etiquetado.....	16
2.	FASE DE INVESTIGACIÓN (AHORRO ENERGÉTICO).....	19
2.1.	Descripción actual.....	19
2.2.	Posibles soluciones.....	20
2.3.	Recuperación <i>in-situ</i> y reutilización.....	21
2.4.	Análisis de costos.....	21
3.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	23
3.1.	Plan de mantenimiento preventivo .....	23
3.1.1.	Equipos críticos en la producción.....	26
3.1.2.	Actividades y frecuencia de mantenimiento .....	27
3.2.	Manuales de procedimientos de mantenimiento .....	28
3.2.1.	Redacción, evaluación y validación.....	29
3.2.2.	Formato .....	31
4.	FASE DE DOCENCIA.....	33
4.1.	Importancia de los manuales de procedimiento mecánico.....	33
4.2.	Importancia de la actualización de la documentación del plan de mantenimiento .....	33
4.3.	Presentación de mejoras y resultados. ....	34
	CONCLUSIONES.....	37
	RECOMENDACIONES .....	39

BIBLIOGRAFÍA.....	41
APÉNDICES .....	43
ANEXOS.....	55



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Casa de máquinas .....	2
2.	Organigrama .....	4
3.	Embalse .....	7
4.	Turbina Fancis .....	9
5.	Estación de bloqueo y etiquetado .....	17

### TABLAS

I.	Plan de ahorro y reciclaje .....	21
II.	Plan de mantenimiento ejemplar .....	24
III.	Equipos de casa de máquinas .....	26



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>A</b>	Ampere
<b>m<sup>2</sup></b>	Área
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	Caudal
<b>Ø</b>	Diámetro
<b>Hz</b>	Hertz
<b>KWh</b>	Kilowatt*hora
<b>M</b>	Metro
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>Mm</b>	Milímetro
<b>Pa</b>	Pascal
<b>m/s</b>	Rapidez
<b>V</b>	Volt
<b>W</b>	Watt



## GLOSARIO

<b><i>Ebitda</i></b>	Es un indicador financiero representado mediante un acrónimo que significa en inglés <i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization</i> , es decir, el beneficio bruto de explotación calculado antes de la deducibilidad de los gastos financieros.
<b>Mantenimiento</b>	Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento adecuado y la eficiencia en la maquinaria
<b>Manual de procedimientos</b>	Es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones de una unidad administrativa, o de dos o más de ellas.
<b>Salud y seguridad Ocupacional (SSO)</b>	Conjunto de conocimientos técnicos y su aplicación para la reducción, control y eliminación de accidentes en el trabajo.
<b>SAP</b>	(Sistemas, Aplicaciones y Productos) es una compañía de software que ofrece una línea completa de soluciones de software de negocios.



## **RESUMEN**

Este trabajo de graduación da a conocer los pasos para crear manuales de procedimiento de mantenimiento mecánico de un plan de mantenimiento mecánico maestro. Esto como parte complementaria, pero necesaria debido a las exigencias de Normas (ISO 14001:2004 y OHSAS 18:001:2007) y políticas de la empresa que garanticen la información para la seguridad ocupacional. La reducción del impacto ambiental y la calidad del servicio de mantenimiento con base en las especificaciones del fabricante y las condiciones particulares de la planta.

Se presentan cuatro capítulos. En el primero se encuentra información breve de Enel Green Power Guatemala y de la Planta Hidroeléctrica Palo Viejo. Se describe el proceso de la generación eléctrica, los sistemas que participan, los equipos que los conforman, el Departamento de Mantenimiento Mecánico, con sus herramientas, equipo y personal, las normas de SSOA. Estas son generalidades que servirán de base para la comprensión y complementación de los siguientes temas.

En el capítulo dos, se encuentra información sobre la propuesta de plan de ahorro energético. Esta basado en medidas que sugieren cambios en los hábitos de los colaboradores de la empresa y la creación de políticas y medidas de hecho que promuevan la conciencia de ahorro y reciclaje.

En el capítulo tres se encuentra el medio utilizado para la elaboración del manual de procedimientos, el cual, está basado en un plan maestro de

mantenimiento mecánico. Se describe el desarrollo, formato, metodología de redacción, evaluación y validación.

En el capítulo cuatro se detallan los resultados del trabajo, la importancia de su utilidad y de su debido seguimiento para que así cumpla con su finalidad en la planta.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Proporcionar un buen entendimiento acerca de la importancia de la planificación de mantenimiento preventivo basándose en manuales del fabricante, así como manuales que consideren las condiciones particulares propias de la Planta Hidroeléctrica Palo Viejo para afirmar la seguridad de quien realiza el procedimiento y la calidad del servicio.

### **Específicos**

1. Diagnóstico del estado actual de los procedimientos del plan de mantenimiento preventivo.
2. Consultar en el manual del fabricante de cada equipo los mantenimientos indicados.
3. Realizar un análisis de riesgos por procedimiento.
4. Determinar en qué procedimientos es requerido bloqueo y etiquetado del equipo a trabajar, para considerarlo.
5. Identificar las buenas prácticas dentro de la planta Palo Viejo.



## INTRODUCCIÓN

Las hidroeléctricas son generadoras que han tomado mucho auge a nivel mundial debido a su rentabilidad y bajo impacto ambiental. En Guatemala no es la excepción, sobre todo porque posee un amplio potencial hidroeléctrico, que se estima es mayor a 6 000 MW, del cual, hasta el 2014, solo es explotado el 15 %. Para aprovechar al máximo ese potencial se requiere de la construcción de megaproyectos, con costos de centenas de millones de dólares, como el de la Planta Hidroeléctrica Palo Viejo (PV).

Es de vital importancia maximizar la vida útil de toda la maquinaria requerida para la operación y también evitar accidentes y ceses de producción. Entonces disminuirá costos por falla y garantizarán recursos que faciliten la inversión en la mejora de la misma o en nuevos proyectos. Por esta razón se requiere un plan riguroso de mantenimiento mecánico debidamente documentado, como parte de un sistema basado en ISO 14:001:2004 y OHSAS 18001:2007.

El propósito del presente documento es dar a conocer el proceso de elaboración de un manual de procedimientos para el mantenimiento mecánico. Esto basado en la práctica, y su utilidad como herramienta para la mejora continua del plan de mantenimiento maestro existente con los debidos lineamientos de salud y seguridad ocupacional y ambiente (SSOA).



# **1. GENERALIDADES**

## **1.1. Descripción de la empresa**

Enel Green Power, creada en diciembre de 2008, es la sociedad del Grupo Enel dedicada a desarrollar y manejar actividades de generación de energía de fuentes renovables a nivel internacional, presente en Europa, América y África.

Es uno de los principales operadores a nivel internacional en el sector de la generación de energía de fuentes renovables. La producción es sobre una base anual de alrededor de 29 billones de kilowatt horas producidos principalmente de agua, sol, viento y calor de la Tierra. Es capaz de satisfacer los consumos de más de 10 millones de familias y evitar cada año más de 16 millones de toneladas de emisiones de anhídrido carbónica.

### **1.1.1. Ubicación**

La Planta Hidroeléctrica Palo Viejo (PV) se localiza dentro de los límites de la finca San Francisco, en el municipio de San Juan Cotzal, departamento de Quiché, Guatemala. Entre las coordenadas 90° 52' 27,4956" W, 15° 30' 8,5145" N y 786,01 msnm.

Figura 1. **Casa de máquinas**



Fuente: Enel Green Power de Guatemala.

### **1.1.2. Historia**

El proyecto fue desarrollado por Renovables de Guatemala, S. A. subsidiaria de Enel Green Power Guatemala, S. A. quien es la propietaria, financió más de \$200 (US) millones y administró la construcción. Los trabajos incluyeron la construcción de presas y un depósito de agua, la excavación de canales, un túnel y la construcción de caminos de acceso, la instalación de las turbinas, y la construcción de un edificio para las máquinas. La operación y mantenimiento de la planta están a cargo de Enel Green Power Guatemala, S. A. desde su inicio de operación comercial el 31 de mayo del 2012.

### **1.1.3. Misión**

“Nuestra misión es crear y distribuir valor en el mercado internacional de la energía para el beneficio de nuestros clientes, inversionistas, la competitividad

de los países donde operamos y las expectativas de todos los que trabajan con nosotros. Servimos a la comunidad, respetando el ambiente y la seguridad de los individuos, con el compromiso de crear un mundo mejor para futuras generaciones. “<sup>1</sup>

#### **1.1.4. Visión**

“Somos el líder de generación de energía renovable en Guatemala, buscamos para el 2019 representar el 25% de EBITDA en la región, siendo referentes por nuestra excelencia de la gestión.”<sup>2</sup>

#### **1.1.5. Valores**

- Respeto  
¡Todos por la seguridad – Seguridad para todos!
- Atención a las personas  
¡Promover el talento, alentar las aspiraciones!  
¡El talento gana partidos, el trabajo en equipo gana campeonatos!
- Orientarse a los resultados  
¡Hacer más con menos!
- Ética  
¡Confiar y actuar con ética, sin atajos!
- Responsabilidad social  
¡Hay que estar en sintonía con la comunidad!<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup>Enel Green Power de Guatemala.

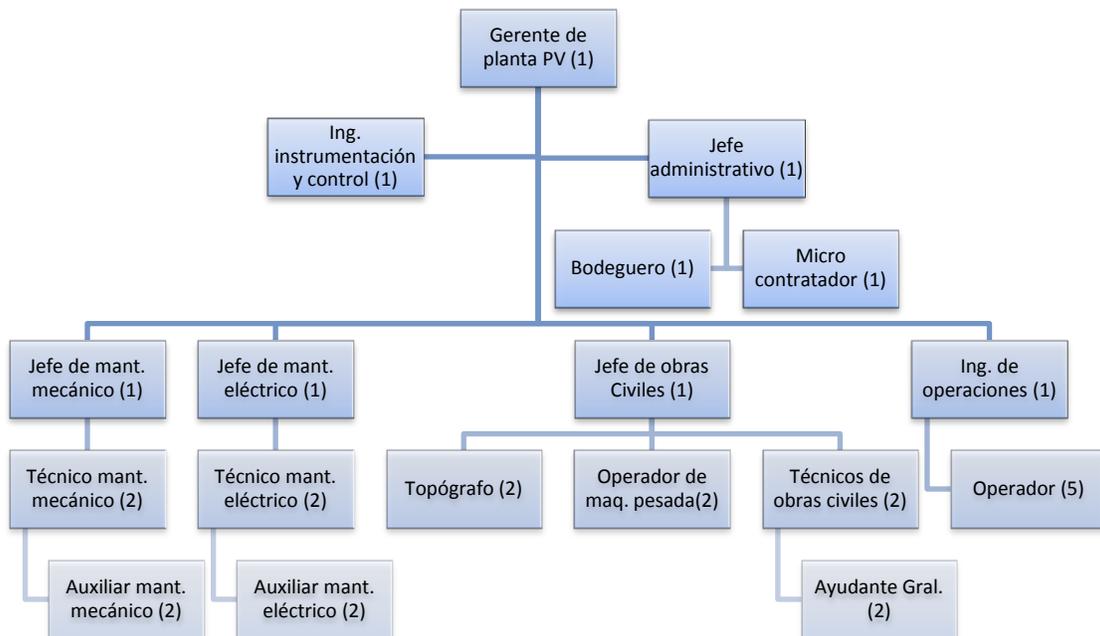
<sup>2</sup>Ibíd.

<sup>3</sup>Ibíd.

### 1.1.6. Estructura organizacional

Estructura determinada por la división formal de una organización en unidades de negocios, la localización de la toma de decisiones y la coordinación de las actividades de las unidades de negocios.

Figura 2. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

### 1.2. Descripción de la generación eléctrica

El proceso comienza por la captación de agua por medio de cuatro ríos, Cotzal, Chipal, Regadío y Desengaño. Por medio de presas toman el agua y la conducen a través de 19,5 km de canales de concreto abiertos hasta el reservorio. A partir de allí el agua pasa por una rejilla que filtra el agua de

escoria, antes de entrar a la tubería, que conduce directamente hacia el caracol de la turbina Francis.

La diferencia de altura del reservorio y la turbina es de 394 m. Provocando una presión aguas abajo de 39 bar necesaria para hacer girar el corazón de la turbina, el rodete. A su vez este mueve un eje que se encuentra acoplado a un generador eléctrico que puede generar hasta 43,5 MW de potencia. Alcanzando 87 MW como máximo debido a que hay dos unidades turbina-generador independiente una de la otra.

En el generador se producen 13,8 KV que son elevados a 230 KV por un transformador externo. Para ser transportados pasan por una subestación eléctrica donde se encuentran contadores eléctricos para así cuantificar la producción. A partir de la subestación, el transporte hacia el sistema nacional interconectado es realizado por una empresa transportista por medio de un cableado acorde a la potencia. Continúa su camino por varios kilómetros hasta su distribución a través de otra empresa distribuidora para finalmente alcanzar al consumidor final.

### **1.2.1. Captación de agua**

Es de gran importancia, ya que es la materia prima de donde se obtiene la producción energética. Esta depende de las lluvias en la región, por lo que la temporada de producción alta es durante el invierno y temporada baja durante el verano. El objetivo principal es tener la mayor cantidad de agua posible para la hora pico, o sea la hora de mayor demanda eléctrica, de 18:00 a 22:00 horas. En este horario el precio por kilowatts por hora es mejor pagado y se maximizan las ganancias.

La regulación se lleva a cabo por medio de un complejo sistema automatizado que controla la apertura de las compuertas de las presas que utilizan circuitos hidráulicos con su respectiva unidad de poder hidráulico (HPU) para su operación.

#### **1.2.1.1. Represas**

Las presas de PV son estructuras de hormigón armado construidas para embalsar el agua de los ríos para derivarlas hacia los canales. Cuentan varias compuertas automatizadas que cumplen diferentes funciones. Estas pueden ser:

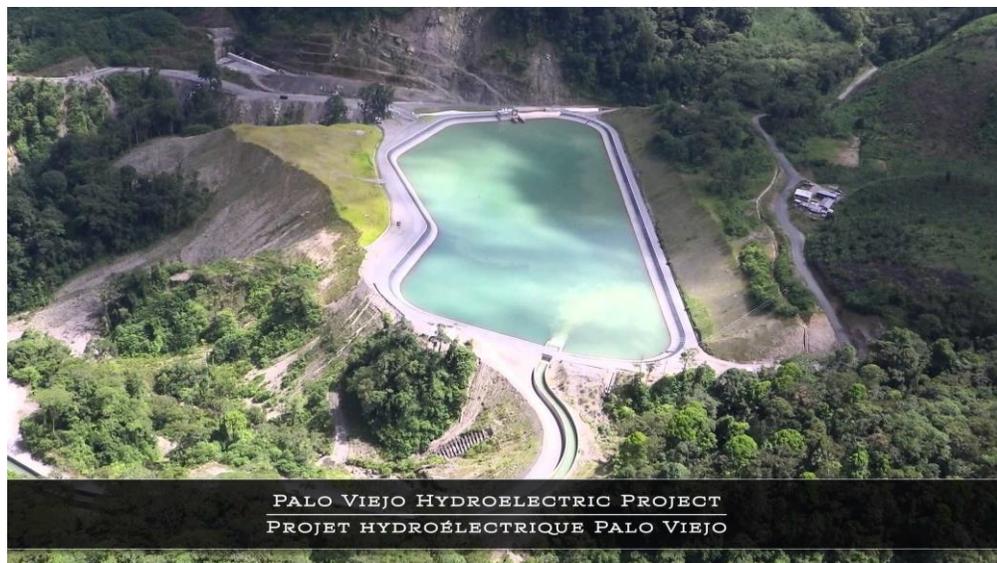
- Tipo compuerta de rodillos (*roller gates*): son utilizadas como compuertas de toma para abrir o cerrar el paso de agua hacia el canal y se localiza justo en la entrada del mismo.
- Tipo radial (*taintor o tainter gates*): se ubican en el fondo de las presas de concreto, al abrirse permiten que el sedimento y todo lo depositado en el fondo salga hacia el río limpiando así las rejillas de entrada a los canales. En la presa Cotzal, la cual es la más grande se utilizan dos compuertas entre columnas para contener el agua del rco y de ser necesario permitir o restringir el total del caudal del río.
- Compuerta deslizante (*slide gates*): se utilizan como compuertas de fondo para el lavado de desarenadores, realizando la misma función que las radiales en las presas.

- Ataguías (*stop log*): son compuertas de emergencia que se anteponen por medio de grúa a las compuertas de toma, para realizar alguna reparación.

### 1.2.1.2. Embalse

Está diseñado como embalse de regulación diaria y acumula el agua suficiente para operar durante 4 horas a máxima potencia, especialmente durante la hora pico. Este desplazando las unidades de motor recíprocante, turbinas de gas y de vapor, que se encuentran como agentes generadores dentro del mercado mayorista. El embalse tiene una capacidad de almacenamiento de 356,808 m<sup>3</sup>. Posee una rejilla previa a la compuerta de toma de la entrada de la tubería metálica de baja presión que conduce a casa de máquinas.

Figura 3. Embalse



Fuente: Finca San Francisco, San Juan Cotzal.

## **1.2.2. Turbina-generador**

En casa de máquinas se encuentran instalados 2 turbo-generadores Francis de eje vertical de 50 MVA, marca Voith. Estos generan energía con un voltaje nominal de salida de 13,8 KV, y se eleva mediante dos transformadores de 50 MVA de potencia a una tensión de 230 KV. Cada unidad genera 43,5 MW utilizando un caudal de 12,5 m<sup>3</sup>/s.

Se tiene un generador síncrono @600 RPM con polos salientes marca Voith-Siemens con un factor de potencia de 0,85 y una eficiencia medida de hasta 98 % a máxima potencia de diseño.

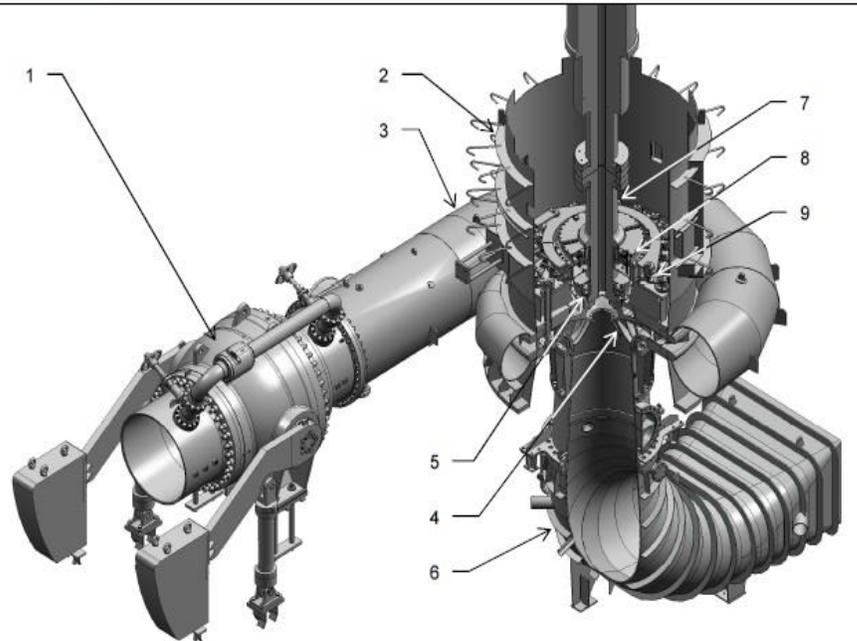
### **1.2.2.1. Diseño de la turbina Francis**

Las consideraciones para el diseño de la turbina se estudiaron desde el anteproyecto de construcción de la planta, para calcular desde el inicio el potencial energético y el costo del equipo y su montaje. La información requerida más importante para el diseño de la turbina es la caída bruta de agua que determina la presión aguas abajo, pero se considera el caudal a turbinar y la rotación de operación, siendo 394 m, 12,75 m<sup>3</sup>/s y 600 RPM respectivamente.

Además se deben considerar la cantidad de partículas abrasivas, existencias de posibles químicos corrosivos y la temperatura media del agua. En PV el caudal de los ríos es relativamente pura por lo que se espera que los elementos en contacto con el agua tengan una vida útil prolongada.

Figura 4. **Turbina Fancis**

Componentes



Fuente: Manual de operación y mantenimiento Voith Hydro.

1. Válvula esférica: válvula hidráulica utilizada para permitir o restringir el paso de agua hacia la turbina. Para evitar golpe de ariete la tubería de presión posee una chimenea de alivio.
2. Revestimiento del pozo: la tarea es servir como encofrado soldado para concreto y para anclaje rígido de los servomotores en su lugar.
3. Carcasa espiral: la carcasa espiral distribuye de forma pareja el agua que proviene de la tubería forzada mediante el anillo de travesaño hacia el rotor.

4. Rodete Francis: el rodete convierte la energía proveniente del flujo de agua en energía rotativa.
5. Sellado del eje: la tarea del sellado deslizante del eje (hidrostático) es impedir la descarga de agua a las partes superiores de la turbina durante su funcionamiento.
6. Tubo de aspiración: actúa como difusor para convertir el máximo de presión dinámica en presión estática. De esa manera la tarea del tubo de aspiración es recuperar una parte de la energía cinética del agua a la salida del rodete Francis. El revestimiento de acero del tubo de aspiración protege a la superficie de concreto de cavitación y daños en el foso.
7. Eje de la turbina: transfiere la energía producida por el rotor al generador.
8. Cojinete de guía: parte de la turbina está equipado con segmentos radiales autoajustables y de soporte central para realizar el empuje radial. Cada segmento descansa sobre el anillo de soporte del cojinete mediante una placa de presión y una cuña de ajuste. Estas piezas funcionan entre ellas para que el segmento no trabaje suelto en la dirección periférica.
9. Distribuidor: sistema de gobernador de velocidad del rodete. Contiene álabes directrices que guían y controlan el flujo del agua a través de la turbina y la sellan contra la presión de aguas de arriba durante la parada de la unidad.

### 1.2.2.2. Equipos auxiliares

Estos equipos auxiliares, salvo cuando son electrónicos, están formados por combinación de arranca-dor/cebador, balasto y condensador. Su principal objetivo es hacer la operación más fácil, segura y eficiente.

- Sistema de refrigeración: el sistema de refrigeración está compuesto por dos circuitos de tubería de agua fría que proviene del exterior de casa de máquinas. Esto por medio de bombas en paralelo, para el caso de alguna falla, no haya un paro de producción.

El agua del primer circuito pasa por filtros autolavables antes de ingresar a un intercambiador de calor para finalmente ser devuelta hacia el desfogue. Este es un circuito abierto y su función es enfriar el segundo circuito, el cual es cerrado. Además el sistema de lubricación y enfriamiento del sellado del eje de la turbina es alimentado por este circuito.

El circuito cerrado se enfría por medio del intercambiador de calor del circuito abierto de enfriamiento. Mantiene el flujo de agua de los intercambiadores para mantener estable la temperatura de operación de los HPU correspondientes a los sistemas de lubricación de cojinete combinado, cojinete guía inferior del generador, cojinete guía de la turbina y gobernador de velocidad/válvula esférica. Además el aire del sistema de ventilación de los generadores es enfriado por este circuito.

Sistema de vaciamiento y drenaje: es un sistema de tuberías que guían el agua desde bombas sumergidas ubicadas en fosas de drenaje y vaciamiento. El agua de las fosas procede de aguas de drenaje y del agua contenida entre la

válvula esférica y la compuerta de cierre del desfogue estando cerradas, cuando sea requerido por algún mantenimiento o inspección.

- Sistema neumático: conformado por dos compresores de 700 kPa con depósito de 2 700 litros en paralelo que suplen una tubería que conecta todas las áreas de la casa de máquinas para servicios múltiples. Independientemente existe un compresor de 1,1 MPa para el frenado del conjunto de eje, rotor y turbina de la unidad.
- Sistema de ventilación: ventiladores industriales mantienen el flujo de aire para el enfriamiento de los generadores, los transformadores y ventilación de la bahía de montaje.

### **1.3. Descripción del Departamento de Mantenimiento Mecánico**

Palo Viejo dispone de seis equipos de trabajo según su función: operación, obra civil, eléctrica, instrumentación y control, administrativo y mecánica. Cada grupo posee alcances diferentes. El Departamento Mecánico está a cargo del mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, según las especificaciones del fabricante, de los equipos mecánicos así como su montaje y desmontaje. Todo se debe realizar de acuerdo con las políticas y normas establecidas por la empresa.

#### **1.3.1. Personal de mantenimiento mecánico**

Comprenden la justificación del sistema de mantenimiento implementado en la empresa. Consecuencia de las características particulares de cada empresa y estrechamente vinculadas con las actividades de mantenimiento.

Están definidas con precisión y consignadas por escrito con el objeto de asegurar su total cumplimiento.

- Jefe de mantenimiento mecánico: depende directamente de la Gerencia de la planta. Su deber es realizar la programación, supervisión y ejecución de mantenimientos mecánicos, de acuerdo con las políticas y normas establecidas por la empresa y con base en el programa anual y las especificaciones del fabricante.

También actualiza la programación del plan de mantenimiento estipulado en los manuales de los equipos, para facilitar al personal técnico la ejecución de estos procedimientos. Desarrolla manuales de procedimientos de mantenimiento mecánico y llevar registros de los trabajos realizados y los costos asociados, para contar con información estadística actualizada.

Mantiene planos y manuales disponibles y actualizados. Revisar y actualizar el inventario de repuestos en bodega. Solicitar equipo, repuestos, servicios técnicos y materiales para minimizar el tiempo de inactividad de los equipos de la planta. Cumple y supervisa que se apliquen las órdenes de mantenimiento de SAP PM. Desarrolla las actividades asignadas en el plan de implementación del sistema integral de gestión para lograr la certificación integrada ISO 9001, ISO 14001 Y OHSAS 18001.

- Técnico de mantenimiento: participa en la ejecución y supervisión de servicios técnicos de mantenimiento predictivos subcontratados.
- Auxiliar de mantenimiento mecánico: depende del jefe de mantenimiento mecánico. Bajo la supervisión del técnico mecánico ejecuta trabajos correctivos y preventivos a vehículos y otros equipos mecánicos. Realiza

otras funciones afines, encomendadas por el jefe inmediato para asegurar el cumplimiento de las políticas y objetivos de la empresa.

### **1.3.2. Equipo y herramientas**

Debido a la ubicación de la planta, lejana a centros urbanos, el Departamento de Mantenimiento está obligado a mantener todo lo necesario para realizar los mantenimientos preventivos y correctivos en el sitio. En bodega se tiene existencia de todos los insumos como aceites lubricantes, tornillos, tuercas, filtros, sellos y más para reducir el tiempo de falla o de servicio de mantenimiento.

El inventario de herramientas es de los más completos, se tiene de todo en medidas y tipos de: llaves, alicates, equipo de carga y más. Entre los equipos especializados se tiene un estroboscopio, estetoscopio mecánico, sensor de vibraciones portátil, relojes comparadores, caudalímetro y espesímetro ultrasónico y otros. En la tabla 1, de anexos, se puede ver la lista completa de herramientas que el Departamento dispone.

### **1.3.3. SAP PM GLOBAL**

Es el módulo de SAP que ayuda a hacer eficiente la gestión del mantenimiento a través de la automatización del procesamiento, organización y almacenamiento de información correspondiente a cada equipo. En el creó una red global de SAP que interconecta todas las plantas en la región.

Su función general más importante es la asignación automática de trabajos de mantenimiento planificado por el ingeniero supervisor de mantenimiento para los distintos equipos y la asignación manual de trabajos en

el caso de mantenimientos correctivos. En el apéndice, tabla C, se puede observar la cantidad de objetos técnicos cargados al SAP por parte del Departamento de Mantenimiento Mecánico de la planta.

#### **1.4. Salud, seguridad ocupacional y ambiente (SSOA) en procedimientos de mantenimiento**

La empresa se caracteriza por hacer énfasis en su trabajo de SSOA ya que de esto depende la imagen y reputación que la misma empresa busca tener y conservar. SSOA es un servicio enfocado a brindar apoyo a las áreas de mantenimiento y operación de la planta con el firme objetivo de mantener y mejorar la cultura de autocuidado, comunicación y aplicación de normativas y procedimientos. También esparce la “cultura de seguridad y respeto al ambiente” a todos los niveles de la organización y promover iniciativas que logren el aumento de la conciencia.

##### **1.4.1. Normas**

La empresa para reafirmar su compromiso en seguridad industrial y con el ambiente declara conformidad con el sistema de gestión ISO y OHSAS:

- OHSAS 18001:2007: especifica los requisitos para un sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional (S y SO), para hacer posible que una organización controle estos riesgos y mejore su desempeño en este sentido. No establece criterios de desempeño de S y SO determinados, ni incluye especificaciones detalladas para el diseño de un sistema de gestión.

- ISO 14001:2004: especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental, destinados a permitir que una organización desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y la información relativa a los aspectos ambientales significativos.

#### **1.4.2. Análisis de riesgos**

Estos son requeridos por OHSAS 18:001:2007 para facilitar la percepción de riesgos en todas las actividades que se realicen en la empresa. Su principal objetivo es identificar los peligros que los responsables de hacer las tareas de mantenimiento puedan quedar expuestos. En los manuales de procedimientos de mantenimiento se toman en cuenta, dentro de las actividades, los cuidados correspondientes para mitigar los riesgos.

#### **1.4.3. Bloqueo y etiquetado**

Es parte del manual de procedimientos de mantenimiento, montaje, desmontaje e inspección en la cual el equipo a ser tratado se bloquea o deshabilita eléctrica, mecánica y operativamente para garantizar que no halla accidentes por un arranque inesperado u otros peligros. Se utilizan candados y etiquetas especiales de manera que solo el responsable sea el único que desbloquee el equipo al terminar las tareas requeridas.

Figura 5. Estación de bloqueo y etiquetado



Fuente: LÓPEZ TEJEDOR, Alberto. *Seguridad laboral en las operaciones en una terminal portuaria*. <http://www.baroig.com/images/products/BRG39881.jpg>.

Consulta: 8 de febrero de 2015.



## **2. FASE DE INVESTIGACIÓN (AHORRO ENERGÉTICO)**

### **2.1. Descripción actual**

El compromiso de la empresa con la reducción del impacto negativo del medio ambiente obliga a la planificación de medidas de ahorro energético en sus actividades de operación y mantenimiento. De manera que la planta PV estudia, desarrolla y ejecuta proyectos regularmente, en lo permisible. La planta es relativamente nueva, por lo que los equipos que se utilizan son modernos y eficientes y no se justifica su reemplazo. Esto descarta la viabilidad de la implementación de un plan de ahorro industrial.

En números la planta tiene un consumo interno en promedio de 1 500 MWh anuales considerando todos los equipos, iluminación, compuertas, instalados en casa de máquinas y en el campamento de operadores. El mayor consumo de la planta es generado por los equipos utilizados en la producción energética. La iluminación es la más eficiente, debido a que en el periodo, de noviembre 2014 a enero del 2015, se realizó la sustitución de la totalidad de las lámparas de iluminación por lámparas led, de la mayor eficiencia energética en el mercado actualmente. Esto redujo el consumo energético en iluminación en un total de 58 %.

Se observó que es posible realizar estudios que consideren medidas para disminuir el consumo en equipos de oficina y domésticos utilizados en casa de máquinas y los campamentos de dormitorio.

## 2.2. Posibles soluciones

A continuación se darán cuatro propuestas de ahorro que hipotéticamente, disminuirán el consumo interno de energía eléctrica en la planta PV, si son correctamente ejecutadas.

- Solicitar al Departamento de Informática de la planta activar en forma obligatoria el dispositivo automático de ahorro de energía de los monitores de las computadoras, de tal manera que se apaguen después de 5 minutos de inactividad o de ausencia del puesto de trabajo. De igual manera el apagado automático del CPU después de 30 minutos de inactividad.
- Confeccionar informe de consumo por edificio, piso o sector indicando el comportamiento del consumo energético para incentivar la racionalización. Comprobar fechas de lectura mensual de los medidores y la ubicación de estos.
- Establecer indicadores de eficiencia y uso de la energía eléctrica, tales como el consumo de energía eléctrica por área de oficina por metro cuadrado ( $\text{kWh/m}^2$ ) y llevar un registro mensual de dichos indicadores.
- En casos de reemplazo o nuevas adquisiciones, procurar la compra de sistemas de aire acondicionado con eficiencia energética (EER) mínimas de 14,0 para sistemas centrales, de 12,0 para sistemas Split o de 10,0 para unidades de ventana de cualquier tamaño. Todos los sistemas y equipos de aire acondicionado deben usar gas 134 y prohibir el ofrecimiento de Freón 12.

### 2.3. Recuperación *in-situ* y reutilización

Debido a la magnitud de la planta y el desarrollado estado de automatización utilizado, es empleada una gran cantidad de aceite hidráulico y lubricante por las unidades de poder hidráulico. Se considera la factibilidad de la utilización de una máquina filtradora y regeneradora de aceite que elimine la necesidad de adquirir aceite nuevo y a la vez eliminar los desechos potencialmente peligrosos para el ambiente, ver ficha técnica 1 en anexos.

### 2.4. Análisis de costos

Las propuestas del plan de ahorro energético están pensadas para ser efectivas al mínimo costo, por medio de cambiar la mentalidad de los operadores de los equipos. La empresa deberá incluir en sus programas de capacitación interna a los empleados, el ahorro energético, a través de medidas sencillas y sin mayor costo. Sin embargo, estas mismas medidas serán de base para la política de ahorro interno del complejo hidroeléctrico en sí.

Tabla I. Plan de ahorro y reciclaje

Costos			
	Descripción de la actividad	Objetivo estratégico	Monto aproximado
1	Ahorro de equipos de cómputo.	Ahorro energético	Q 0,00
2	Plan de control de consumo por sector.		Q 0,00
3	Medición de eficiencia energética (contadores eléctricos).		Q 2 000,00
4	Política de reemplazo de sistemas de aire A/C (sistemas con R410A y EER 13).		Q 10 000,00 (c/u)
5	Máquina filtradora regeneradora de aceite (Zhongneng LYE Series).	Recuperación in-situ y reutilización	Q 90 000,00
Total:			Q 102 000,00

Fuente: elaboración propia.



### **3. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

#### **3.1. Plan de mantenimiento preventivo**

En el plan se debe contemplar la programación, supervisión y ejecución de mantenimientos mecánicos, de acuerdo con las políticas y normas establecidas por la empresa y con base en las especificaciones del fabricante. Esto para mantener en óptimas condiciones las unidades y equipos y maximizar la disponibilidad de los mismos, para así, cumplir con las metas de producción requeridas.

- Procedimiento para elaborar el plan de mantenimiento: como primer paso, debe reunirse información del equipo consistente principalmente en:
  - Sugerencias de mantenimiento del fabricante o proveedor
  - Datos sobre experiencias anteriores con equipos similares
  - Observaciones de operación del equipo
  - Sugerencias de técnicos y asesores externos

Al obtener esta información se procede a hacer un desglose por cada plan. Contiene instrucciones a realizar para cada equipo aplicable, de cada sistema componente, como por ejemplo: bombas de circuito cerrado (CC) y circuito abierto (CA), HPU gobernador y cojinetes, y otros.

Luego, con base en la información de los equipos se establece el tiempo que debe pasar para volver a realizar nuevamente una misma tarea de

mantenimiento preventivo o predictivo en cada elemento de cada sistema. Además, se describe brevemente la actividad a realizar para cada tarea.

Por último, la información anteriormente mencionada se ordena en una tabla de manera que incluya a todos los equipos de un área específica de la planta. Entonces queda establecido el denominado plan maestro de mantenimiento, como el ejemplificado en la tabla II.

Tabla II. **Plan de mantenimiento ejemplar**

1 - Compresores de aire de servicio de casa de maquinas		
No. SAP	Nombre de la tarea	Frecuencia
100000010867	Cambio de filtro aceite a compresor 1 de aire de servicio	2 000 Horas
100000010869	Cambio de filtro aceite a compresor 2 de aire de servicio	2 000 Horas
Instrucciones para la tarea	Preparación de mantenimiento	
	Cambio de aceite y filtro	
2 - Bombas del sistema de agua de enfriamiento de casa de máquinas		
No. SAP	Nombre de la tarea	Frecuencia
100000010351	Inspección a bombas enfriamiento circuito abierto	Semanal
100000010358	Inspección a bombas enfriamiento circuito cerrado	Semanal
100000010366	Inspección a bombas sello de turbina	Semanal
Instrucciones para la tarea	Preparación de mantenimiento	
	Verificar ruidos y vibraciones	
	Verificar presión de bombeo	
	Verificar nivel de aceite	
	Verificar fugas por empaquetadura	
	Limpieza exterior de bombas	

Fuente: Enel Green de Guatemala, Hidroeléctrica Palo Viejo.

En la tabla B de apéndices se observa el listado de planes de mantenimiento realizados durante el ejercicio profesional supervisado que conforman el manual de mantenimiento mecánico de la planta hidroeléctrica Palo Viejo.

- Programación: se basa en la creación de una agenda de las tareas de inspección y mantenimiento que se realizan diariamente por parte del técnico y el auxiliar. Es necesario considerar el tiempo estimado por cada tarea junto con el tiempo de transporte de un punto a otro, ya que atravesar de un extremo a otro de la planta PV puede tomar hasta 45 minutos. Distribuir los grupos de tareas en un ciclo repetitivo con una frecuencia de por ejemplo una semana, un mes, tres meses, seis meses, un año.

Al terminar la programación se puede crear una agenda con el listado de tareas exactas a elaborar para facilitar la planificación de repuestos e insumos necesarios. Posteriormente se debe ingresar los sistemas, aplicaciones y productos en procesamiento de datos (SAP) y mantenimiento de planta (PM) para que se generen avisos de trabajo para cada día automáticamente.

- Supervisión: eventualmente se debe de realizar supervisiones por medio de acompañar al equipo técnico en la realización de sus actividades para verificar la calidad del mismo. También para realizar retroalimentación que posteriormente se pueda utilizar para actualizar el procedimiento de mantenimiento para mejorar o facilitar su ejecución.
- Ejecución de mantenimientos mecánicos: sistemas, aplicaciones y productos en procesamiento de datos (SAP) y mantenimiento de planta (PM) genera diariamente los avisos de trabajo que preceden a una orden de trabajo, que hace referencia a un manual de procedimiento. Antes de iniciar se debe de conseguir autorización por medio de firmas del ingeniero supervisor y el operador de planta. Al finalizar se debe cerrar la orden de trabajo en SAP y llenar la bitácora para guardar el historial por cada equipo.

### 3.1.1. Equipos críticos en la producción

Son aquellos equipos en los que se monitorea parámetros de seguridad de operación. Al de presentarse alguna falla y provoque que se salgan del parámetro, se genera un disparo de la unidad turbina-generator, deteniendo la de producción.

Tabla III. Equipos de casa de máquinas

Sistema enfriamiento circuito abierto (CA) y cerrado (CC)	Bombas CA y CC
	Filtros autolavables CA
	Intercambiadores de calor CA
	Válvulas y accesorios CA y CC
Sistema de enfriamiento sello del eje turbina	Bombas de enfriamiento sello de turbinas
Cojinetes de generadores	Cojinetes de generador U1 y U2
Sistema de lubricación cojinetes de generadores	Sistema lubricación cojinetes generador U1 y U2
Sistemas de frenado generadores	Sistema de frenado generador U1 y U2
	HPU portátil de levantamiento de rotor
Turbinas	Turbina U1 y U2
Sistemas de lubricación cojinetes de turbinas	Sistema lubricación de cojinete turbina U1 y U2
Válvulas esféricas	Válvula esférica U1 y U2
Sistema oleohidráulicas esféricas y gobernador de velocidad	Sistema oleohidráulicas esférico y gob. U1 y U2
Sistemas de vaciado y llenado de unidades	Sistema de vaciado de unidades
	Sistema de llenado de U1 y U2
Sistema agua de servicio	Sistema agua servicio casa de máquinas
Sistema de agua domestica	Sistema agua domestica casa de máquinas
Sistema de drenaje	Separación agua-aceite casa de máquinas
Sistema aire de servicio	Sistema aire de servicio casa de máquinas
Sistemas de aire acondicionado, extracción e inyección de aire en casa de máquinas	Sistema de aire acondicionado sala de sesiones

Continuación de la tabla III.

	Ventiladores de extracción de aire
	Ventiladores de inyección de aire
Compuertas de desfogue	Compuerta de desfogue U1 y U2
Grúas	Grúa monorraíl compuerta de desfogue U1 y U2
	Grúa monorraíl drenaje casa de máquinas
	Grúa puente casa de máquinas

Fuente: Enel de Guatemala, Hidroeléctrica Palo Viejo.

Los equipos en color anaranjado son los críticos, pues son de mayor prioridad al realizar el mantenimiento preventivo y predictivo. Esto debido a que el costo por parada se traduce en una pérdida económica considerable, si se toma en cuenta, los costos de la indisponibilidad que se deben pagar.

Debido a la gran cantidad de equipos, de todo tipo, que abarca el plan de mantenimiento, el ejercicio profesional supervisado se enfocará en los equipos críticos solamente.

### **3.1.2. Actividades y frecuencia de mantenimiento**

El plan de frecuencia de mantenimiento es una herramienta muy importante que establece de una manera lógica y ordenada, la frecuencia con que debe efectuarse el mantenimiento preventivo y predictivo de cada equipo. También define cuáles serán las actividades del mantenimiento. Las actividades de mantenimiento son realizadas a partir de las indicaciones del manual del fabricante y del criterio con base en experiencias del supervisor junto con el equipo de trabajo.

Además, el plan de frecuencia de mantenimiento constituye el punto de partida en la elaboración del plan anual de mantenimiento. De esto se derivan el plan maestro de mantenimiento y la programación diaria del mismo.

### **3.2. Manuales de procedimientos de mantenimiento**

En el plan maestro de mantenimiento, después de haber establecido la programación, frecuencia y las actividades de mantenimiento de todos los equipos, indican cuándo y qué se debe realizar en las órdenes de trabajo de mantenimiento mecánico preventivo, correctivo y predictivo. Por ello se requiere la elaboración de un manual de procedimientos de mantenimiento mecánico.

Un manual o instructivo de procedimientos de mantenimiento es un documento impreso o digital que describe y explica paso a paso cómo realizar las actividades de cada plan de mantenimiento. Se debe realizar con todos los detalles, sin prescindir de utilizar fotografías, gráficas, videos y otros materiales didácticos. Esto para asegurar que los ejecutores del procedimiento se apeguen a las políticas y normas establecidas por la empresa y con base en el programa anual y las especificaciones del fabricante.

Las certificaciones ISO 14:001:2004 y OHSAS 18:001:2007 crearon un sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y ambiente (SGSSOA). Esto posee un sistema documentado que requiere de los instructivos escritos de trabajo, enfocados principalmente en su área, de las actividades que todo el personal realiza. Esto es principalmente para respaldar a entidades acreditadoras de los procesos para ser reacreditados.

El trabajo de EPS será para dar un enfoque de los instructivos ya existentes de SGSSOA, proveyendo una mejora al Departamento de

Mantenimiento Mecánico. La utilidad práctica que se le aplica a los manuales de procedimiento mecánico es facilitar la capacitación y adaptación de personal nuevo, así como para hacer constar al gerente de la planta que se cumple con las normas y políticas establecidas.

### **3.2.1. Redacción, evaluación y validación**

La metodología de redacción debe ser la más práctica y precisa posible, para que se garantice que el lector entienda, sin lugar a dudas, las instrucciones que se proponen. Para esta causa se expone el siguiente procedimiento.

- Redacción de un manual de procedimientos de mantenimiento: primero designar un responsable de la redacción del mismo. Puede ser el mismo ejecutor del mantenimiento o un acompañante. Preparar de antemano el plan de mantenimiento que se elaborará el manual y preparar un formato en blanco con las actividades.

Llevar cámara digital, lapicero o lápiz y una tabla Shannon y proceder a tomar fotografía, video y notas que describan cómo se realizan las actividades que la orden de trabajo solicita. Se considerarán los siguientes aspectos:

- Herramientas a utilizar, especificando sus dimensiones.
- Materiales: son todos los insumos y repuestos requeridos para la tarea.
- Referencias: son definiciones, diagramas y planos que sean necesarios para realizar la tarea.

Además, tomar en cuenta las técnicas utilizadas para realizar el trabajo, herramientas y equipo especializado. Al terminar todas las actividades verificar

si algo de lo realizado hubiese hecho falta por anotar. Considerar en el manual las instrucciones y atenciones a SSOA que también deben de ser incluidas, tales como:

- Análisis en el sitio de trabajo.
  - Análisis de riesgos.
  - Instructivo de seguridad.
  - EPP requerido.
  - Aspectos ambientales.
  - Seguimiento a todos procedimientos de gestión ambiental en función de los desechos que se puedan generar.
  - Bloqueo y etiquetado.
- 
- Evaluación de un manual: un manual es un documento práctico y se evalúa igualmente. Si el lector, que pudiera no haber realizado el plan de mantenimiento con anterioridad, es capaz de seguir las instrucciones, en un proceso real o simulado, sin ayuda adicional se confirma que el documento es técnicamente válido. De lo contrario el manual no será validado y deberá ser editado por el responsable del mismo para ser mejorado o actualizado.
  
  - Validación de un manual de procedimientos: el manual, ya finalizado, lleva un proceso de revisión por diferentes responsables según sus funciones.
    - El supervisor del mantenimiento al que pertenece el manual valida el instructivo de trabajo de mantenimiento.
    - El supervisor de seguridad y salud ocupacional (SSO) valida que sean consideradas y mitigadas todas las amenazas a la salud.

- El supervisor de ambiente (A) valida que las medidas de mitigación de impacto ambiental sean consideradas.
- El gerente de la planta valida que el manual sea integral.

### **3.2.2. Formato**

El gerente y lo supervisores deben acordar un formato estándar que cumpla con los requerimientos de las normas y políticas propias de la planta. Este debe respetar el formato establecido por el responsable en el sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y ambiente (SGSSOA). El manual es un instructivo de trabajo de mantenimiento con los siguientes puntos:

- Alcance
- Definiciones y abreviaturas
- Código y nombre de la tarea (SAP)
- Código y ubicación de equipo (SAP)
- Responsables
- Herramienta
- Materiales
- Aspectos de SSOA e instructivos
- Descripción de actividades de mantenimiento
- Estado de validación

En el apéndice, figura A se observa un ejemplo del formato utilizado. Todos los manuales deben tener el mismo formato sin importar el área a la que pertenecen. Si el formato cambia se deben actualizar todos los documentos a los que aplique, para conservar la validación.



## **4. FASE DE DOCENCIA**

### **4.1. Importancia de los manuales de procedimiento mecánico**

La administración de la Planta Hidroeléctrica Palo Viejo estima que se tiene un tiempo de vida útil mayor a veinticinco años. Por ello que se debe garantizar la rápida y efectiva transferencia de información y experiencias adquiridas del personal de mantenimiento mecánico a sus sucesores. El uso de manuales para la capacitación de personal nuevo deriva en:

- Reducir el tiempo y costo de capacitación.
- Facilitar la contratación de personal nuevo.
- Reducir accidentes que afecten la salud física y mental de quienes realizan el mantenimiento.
- Reducir el impacto ambiental que generen los desechos industriales.
- Garantizar que el personal se apegue a las normas y políticas propias de la planta y las especificaciones del fabricante.
- Facilitar la supervisión del plan de mantenimiento mecánico de la planta.

### **4.2. Importancia de la actualización de la documentación del plan de mantenimiento**

Para que el objetivo de los manuales de mantenimiento mecánico sea efectivo, se describen cómo se realizan las actividades del plan de mantenimiento de cada equipo. También es necesario que exista una retroalimentación que debe ser realizada por los responsables de ejecutar el mantenimiento y el responsable de la documentación.

Esto es de gran importancia debida al incremento del uso en las horas en los equipos y se requerirán mayores cuidados de mantenimiento que pudieran no estar contemplados en los manuales del fabricante. De no tener debidamente documentado estos cambios, se podrían perder durante la transición de un equipo de trabajo a otro.

#### **4.3. Presentación de mejoras y resultados.**

El objetivo principal de este EPS es realizar un manual de procedimientos de mantenimiento mecánico de la Planta Hidroeléctrica Palo Viejo. Se define como un instructivo: ¿qué?, ¿cómo? y ¿cuándo? realizar mantenimiento preventivo y predictivo a todos los equipos mecánicos de la planta.

Para ello se organizaron, codificaron, estandarizaron y unificaron todos los manuales o instructivos ya existentes. Se procedió a realizar un listado maestro. Este contiene indirectamente a todos los documentos en Excel y controla los documentos (ver tabla B de apéndices). Se muestra el código de tarea de sistemas, aplicaciones y productos en procesamiento de datos (SAP), el código de documento o instructivo, el equipo al que aplica, tipo de mantenimiento (preventivo, correctivo o predictivo), frecuencia de mantenimiento, código de instructivo de bloqueo, etiquetado y estado de validación.

El código de documento o instructivo que se encuentra en el Excel del listado maestro contiene un hipervínculo que al clicar abre el instructivo correspondiente al que se hace referencia, como el de la figura A de apéndices. Así sucesivamente para todos, cada uno de los que se encuentran en ese listado.

Las primeras dos columnas tienen una función más que informativa, deben de relacionar las tareas generadas en SAP para la programación diaria de trabajo con los manuales o instructivos que apliquen para cada tarea. Un solo manual puede relacionarse con ninguna (cuando es una tarea de mantenimiento correctivo), con una (cuando la tarea es específica y el manual solo aplica a ella) y con varias (cuando el manual es general y puede utilizarse en tareas diferentes porque los equipos son iguales o parecidos o cuando una sola tarea es tan extensa que requiere varios manuales).



## CONCLUSIONES

1. La implementación de manuales escritos que describan a exactitud, cómo realizar las tareas de mantenimiento, derivan en la retroalimentación y mejora del mismo. Además asegura que el lector considere las especificaciones del fabricante, las enseñanzas de la experiencia, las condiciones particulares propias de la planta Hidroeléctrica Palo Viejo y de SSOA de la empresa.
2. Para la validación de manuales de procedimientos mecánicos se requiere de la disposición de un responsable de la documentación, ajeno a quienes realizan el mantenimiento. De esta manera se puede garantizar que la utilidad del análisis de riesgos sea mitigada.
3. La utilidad de los manuales de procedimiento de mantenimiento mecánico tienen mayor utilidad que la implícita por las normas que la solicitan. Debido a que facilitan la supervisión y control al realizar los mantenimientos. Además facilitan considerablemente la capacitación de personal nuevo y mejora la rapidez y calidad del servicio de mantenimiento.
4. Todos los equipos automatizados deben ser bloqueados y etiquetados. Se toma como criterio principal la consideración de toda acción, en cualquier equipo, puede no realizarse, pudiera derivar en un accidente.



## RECOMENDACIONES

Al gerente de planta:

1. Delegar un responsable que esté a cargo, principalmente, de la documentación, para que así se actualicen los manuales de mantenimiento. La misma persona es para las demás áreas de O&M de la planta, con el objetivo de unificar criterios, formatos y metodología que faciliten la divulgación de los mismos.
2. Utilizar el sistema de documentación de SGSSOA existente, como base para la creación de uno enfocado a O&M para reducir el tiempo de desarrollo del proyecto.

A los supervisores de mantenimiento:

3. Capacitar al personal a su cargo utilizando los manuales como una herramienta adicional para realizar sus labores de mantenimiento con el objetivo de obtener la mejor rapidez y calidad de servicio.
4. Priorizar la actualización y seguimiento de manuales de procedimiento de mantenimiento correctivo que apliquen a los equipos críticos cuando han causado disparo de unidades para reducir el tiempo de reacción. También de como la creación de acciones preventivas y predictivas para que disminuyan los costos por parada e indisponibilidad de planta.

A los supervisores de SSOA:

5. Aprovechar esta documentación para facilitar la comunicación bidireccional entre el personal de cada planta y el SGSSOA.
6. Priorizar el enfoque en los procedimientos de bloqueo y etiquetado que signifiquen mayor riesgo a la salud para mitigar principalmente el riesgo de incidentes graves.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ENEL GREEN POWER. *Plan de Operaciones 2014 Planta Hidroeléctrica Palo Viejo*. 3a ed. Guatemala: Dirección de Relaciones Exteriores de Enel, 2014. 168 p.
2. \_\_\_\_\_. *Plan de Operaciones 2015 Planta Hidroeléctrica Palo Viejo*. 4a ed. Guatemala: 2015. 66 p.
3. GLOBAL TRENDS INC. *Plan de ahorro de energía. Electron Investment, S.A. Proyectos hidroeléctricos Lirio y Pando*. Panamá: Electron Investment, S. A, 2009. 19 p.
4. USTAMANTE BARBERENA, Gerardo Adolfo. *Situación actual e implementación de mejoras, en el mantenimiento mecánico de los sistemas de enfriamiento de agua y suministro de agua de proceso de la planta San Miguel, CEMPRO SA*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 81 p.



# APÉNDICES

## Apéndice A. Listado maestro de procedimientos de mantenimiento mecánico

No.	SAP	Código	Archivo	Procedimiento	Equipo aplicable	Tipo de mantenimiento	Frecuencia	Validado	Análisis de riesgo	Ritmo de ejecución	Validado
1		MEC-PR-000	Formato más reciente	Inspección	Documentación	Preventivo	3d	SI	MEC-AR-001	MEC-RE-000	Validado
2	1000000113460	MEC-PR-001	Vaciado de Sifones.docx	Inspección	Sifón	Preventivo	1Y	SI	MEC-AR-001	MEC-RE-001	Validado
3	1000000113460	MEC-PR-002	Vaciado de la bomba de agua de enfriamiento.docx	Inspección	Bomba CG, Ca, Sello del eje	Preventivo	1Y	SI	MEC-AR-020	NA	Validado
4	1000000113460	MEC-PR-003	Montaje de la bomba de agua de enfriamiento.docx	Inspección	Bomba CG, Ca, Sello del eje	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-020	NA	Validado
5	1000000113460	MEC-PR-004	Mant. de truita a válvula esférica.docx	Inspección	Válvula Esférica	Preventivo	3M	SI	MEC-AR-004	NA	Validado
6	1000000113460	MEC-PR-005	Mant. Mayor generador INSPCCIÓN DE MENSAJAS SUPERIORE E INFERIOR	Inspección	Generador	Correctivo	3M	SI	MEC-AR-005	Elaborar	Validado
7	1000000113460	MEC-PR-006	Remplazo de aceite de BOMBA DE LAJE UJ.docx	Inspección	Bomba de laje	Correctivo	1W	SI	MEC-AR-006	Elaborar	Validado
8	1000000113460	MEC-PR-007	Inspección de intercambiadores de calor agua-agua	Inspección	Intercambiador de calor	Correctivo	1W	SI	MEC-AR-007	Elaborar	Validado
9	1000000113460	MEC-PR-008	Cambio de Pastillas Mazda BT-50 2.0i 1.docx	Inspección	BT-50, 2011	Correctivo	10,000 km	SI	MEC-AR-008	Elaborar	Validado
10	1000000113460	MEC-PR-009	Graduación de frenos Camión Hino 2014.docx	Inspección	Camión Hino 2014	Correctivo	10,000 km	SI	MEC-AR-009	Elaborar	Validado
11	1000000113460	MEC-PR-010	Cambio de aceite Camión Hino 300 2014. .docx	Inspección	Camión Hino 2014	Preventivo	1M	SI	MEC-AR-010	Elaborar	Validado
12	1000000113460	MEC-PR-011	Inspección mensual a Toyota H-ase 2012.docx	Inspección	H-ase 2012	Preventivo	1M	SI	MEC-AR-011	Elaborar	Validado
13	1000000113460	MEC-PR-012	Cambio de Pastillas Toyota Hilux 2005.docx	Inspección	Hilux 2009	Correctivo	1M	SI	MEC-AR-012	Elaborar	Validado
14	1000000113460	MEC-PR-013	Inspección mensual a Toyota H-ase 2012.docx	Inspección	H-ase 2012	Preventivo	1M	SI	MEC-AR-013	Elaborar	Validado
15	1000000113460	MEC-PR-014	Mantenimiento de 10.000 km a Toyota H-ase 2012.4	Inspección	H-ase 2012	Preventivo	10,000 km	SI	MEC-AR-014	Elaborar	Validado
16	1000000113460	MEC-PR-015	MANTENIMIENTO GENERAL TRAMESTRAL A VALVULA DE PRE	Inspección	Sifón	Preventivo	6M	SI	MEC-AR-015	NA	Validado
17	100000011442	MEC-PR-016	Mantenimiento de 10.000 km a Mazda BT-50 2011.doc	Inspección	BT-50 2011	Preventivo	10,000 km	SI	MEC-AR-016	NA	Validado
18	100000011442	MEC-PR-017	Mant. a sistema de agua domestica y de servicio.	Inspección	Sistema de agua domestica	Preventivo	10,000 km	SI	MEC-AR-017	NA	Validado
19	100000011442	MEC-PR-018	RIÓN DE COJINETES Y SELLO MECANICO DE BOMBA	Inspección	Bombafly	Preventivo	3M	SI	MEC-AR-018	Elaborar	Validado
20	100000011003	MEC-PR-019	Mantenimiento al sistema de vaciado.docx	Inspección	Sistema de vaciado	Preventivo	3M	SI	MEC-AR-019	Elaborar	Validado
21	100000011003	MEC-PR-020	Mantenimiento de 30.000 km a Toyota H-ase 2012.4	Inspección	H-ase 2012	Preventivo	30,000 km	SI	MEC-AR-020	Elaborar	Validado
22	100000010659	MEC-PR-021	RIÓN DEL INYECTOR DE EXTRACTOR DE VAPOR DE AC	Inspección	Extractor de vapor de aceite	Preventivo	30,000 km	SI	MEC-AR-021	Elaborar	Validado
23	100000010659	MEC-PR-022	Mantenimiento de 30.000 km a Mazda BT-50 2011.doc	Inspección	BT-50 2011	Preventivo	30,000 km	SI	MEC-AR-022	Elaborar	Validado
24	100000010659	MEC-PR-023	Desmontaje de Carter de Aceite de Motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Correctivo	30,000 km	SI	MEC-AR-023	Elaborar	Validado
25	100000010659	MEC-PR-024	Inspección de nivel de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Correctivo	30,000 km	SI	MEC-AR-024	Elaborar	Validado
26	100000010659	MEC-PR-025	Compuertas Vaión de mes de servicio.docx	Inspección	Compuertas Vaión	Correctivo	30,000 km	SI	MEC-AR-025	Elaborar	Validado
27	100000010659	MEC-PR-026	Limpieza de Filtros Autolavables	Inspección	Filtro Autolavable	Correctivo	30,000 km	SI	MEC-AR-026	Elaborar	Validado
28	100000010659	MEC-PR-027	Limpieza de Filtros Hidrocarbonos	Inspección	Filtro Hidrocarbon	Correctivo	30,000 km	SI	MEC-AR-027	Elaborar	Validado
29	100000010659	MEC-PR-028	Filtrado de aceite de HPU de cojinetes combinados	Inspección	HPU/cojinete Combinado	Preventivo	1Y	SI	MEC-AR-028	NA	Validado
30	100000010659	MEC-PR-029	Mant. a Guía Puente.docx	Inspección	Guía puente	Preventivo	3M	SI	MEC-AR-029	NA	Validado
31	100000010659	MEC-PR-030	Inspección intercambiador de calor agua-aceite.docx	Inspección	Intercambiador de calor	Preventivo	1Y	SI	MEC-AR-030	Elaborar	Validado
32	100000010659	MEC-PR-031	Atagulas Bulbhead de Presas.	Inspección	Bulbhead	Preventivo	1Y	SI	MEC-AR-031	Elaborar	Validado
33	100000010659	MEC-PR-032	Inspección de niveles de Aceite HPU.docx	Inspección	HPU	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
34	10000001072	MEC-PR-033	MANTENIMIENTO A SISTEMAS OLEO-HIDRAULICOS DE COMPUERTAS	Inspección	HPU	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
35	10000001072	MEC-PR-034	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
36	10000001072	MEC-PR-035	Cambio de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
37	10000001072	MEC-PR-036	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
38	10000001072	MEC-PR-037	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
39	10000001072	MEC-PR-038	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
40	10000001072	MEC-PR-039	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
41	10000001072	MEC-PR-040	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
42	10000001072	MEC-PR-041	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
43	10000001072	MEC-PR-042	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
44	10000001072	MEC-PR-043	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
45	10000001072	MEC-PR-044	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
46	10000001072	MEC-PR-045	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
47	10000001072	MEC-PR-046	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
48	10000001072	MEC-PR-047	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
49	10000001072	MEC-PR-048	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado
50	10000001072	MEC-PR-049	Inspección de niveles de aceite de motor Cummins	Inspección	Motor cummins	Preventivo	1W	SI	MEC-AR-032	NA	Validado

Continuación del apéndice A.

51	100000010971	MEC-PR-039	Cambio de aceite a compresores de frenado de Gen.	Inspección	Compresores de freno	Prentivo	2000H	MEC-AR-039	MEC-BE-039
52	MEC-PR-040	Cambio de cojinetes de bufas a Toyota Hi-ace 2012	(Des)Montaje	Hi-ace 2012	...			MEC-AR-040	
53	100000011300	MEC-PR-041	Inspección interior de la Válvula Esférica.docx	Inspección	Válvula esférica	Prentivo	1Y	MEC-AR-041	Elaborar
54	100000010660	MEC-PR-042	Inspección de pistas de Frenado.docx	Inspección	Frenado de turbina	Prentivo	6M	MEC-AR-042	Elaborar
55	100000010866	MEC-PR-043	Reemplazo de Sello mecánico bombas.Sello del Eje.	(Des)Montaje	Bombas CC, CA y Sello del eje	Correctivo		MEC-AR-043	Elaborar
57	100000010882	MEC-PR-044	Inspección Semanal a Compresores Aire de Servicio	Inspección	Compresores de servicio	Prentivo	1W	MEC-AR-044	Elaborar
58	100000010660	MEC-PR-045	LIMPIEZA DE CARTER UNIDAD DE PODER HIDRAULICO	Inspección	HPU	Prentivo	1Y	MEC-AR-045	MEC-BE-045
59	100000010660	MEC-PR-046	Inspección cojinetes guía del generador lado su	Varios	Cojinete guía	Prentivo	1Y	MEC-AR-046	Elaborar
60	100000010660	MEC-PR-047	LIMPIEZA DE CARTER UNIDAD DE PODER HIDRAULICO	Inspección	HPU	Prentivo	1Y	MEC-AR-047	MEC-BE-045
61	100000010660	MEC-PR-048	Cojinetes guía del generador lado inferior.docx	Varios	Cojinete guía	Prentivo	1Y	MEC-AR-048	Elaborar
62	100000011289	MEC-PR-049	Cojinetes de la turbina.docx	Varios	Cojinete guía	Prentivo	1Y	MEC-AR-049	Elaborar
63	100000011294	MEC-PR-050	Mant... a guía monorriel bombas de drenaje.docx	Inspección	Guía monorriel			MEC-AR-050	
64		MEC-PR-051	Mant... a sistema de agua domestica.docx	Inspección	Sistema de agua domestica			MEC-AR-051	
65		MEC-PR-052	Inspección y cambio de empelen a bomba de agua d	Montaje/Desmontaje	Sistema de agua domestica			MEC-AR-052	
66		MEC-PR-053	Cambio de válvula de admisión de compresor de frenos	(Des)Montaje	Compresores de freno	Correctivo		MEC-AR-053	MEC-BE-039
67		MEC-PR-054	Mant... a generadores diesel.docx	Inspección	Generadores Diésel			MEC-AR-054	
68		MEC-PR-054	Mant... a la planta de emergencia de presa Cortal	Inspección	Generadores Diésel			MEC-AR-054	
69		MEC-PR-055	Mant... a Sistema de Lubricación de Cojinetes de	Inspección	HPU			MEC-AR-055	MEC-BE-045
70		MEC-PR-056	Tanque de abastecimiento de agua.docx	Inspección	Tanque de abastecimiento			MEC-AR-056	
71		MEC-PR-057	Desmontaje de motor de Compresor aire de Servicio	(Des)Montaje	Compresores de servicio	Correctivo		MEC-AR-057	
72		MEC-PR-058	Mant... de 10000 Km al camión Internacional.docx	Varios	Camión Internacional	Correctivo	10,000 km.	MEC-AR-058	
73		MEC-PR-057	Desmontaje Motor de Enfriamiento Compresor Aire S	(Des)Montaje	Compresores de servicio	Correctivo		MEC-AR-059	
74	100000011140	MEC-PR-060	Desmontaje de Tapas de Manjoles de Sifones.docx	(Des)Montaje	Sifón	Prentivo	1Y	MEC-AR-060	MEC-BE-001
75	100000011289	MEC-PR-061	Instalación de plataforma de inspección.docx	(Des)Montaje	Válvula esférica	Prentivo	1Y	MEC-AR-061	Incluido
76	100000010851	MEC-PR-062	Desmontaje de Motor de Bombas de Agua de enfriamiento	(Des)Montaje	Bomba de enfriamiento	Correctivo	-	MEC-AR-062	Incluido
77	100000010660	MEC-PR-063	APLICACIÓN LÍQUIDOS PENETRANTES ANUAL Fotos.docx	Inspección	Podete	Prentivo	1Y	MEC-AR-063	MEC-BE-002
79		MEC-PR-064	Inspección Semanal Unidad de Lubricación Cojinetes	Inspección	HPU			MEC-AR-064	MEC-BE-045
80	100000011285	MEC-PR-065	Inspección Semanal Turbina.docx	Inspección	Turbina	Prentivo	1W	MEC-AR-065	NA
81	100000010996	MEC-PR-066	Inspección sistema de vaciamiento	Inspección	Bomba de vaciamiento	Prentivo	1W	MEC-AR-066	NA
82	100000011295	MEC-PR-067	INSPECCION MENSUAL VALVULA MOTORIZADA C.C.	Inspección	Válvula motorizada	Prentivo	3M	MEC-AR-067	NA
83	100000011006	MEC-PR-068	RISIÓN DE COJINETES ANUAL A BOMBA 1 Y 2 DE DRE	Inspección	Bomba de vaciamiento	Prentivo	1Y	MEC-AR-068	Incluido
84	100000011301	MEC-PR-069	INS MENSUAL DE TUBERIAS Y VALVULAS DE BAY-PASS.do	Inspección	Válvula esférica	Prentivo	6M	MEC-AR-069	Elaborar
85	100000011307	MEC-PR-070	MUESTRA PARA ANALISIS DE ACEITE AL HPU	Inspección	HPU	Prentivo	6M	MEC-AR-070	NA
86		MEC-PR-071	RISION VALVULA DESAIREACION DISTRIBUIDOR UNIDAD	Inspección	Válvula desaireación	Prentivo	6M	MEC-AR-071	Elaborar
87		MEC-PR-072	INSPECCION MENSUAL A COMPRESOR PORTATIL.docx	Inspección	Compresor portátil			MEC-AR-072	
88	100000010660	MEC-PR-073	INSPECCION DE SEGMENTOS DE COJINETES GUÍA GENERAD	Inspección	Cojinete guía	Prentivo	1Y	MEC-AR-073	Elaborar
89		MEC-PR-074	RISION GENERAL BIMESTRAL DE FILTROS HPU.docx	Inspección	HPU			MEC-AR-074	MEC-BE-024
90	100000010660	MEC-PR-075	INSPECCION DE TUBERIAS, VALVULAS, Y INTERCAMBIAD	Inspección	Intercambiador de calor	Prentivo	1Y	MEC-AR-075	MEC-BE-002
91		MEC-PR-076	ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A PLANTA DE EMERGEN		Generadores Diésel			MEC-AR-076	
92		MEC-PR-077	MANTENIMIENTO A GENERADOR DE MAQUINA DE SOLDAR.do	Varios	Soldadora eléctrica			MEC-AR-077	
93		MEC-PR-078	COMPUERTA FLUSHIN DEL RESERVORIO.docx	Inspección	Compuerta flushing			MEC-AR-078	
94	100000010660	MEC-PR-079	RISION DE ANILLOS DE DESGASTE DE LA TURBINA.doc	(Des)Montaje	Turbina			MEC-AR-079	MEC-BE-002
95	100000010969	MEC-PR-080	COMPRESORES DEL SISTEMA DE FRENADO UNIDAD 1 Y 2.d	Varios	Compresores de freno	Prentivo	2M	MEC-AR-080	Incluido
96		MEC-PR-081	Cambio de aceite a vehiculos.docx	lubricación	Vehiculos	Prentivo	10,000 km.		
97		MEC-PR-082	Cambio de rotulas a Toyota Hi-lux 2009.docx	Montaje/Desmontaje	Hilux 2009	Correctivo		MEC-AR-082	

Continuación del apéndice A.

98	MEC-PR-083	Mant planta de iluminación.docx	Lubricación	Generadores Diésel	Prentivo	500 h	MEC-AR-083	
99	MEC-PR-084	Manejo de SAP Global Produccion para mantenimientos mecánicos	No aplica	No aplica			No aplica	
100	MEC-PR-085	Crear avisos SAP.docx	No aplica	No aplica			No aplica	
101	MEC-PR-086	Desmontaje cojinete guía de turbina	(Des)Montaje	Cojinete guía	Correctivo		MEC-BE-002	
102	MEC-PR-087	Desmontaje del sello del eje.docx	(Des)Montaje	Sello del eje	Correctivo		MEC-BE-002	
103	100000010660	Limpieza de placas de intercambiador de calor del sistema de lubricación	Inspección	Intercambiador de calor	Prentivo	1Y	MEC-AR-088	Elaborar
104	MEC-PR-088	MAINTENIMIENTO DE 500 HRS PARA LA MOTONIVELADORA	Varios	Motoniveladora	Prentivo	500 h	MEC-AR-090	Incluido
105	MEC-PR-090	Cambio de mangueras GVH	(Des)Montaje	HPU	Correctivo			
106	MEC-PR-091	CAMBIO DE ZAPATAS DE FRENOS TRACEROS TOYOTA-2014.docx	(Des)Montaje	Hilux	Prentivo			
107	MEC-PR-092	MEDICION E INSPECCION ANUAL A IMPULSOR DE BOMBAS CC.AA Y CC.CC.d	Inspección	Bombas CC, CA y Sello del eje	Prentivo		Elaborar	
108	MEC-PR-093	Cambio de filtro de HPU's.doc	(Des)Montaje	HPU	Correctivo		MEC-BE-024	
109	MEC-PR-094	cambio de empañen a bomba	(Des)Montaje	Bombas de agua domestica	Correctivo		MEC-AR-094	Elaborar
110	MEC-PR-095	MONTAJE U211. Montaje de rotor	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
111	MEC-PR-096	MONTAJE U212. Montaje de cruceta	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
112	MEC-PR-097	MONTAJE U213. Montaje de escora	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
113	MEC-PR-098	MONTAJE U214. Centrado y alineación del eje	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
114	MEC-PR-099	MONTAJE U215. Acoplamiento del eje del rotor y de la turbina	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
115	MEC-PR-100	MONTAJE U216. Inspección de anillo rozante superior	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
116	MEC-PR-101	MONTAJE U217. Montaje de cojinete guía superior generador	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
117	MEC-PR-102	MONTAJE U218. Montaje de cojinete guía inferior generador	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
118	MEC-PR-103	MONTAJE U219. Montaje de guías de aire	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
119	MEC-PR-104	MONTAJE U211. Montaje de guías de aire	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				
120	MEC-PR-105	MONTAJE U213. Montaje de accesorios	(Des)Montaje	Unidad 1 Y 2				

Fuente: elaboración propia.



## Apéndice B. Lista de herramientas del Departamento Mecánico

ESPECIFICACIONES	MODELO	ESPECIFICACIONES	MODELO
Caja porta herramienta Metálica 19x7x7 Pulg.	STANLEY 92-019	Juego de llaves de golpe de corona milimétricas (55, 65, 75)	STELL
Llave ajustable cromada, de 8"	STANLEY 87-432	Llave de golpe de corona en mm 46	VANADIUM NO. 306
Llave ajustable cromada, de 12"	STANLEY 54-190	Reloj comparador de 0 a 100 mm, precisión 0.01mm con base magnetica.	JEWELS
Llave ajustable, de 06" color negro.	STANLEY 89-045	Micrometro para exteriores, desde 0 a 25 MM 0.01MM	Mitutoyo
Llave ajustable de 24" con protector plastico color amarillo.	STANLEY	Micrometro para exteriores, desde 25 a 50 MM 0.01MM	Mitutoyo
Llave ajustable de 18" con protector plastico color amarillo.	STANLEY	Micrometro para exteriores, desde 50 a 75 MM 0.01MM	Mitutoyo
Martillo de bola de 32 onzas	STANLEY 54-193	Micrometro para exteriores, desde 75 a 100 MM 0.01MM	Mitutoyo
Martillo de bola de 12 onzas	STANLEY 54-190	Micrometro para exteriores, desde 100 a 125 MM 0.01MM	Mitutoyo
Martillo de bola de 16 onzas	STANLEY 54-191	micrometro de profundidad de 0.01 a 25mm	SERIE 013537
Martillo de bola de 32 onzas con mango pintado de rojo.	GEDEORE 800	Micrometro tubular de interiores (de vastago fijo)	SERIE 133
Martillo de golpe pequeño para mecánico DIN 1041300	S/ID	Nivel de precision 0.02/10000	SERIE 5739/15019 4
Martillo de goma de 20 onzas	STANLEY 57-523	Linternas para casco LED	Sportsman
Martillo de goma de 13 onzas	STANLEY 57-516	FILTRADORA DE ACEITE MOVIL + ACCESORIOS	10MF405A 10C1X8530 06
Juego de llaves (14 Piezas) cola-corona de 10mm a 32mm	STANLEY 86-082	S/ID	S/ID
Juego de llaves (14 piezas) cola-corona de 3/8" a 1-1/4"	STANLEY 86-070	Juego de brocas de 21 piezas en cobalto	N/A
Linternas portátiles de baterías	MAG LITE AA	Torquímetro de clic rango 135.6-813.5 Nm, raíz de 3/4"	No. 383208
Linternas portátiles de baterías	MAG LITE AA	Torquímetro de clic rango 67.8-339 Nm, raíz de 1/2"	No.383245
Copa de impacto 48 MM.	16M48L	Torquimetro de aguja de rango de 0-800 Nm raíz de 3/4"	No. 9331
Cinta métrica de 50 metros de largo	STANLEY 34-263	Torquimetro de aguja de rango de 0-200 Nm raíz de 1/2"	No. 17740

Continuación de apéndice B.

Flexómetro de 5 metros(cinta metrica)	STANLEY 30-615	Juego de eslingas de 20 toneladas tipo faja.	S/ID
Flexómetro de 8 metros (cinta metrica)	STANLEY 30-626	Juego de eslingas de 12 toneladas tipo faja.	S/ID
Cinta metrica de 3 mts.	STARRET	Juego de eslingas de 10 toneladas tipo faja.	S/ID
Alicate de presión de 10"	STANLEY 84-369	Juego de eslingas de 06 toneladas tipo faja.	S/ID
Alicate de presión de 12"	LARGE JAW 12LC	Aspiradora Industrial de 16 Galones seco/mojado acero inoxidable 6.5 HP	WD1956
Alicate de presión de 7"	STANLEY 84-368	Barreno de pedestal 5/8" 5' de altura	ZJQ5125
Nivel imantado de 24"	STANLEY 43-525	Bomba Manual de acero de dos etapas presión de 700 Bar + Adaptador, manometro y Manguera	P-801
Nivel imantado de 24"	STANLEY 43-526	Calibrador de hojas Milimetricas	#000TL
Nivel imantado de 7"	STANLEY 42-264	Cilindro Hidraulico de 10 Toneladas	RSM-100
Set de Estetoscopio mecánico	STANLEY 79-038	Cilindro Hidraulico de 15 Toneladas	RC-151
Sacabocado de 10mm	KORFF&HONSBURG REMSCHIED	Cilindro Hidraulico de 50 Toneladas	RC-502
Sacabocado de 13mm	KORFF&HONSBURG	Compresor horizontal 3 HP 100 litros 2238W	Z/0.30/8
Sacabocado de 14mm	KORFF&HONSBURG	Detector de Gases	ACTAIR 4X
Sacabocado de 16mm	KORFF&HONSBURG	Elevador Hidraulico para vehiculos	CRZ13F 0190
Sacabocado de 20mm	KORFF&HONSBURG	Escalera de Aluminio Industrial extensible 10' - 20' 6.0M	S/ID
Sacabocado de 25mm	KORFF&HONSBURG	Escalera de Aluminio Industrial extensible 20' - 40' 12.0M	S/ID
Sacabocado de 30mm	KORFF&HONSBURG	Escalera de Aluminio Industrial Tipo A 07' 2.1M	S/ID
Sacabocado de 38mm	KORFF&HONSBURG	Escalera de Aluminio Industrial Tipo A 12' 3.6M	S/ID
Sacabocado de 6mm	KORFF&HONSBURG	Falsa Escuadra de 12"	S/ID
Sacabocado de 8mm	KORFF&HONSBURG	Falsa Escuadra de 06"	S/ID
Set de brocas extractoras de tornillos de 5 piezas	STANLEY 78-023	Gato Hidraulico de 50 Toneladas	MG-50
Juego de desatornilladores de 4 piezas con cabeza tipo torx.	STANLEY 69-173	Medidor de vibraciones portatil, Incluye: Acelerometro TRIAXIAL TEDS, soporte magnetico para el acelerometro, cable de desconexión rápida del acelerómetro, cable de desconexión rápida del acelerómetro, tacómetro láser y bolsa de almacenamiento y juego de bate	FLUKE- 810
Lima cuadrada fina 8 x 5/16"	S/ID	Mini Esmeriladora neumatica angular 1/4"	TPN-875

Continuación de apéndice B.

Lima media caña fina de 8 x 3/4"	S/ID	Mini Esmeriladora neumatica recta 1/4"	TPN-875
Lima plana fina de 8 x 3/4"	S/ID	Mini Esmeriladora neumatica recta 1/4"	TPN-876
Lima triangular 9 x 9/16"	S/ID	Garrucha 200x3S	S/ID
Limaton fino 8 x 5/16"	S/ID	Yunque	S/ID
Llave Stillson de 10"	STANLEY 87-622	Triqueck Hidraulico tipo Lagarto	38328
Llave Stillson de 12"	STANLEY 87-623	Recogedor magnetico telescopico	Racing 78-021
Llave Stillson de 14"	STANLEY 87-624	Recogedor magnetico telescopico	Racing 78-022
Llave Stillson de 18"	STANLEY 87-625	Juego de llaves allen en mm de diferente medida 19 piezas.(Voith)	
Llave Stillson de 24"	STANLEY 87-626	Maneral raiz de 1"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No. 2187
Llave Stillson de 48"	RIGID 31040	Maneral raiz de 1/2"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No. 1987
Llave Stillson de 60"	RIGID 31045	Maneral raiz de 3/4"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No. 3287
Llave Stillson de 8"	STANLEY 87-621	Extension Raiz de 1/2"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No. 1990-5
52X288 AMERICA AKO	52X288	Extension Raiz de 3/4"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No.3290-8
Pinza saca seguro exterior recta 7"	STANLEY 84-271	Extension Raiz de 1"(Voith)	GEDORE - VANADIUM No.2190-8
Pinza saca seguro exterior recta 7"	STANLEY 84-272	Raiz de 1"(Voith)	GEDORE No. 2193U-3
Pinza saca seguro exterior recta 7"	STANLEY 84-273	Raiz de 3/4(Voith)	GEDORE - VANADIUM No.3293
Pinza saca seguro exterior recta 7"	STANLEY 84-274	Alicate para electricista (Voith)	Verttrich BODMANN
Pinza miniatura punta chata 4"	STANLEY 84-122	Desarmador Plano 1.6x10x250xDin Mango azul (Voith)	GEDORE.
Juego de cinceles de varias medidas 3/8", 5/8", 1/2, 3/4" y 1/4"	STANLEY 16-326	Llave de cadena	C-12
Remachadora para trabajo pesado profesional	STANLEY 69-800	Llave de cadena 8" 220 mm	8" 22mm
Escuadras de carpintero de acero de 24" x 16"	STANLEY 45-600	Llave Stillson de 14"	No. 227-14
Marcador golpe alfabético de 4 mm	S/ID	Llave Stillson de 14"	No. 227-15
Marcador golpe numerico de 5 mm	S/ID	Llave Stillson de 14"	No. 227-16

Continuación apéndice B.

Juego de llave Allen con medidas de 1.5 a 10mm	STANLEY 69-253	Llave ajustable de 12"	Profesional 95-612
Calibrador vernier de 6 pulgadas		Tijera de lamina de 10"	10"
Grillete de 1". 2000 Kg	S/ID	Llave de doble cola 30 y 32 mm	GEDORE VANADIUM No. 6
Grillete de 1/2" 500 Kg	S/ID	Llave de doble cola 36 y 41 mm	GEDORE VANADIUM No. 6
Grillete de 1/4" 100 Kg	S/ID	Llave de doble cola Workmaster 27 y 32mm	82-077
Grillete de 5/16" 200 Kg	S/ID	Llave de doble corona Belzer 12 y 13 mm	BELZER CrV
Grillete de 5/8" 800 Kg	S/ID	Llave de doble cola Gedore 13 y 15 mm	GEDORE VANADIUM No. 6
Grillete de 3/8" 300 Kg	S/ID	Llave de doble cola Workmaster 16 y 17 mm	86-827
Juego de machuelos M10	SKC 801/M10	Llave de doble cola 18 y 19	BELZER CrV
Juego de machuelos M12	SKC 801/M12	Belzer 36 y 41mm	BELZER CrV
Juego de machuelos M3	SKC 801/M3	Gedore 10 y 11mm	GEDORE VANADIUM No.2
Juego de machuelos M4	SKC 801/M4	Belzer 20 y 22mm	BELZER CrV
Juego de machuelos M5	SKC 801/M5	Belzer 17 y 19mm	GEDORE VANADIUM No.2
Juego de machuelos M6	SKC 801/M6	Gedore 24 y 27	GEDORE VANADIUM No.2
Juego de machuelos M7	SKC 801/M7	Llave de doble corona 30 y 32 mm	AAEI3032
Juego de machuelos M8	SKC 801/M8	Desarmador Plano 1.6x06x250xDin Mango azul (Voith)	GEDORE.
Juego de tarrajas M3-M12 VERMONT AMERICAN 40PZ.	STANLEY 21749	Desarmador plano 1.6x10x200xDin Mango verde.	BELZER CrV
Extractor cojinetes de 3 patas de 6"	STANLEY 82-102	Dispositivo para toma de presión de acumuladores de presión	HYDAC.
Juego de cinchos tensores tipo ratch 1" x 16' DE COLOR AZUL	KINEDYNE	Nivel de precisión digital	S/N 13062292
Juego de copas en mm. Con de raíz de 1/2, (10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-30-32) con maneral, extensiones y rach.	STANLEY 86-504	Compas para mediciones interiores y exteriores.	S/ID

Continuación de la apéndice B.

Arco de sierra ajustable	STANLEY 15-555	Juego de destornilladores de 14 pz con mango de rach (voith)	GENIUS
Barreta Matco aceradas de 1" y 6' de largo	MATCO	Desvastadora DREMEL con accesorios	DREMEL 4000
Barreta Matco aceradas de 1" y 6' de largo	MATCO	Multiplicador de Torque 173 ft.lbs.	6232
Juego de 12 llaves Allen en pulgadas de 1/16 a 3/8	STANLEY 69-257	Juego de copas mm 21 pz raiz de 3/4" (Voith)	
Calibrador tipo hoja (metrico)	20 BLADE 002-035	Juego de tarrajas de completa de 8 pz.	9953290
Calibrador tipo hoja de roscas (metrico)	4to42V Thread	Extractor cojinetes de 3 patas con mango para golpear	K-D 2256
Tijera de cortar lamina de 10"	STANLEY 14-556	Copa de impacto 50 MM	CR-MO
Tijera de cortar lamina de 12"	STANLEY 14-558	copa de impacto de 48 MM	16M48L
Aceitera manual con embase metálico de 350ml.	PRESSOL 05224	Juego de copas 75, 65, 55, 46, 36, 30 y 24 mm raiz de 3/4 (Voith)	GEDORE VANADIUM
Pistola para flushing	GATX DG-10	Juego de copas 19, 17, 13, 10 mm (Voith)	BELZER CrV
Corta tubo de 1/8" a 2"	SUPER EGO 701-0200	Cinzel 6x125 (Voith)	No. 353-6
Corta tubo de 2" a 4"	SUPER EGO 710-0400	Cinzel de 6" cromado (Voith)	No. 352-15 WD
Alicate pico de loro de 10"	STANLEY 84110	Punzon sacapines 5mm azul. (Voith)	Pro-Vanadium.
Espejos para inspección con maneral.	STANLEY 92-642	Punzon sacapines cromado. (Voith)	No. 351-4
Máquina de soldar con accesorios.	LINCOLN AC/DC-225/125	Punzon sacapines (Voith)	Chrome-Vanadium.
Amoladora electrica Angular para disco de 4-1/2"	BOSCH GWS 6-115	Punzon de centro CHR-V (Voith)	CHR-V
Amoladora Electrica Angular para disco de 9"	BOSCH GWS 24-230 JBX	Punzon de centro azul (Voith)	No. 350-4
Manguera para agua 3/4" 100'	KELOS	Juego de alicates sacaseguros 4 piezas.	S/ID
Juego de 10 destornilladores varias en medidas planos y Phillips	STANLEY 69-172	Medidor de flujo completo	TDS 100 H.
Sargento tipo "C" de 4"	STANLEY IB83-504	Juego de llaves cola corona en mm de 14 piezas (Voith)	96-082
Sargento tipo "C" de 6"	STANLEY IB83-506	Juego de llaves cola corona en mm de 14 piezas (Voith)	96-083
Sargento tipo "C" de 8"	STANLEY IB83-508	Juego de llaves cola corona en mm de 14 piezas (Voith)	96-084
Sargento tipo "C" de 8"	STANLEY IB83-509	juego de llaves allen en mm de 09 piezas (Voith)	S/ID

Continuación de apéndice B.

Sargento tipo "C" de 8"	STANLEY IB83-510	Juego de copas largas raiz de 3/8" en mm 19 piezas.	S/ID
Punzon de centro 1/2 x 6"	STANLEY 16-325	Juego de copas largas raiz de 3/8" en mm 16 piezas.	S/ID
Punzon de centro 1/4 x 4"	STANLEY 16-227	Lamparas de mano recargables tipo led	No. R19 LED 110 VF
Punzon de centro 3/8 x 5"	STANLEY 16-323	Dobladora de tubo de 1/2 a 2" 5 piezas.	SERIE No. 7962
Almaganas de 10 lbs.		Amoladora electrica Angular para disco de 4-1/2"	GA4530 SER. No.6090 K
Almaganas de 12 lbs.		Amoladora electrica Angular para disco de 9"	GA9040S SER.3055A
Barreno de percusion de 1/2	BOSCH GBS 20-2RE	Desvastadora electrica 1/4"	GD0800C
Barreno de percusion de 5/8	BOSCH GSB 90-2 E	Equipo completo de oxicorte con bolso.	S/ID
Separador de cojinetes con rango de 75 a 100 mm.	STANLEY 94-834	Prensa Hidraulica de 50 Toneladas	KPD-50N
Pistola para aplicar silicone caliente en barra	STANLEY GR20	Prensa de banco de 6" con mordaza para tubo	S/ID
Mica de cadena 11/2 tonelada	SERIE B236 7 VA	Prensa de banco de 10" con mordaza para tubo	S/ID
Mica de cadena 11/2 tonelada	SERIE B236 8 VA	Horno portatil para calentamiento de electrodo marca	PE-2
Mica de cadena 06 toneladas	SERIE 07045250	Prensa de banco de color negro giratoria.	S/ID
Mica de cadena 06 toneladas	SERIE 61214669	Martillo de goma (Voith)	S/ID
Polipastro manual de capacidad de 2 toneladas.	SERIE 071229230	Torquimetro de clic raiz de 1/2 rango de 20.3 a 115 NM.	6008CX
Polipastro manual de capacidad de 2 toneladas.	SERIE 070205179	Pistola de Impacto raiz de 1/2"	CP734H
Polipastro manual de capacidad de 3 toneladas	SERIE 091019346	Pistola de Impacto raiz de 3/4"	CP772H
Polipastro manual de capacidad de 3 toneladas	SERIE 100924398	Pistola para aplicar pintura	S/ID
Polipastro manual de capacidad de 5 toneladas	SERIE 100924444	Mini Esmeriladora neumatica recta con estuche y 1/4" (Voith)	S/ID
Polipastro manual de capacidad de 5 toneladas	SERIE 100924398	Pistola para flushing	S/ID
Engrasadora manual	PRESSOL	Llave para sacar filtros de tres patas.	S/ID

Continuación de la apéndice B.

Juego de copas raiz de 3/4 diferentes medidas 16 pz.	HEYCO.	Pistola para aplicar silicone en cartucho color verde	S/ID
Alicate industrial para mecánico de 9"	GENIUS 551009	Pistola para aplicar silicone en cartucho color verde	S/ID
Llave de golpe de corona en pulgadas de 2 3/4"	WILLIAMS 8816W	Mica de cadena entregada por VOITH	S/ID
Juego de llaves de golpe de corona milimétricas (65, 60, 50, 46, 41, 36, 32,)	CRHROME-MOLYBDENUM	Polipastro manual capacidad de 1.5 ton. (SARET)	S/ID

Fuente: elaboración propia.



# ANEXOS

## Anexo 1. Formato ejemplar de manual de procedimiento de mantenimiento.

	Instructivo: MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 1 / 6
	<b>INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.</b>			

**01. ALCANCE**

El presente procedimiento aplica a pista de frenado de las unidades uno y dos de la planta hidroeléctrica PALO VIEJO. Este se realiza como parte del mantenimiento mayor del generador.

**02. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS**

**Gatos:** Cilindro para empujar pesos, transmitiendo el movimiento axialmente mediante presión hidráulica o neumática.

El sistema de frenado del generador es, en concepto, parecido al de los vehículos convencionales. En la base del rotor hay una pista de frenado viendo hacia abajo (equivalente a un disco de freno común) y al ser accionado 4 zapatas presionan el disco hasta parar.

**03. CÓDIGO Y NOMBRE DE TAREA**

Código	Nombre de la tarea	Frecuencia
100000010660	Mantenimiento mayor a generador u1	6M
100000010664	Mantenimiento mayor a generador u2	6M

**04. CÓDIGO DE EQUIPO Y UBICACIÓN TÉCNICA**

Equipo	Código	Ubicación
GENERADOR U1	130000000000004446	GTH-LG05-U1-ME-10
GENERADOR U2	130000000000004481	GTH-LG05-U2-ME-10

**05. HERRAMIENTA**

1) Vernier y metro	<input type="checkbox"/>
2) Graseadora portátil.	<input type="checkbox"/>
3) Manguera de aire de servicio.	<input type="checkbox"/>
4) Despachador tipo pistola.	<input type="checkbox"/>
5) Extensión con foco para iluminación.	<input type="checkbox"/>
6) Linterna.	<input type="checkbox"/>

**06. MATERIALES**

1) Wipe	<input type="checkbox"/>
2) Grasa multifak EP2	<input type="checkbox"/>

**07. ASPECTOS AMBIENTALES**

AMBIENTAL		
Aspectos	Impactos	Mitigación

Elaborado por: Staff	Revisado por: Fredy Fernández	Aprobado por: Guillermo Rivera
----------------------	-------------------------------	--------------------------------

Continuación del anexo 1.

	<b>Instructivo:</b> MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 2 / 6
	<b>INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.</b>			

Generación de residuos peligrosos provenientes de las actividades de limpieza en maquinaria.	Alteración en la calidad del agua; Alteración en la calidad del suelo.	Utilización de sustancias biodegradables; Optimización y reutilización en el uso de insumos de limpieza; Manejo adecuado de residuos peligrosos; Kit de control para derrames.
Generación de desechos sólidos y grasas no biodegradables	Daños al ecosistema.	Limpiar los desechos sólidos con aceite sintético con bio-circle antes de ser desechados en su contenedor correspondiente.

**08. ASPECTOS DE SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL**

No. Paso	Equipo de Seguridad (OBLIGATORIO)	
1)	Botas de protección (antideslizantes con protección dieléctrica y contra impactos). Con lámpara.	<input type="checkbox"/>
2)	Casco (Tipo 1 Clase E & G) con protectores anatómicos auditivos	<input type="checkbox"/>
3)	Lentes (anti ralladuras y anti empaño).	<input type="checkbox"/>
4)	Guantes de protección de piel delgada y/o de PVC para manejo de químicos.	<input type="checkbox"/>

No. Paso	Instructivo de Seguridad	
1)	Imprimir la orden de trabajo, el permiso de trabajo y AST.	<input type="checkbox"/>
2)	Solicitar firma a la persona responsable de autorizar la orden y permiso. No se deberá ejecutar ninguna tarea sin la previa autorización.	<input type="checkbox"/>
3)	Solicitar la liberación del permiso de trabajo al operador de sala de mando y al iniciar y terminar el mantenimiento comuníquese al Operador de Sala de Mando por cualquier medio.	<input type="checkbox"/>
4)	Llenar el AST en el sitio.	<input type="checkbox"/>
5)	Ejecutar el procedimiento de bloqueo y etiquetado eléctrico correspondiente al equipo a trabajar.	<input type="checkbox"/>
6)	Como medida preventiva tomar nota de todas las herramientas antes de entrar y re contar al salir fuera del área de trabajo, para evitar que caigan accidentalmente en el área de trabajo y queden olvidados.	<input type="checkbox"/>

**09. RESPONSABLE**

**Supervisor de Mantenimiento:**  
Responsable de programar y supervisar la actividad de mantenimiento.

**Técnico Mecánico:**  
Responsable de llevar a cabo la actividad de mantenimiento.

**Auxiliar Mecánico:**  
Apoyo al responsable de llevar a cabo la actividad de mantenimiento.

**Operador de Cuarto de Control:**  
Responsable de la liberación del permiso.

Elaborado por: Staff	Revisado por: Fredy Fernández	Aprobado por: Guillermo Rivera
----------------------	-------------------------------	--------------------------------

Continuación del anexo 1.

		Instructivo: MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 3 / 6
INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.					
<b>10. ACTIVIDAD</b>					
No. Paso	Actividad				
1)	Comunicarse con el operador del cuarto de control para desbloquear el panel del CO 2 para desbloquear el sistema contra incendio.				<input type="checkbox"/>
2)	Abrir la puerta para ingresar al generador. Después de entrar sobre el piso hay una parrilla de metal a deslizar para ingresar a la cámara inferior del generador.				<input type="checkbox"/>
3)	Desmontaje de protectores de metal para ingresar a la pista de frenado llaves cola corona de 19mm copas 19mm maneral tipo Ratchet con extensión corta.				<input type="checkbox"/>
Elaborado por: Staff		Revisado por: Fredy Fernández		Aprobado por: Guillermo Rivera	

Continuación del anexo 1.

		Instructivo: MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 4 /6	
INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.						
4)	Desmontaje de manguera de 3" de extractores de polvo con desarmador plano y corto.					<input type="checkbox"/>
5)	<p>Verificar con linterna si existen rayones o manchas por existencia de demasiada fricción en la superficie de los segmentos de pista de frenado.</p> <p>Limpiar e inspeccionar orificios y ranuras de tornillos de sujeción de los segmentos de la pista. Verificar que los segmentos no tengan deformidades o no se encuentren astillados.</p>					<input type="checkbox"/>
Elaborado por: Staff		Revisado por: Fredy Fernández		Aprobado por: Guillermo Rivera		

Continuación del anexo 1.

		Instructivo: MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 5 /6
INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.					
6)	Revisar o comparar las medidas de las zapatas (pastillas), estas deben estar en promedio entre 20 y 15 milímetros de espesor.				<input type="checkbox"/>
7)	Engrasar gatos. Limpiar sobrantes de grasa alrededor de los gatos neumáticos.				<input type="checkbox"/>
8)	Verificar acoples de conexión neumática que conduce la presión hacia los gatos.				<input type="checkbox"/>
9)	Limpiar los segmentos de frenado, utilizar aire comprimido para eliminar los residuos que puedan afectar la superficie.				<input type="checkbox"/>
10)	Al terminar realizar el montaje de los protectores de metal y realizar los desbloques correspondientes. <b>IMPORTANTE:</b> verificar que ninguna herramienta se haya quedado dentro del área de trabajo.				<input type="checkbox"/>
Elaborado por: Staff		Revisado por: Fredy Fernández		Aprobado por: Guillermo Rivera	

Continuación del anexo 1.

	<b>Instructivo:</b> MEC-PR-042	Versión: 2	Fecha: 22/02/2015	Pág. 6 /6
	<b>INSPECCIÓN DE PISTA DE FRENADO DE UNIDADES 1 Y 2.</b>			

**11. VALIDACIÓN**

	Encargado de área	Verificadores SSOA		Aprobador
<b>Fecha</b>				
<b>Nombre</b>	Guillermo Rivera	Jorge Ibáñez	Gustavo Díaz	Luis Grajeda
<b>Cargo</b>	Supervisor mecánico	Supervisor de SSO	Supervisor de ambiente	Gerente de planta
<b>Correo Electrónico</b>	<a href="mailto:Guillermo.rivera@enel.com">Guillermo.rivera@enel.com</a>	<a href="mailto:jorge.ibanez@enel.com">jorge.ibanez@enel.com</a>	<a href="mailto:gustavo.diaz@enel.com">gustavo.diaz@enel.com</a>	<a href="mailto:luis.grajeda@enel.com">luis.grajeda@enel.com</a>
<b>Firma</b>				

Elaborado por: Staff	Revisado por: Fredy Fernandez	Aprobado por: Guillermo Rivera
----------------------	-------------------------------	--------------------------------

Fuente: Enel Green Power.

Anexo 2. **Planes de mantenimiento cargados a sistema SAP PM**

**PLANTA HIDROELÉCTRICA PALO VIEJO**  
**MÓDULO SAP PM**

Objetos Técnicos Cargados al Módulo SAP PM - Guatemala

Planta	Ubicaciones Técnicas	Equipos	Planes de Mantenimiento	Hojas de Ruta
Palo Viejo	334	764	1093	528
Total	334	764	1093	528

Tabla 3—3 Objetos técnicos cargados a SAP PM.

Fuente: Enel Green Power.

Anexo 3. **Listado de herramientas del departamento de mantenimiento mecánico.**



china-oil-purifier-en-made-in-china.com  
2018/04/18 10

### Exportación Tya aceite lubricante Purificador, el aceite hidráulico Planta de Filtración, Chino Producto famoso de la marca

[Conseguir Precio Último](#)  
 1 Pieza  
 FOB, CFR, CIF  
 LC, TT  
 zhongneng

✉ **Contacta Ahora**

Exportación Tya aceite lubricante Purificador, el aceite hidráulico Planta de Filtración, Chino Producto famoso de la marca

Compartir: [+](#) [f](#) [t](#) [v](#)

#### Detalles de Producto

**Información Básica**

No. de Modelo: TYA

**Información Adicional**

Marca: Zhongneng  
 Estándar: CE, ISO9001:2000, CCC  
 Código del HS: 84212990

Embalaje: Wooden Case  
 Origen: Chongqing, China  
 Capacidad de Producción: 300 Set/Month

#### Tal vez también le guste



Fluidos Filtración de aceite de la

#### Perfil de Proveedor

**Chongqing Zhongneng Oil Purifier Manufacture Co., Ltd.**  
 Audited Supplier  
 Chongqing China

**Tipo de Negocio:** Empresa Comercial  
**Servicio de OEM/ODM:** Si

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mecánico, Hidroeléctrica Palo Viejo.

## **Ficha técnica 1: regenerador de aceite hidráulico**

### **APLICACIÓN:**

serie de vacío U TYA purificador de aceite lubricante se aplica para recuperar y purificar varios de alta precisión aceite lubricante, aceite hidráulico, tal como aceite de motor, aceite mecánico, aceite refrigerante, aceite del engranaje, el calor aceite de tratamiento y así sucesivamente

U Esta máquina puede ayunar des gasificar, deshidratar, y eliminar la impureza y la materia volátil (por ejemplo alcohol etílico, gasolina, amoniaco y así sucesivamente). Se mejora la calidad del aceite, restaura la viscosidad del aceite lubricante, aumenta el punto de inflamación y mejora el rendimiento operativo. Se puede garantizar que el aceite en el sistema hidráulico, sistema de dinámica y el funcionamiento normal del sistema de lubricación, por lo que la máquina es juego para muchas líneas, como la mina, metalurgia, energía eléctrica, transporte, fabrica y así sucesivamente.

### **CARACTERÍSTICAS:**

1. Con el fuerte filtrar la impureza, que puede filtrar las partículas completamente.
2. Tiene el sistema de retro lavado, que puede limpiar las impurezas de forma automática.
3. Dispositivo de condensación dieléctrica avanzada

4. máquina se instala el nuevo protector de la presión, que puede controlar la temperatura de forma automática; También puede drenar el agua en la línea por el dispositivo waterseparator. Por lo tanto, es fácil de controlar esta máquina
5. Adoptamos los materiales de filtración de alta calidad, que tiene una buena función en anti-corrosivo, termoestable, resistencia mecánica. Especialmente, la precisión de elimina impurezas es alta y la vida útil es larga. Además, tiene un gran volumen para el almacenamiento de las impurezas
6. El des gasificar únicas y de water sistema: Uso del estéreo-evaporación técnica, que puede separar el agua y el gas del aceite rápidamente por la tecnología de separación de agua-aceite de niveles múltiples.

#### VENTAJAS:

- 1 El purificador puede eliminar eficazmente las escamas de hierro, polvo, impurezas, agua y la sustancia orgánica contenida en el aceite de desecho, así como ácido orgánico e inorgánico, lo que permite la recuperación del rendimiento de aceite lubricante
- 2 Tiene una fuerte capacidad des emulsionante, lo que podría separar la gran cantidad de agua del aceite y la cantidad mínima de agua del aceite.
- 3 Tiene una fuerte capacidad de eliminación de impurezas debido a aplicaciones especiales materiales de filtración que aumentan la superficie de filtración y precisión. Su área e intensivos grandes materiales de filtración de precisión pueden eliminar las pequeñas partículas en el aceite mientras que la función de lavado limpia

automáticamente la gran cantidad de suciedad en el filtro, que actúa como un dispositivo de limpieza para el sistema, por lo tanto el aceite seriamente contaminada puede ser devuelto a la una especificación bajo contro

- 4 Se aplica el reactivo filtro-ayuda especial, sobre todo en forma de aceite de alta viscosidad del lubricante, el aceite de la máquina de congelación, aceite hidráulico y aceite de engranajes.

Nos Chongqing Zhongneng purificador de aceite Co., Ltd garantiza que los bienes en cuestión se preparan en 10 ~ 15 días laborables después de que recibimos el pago por adelantado del 30% de acuerdo con el valor del contrato de venta. Le informaremos al cliente para inspeccionar la mercancía en nuestra fábrica cuando esté terminado. Y el cliente debe pagar el saldo en 3 días laborables si hay duda después de la inspección. Entonces vamos a organizar la entrega después de confirmado para recibir el pago. Si el cliente no tiene tiempo para venir a inspeccionar, vamos a comprobar la mercancía estrictamente antes de la entrega para asegurarse de que funciona bien.



