



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

**PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL
MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES**

Jorge Mario Juárez Molina

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, mayo de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL
MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JORGE MARIO JUÁREZ MOLINA

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2018

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	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

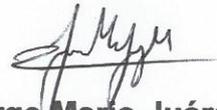
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 14 de marzo de 2017.



Jorge Mario Juárez Molina



Guatemala, 07 de febrero de 2018
REF.EPS.DOC.125.02.18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

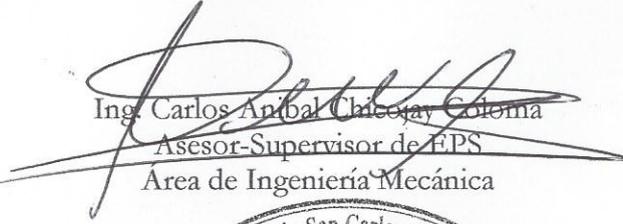
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Jorge Mario Juárez Molina** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201213411, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES.**

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

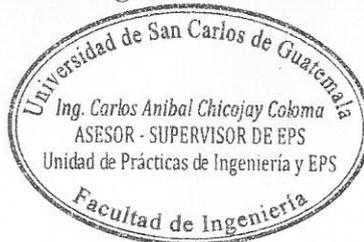
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Area de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 07 de febrero de 2018
REF.EPS.D.45.02.18

Ing. Carlos Roberto Pérez Rodríguez
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

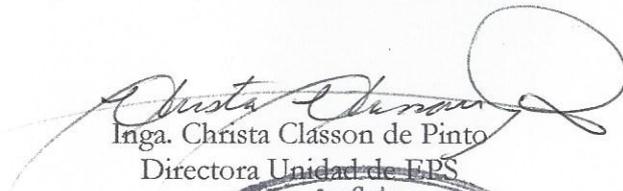
Estimado Ingeniero Pérez Rodríguez:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES.**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Jorge Mario Juárez Molina** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Clásson de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra

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: **PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES** del estudiante **Jorge Mario Juárez Molina, CUI No. 2549366360101, Reg. Académico No. 201213411** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

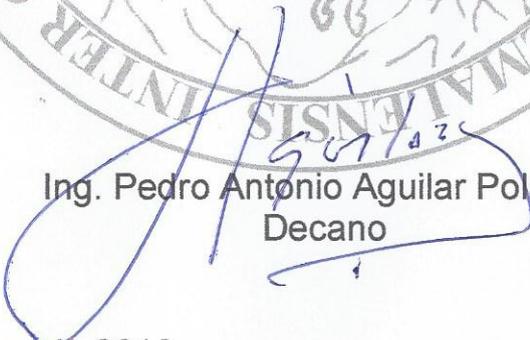
Guatemala, mayo de 2018
/aej

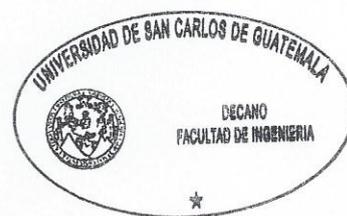




El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE PLAN DE INSTALACIÓN DE UN TALLER PARA EL MANTENIMIENTO DE TURBOCARGADORES AXIALES Y RADIALES**, presentado por el estudiante universitario: **Jorge Mario Juárez Molina**, 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, mayo de 2018

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por siempre estar a mi lado, ser mi guía y darme la sabiduría para lograr este éxito.
Mi madre	Rosa Molina, por su amor y apoyo incondicional a lo largo de mi vida.
Mi hermano	Luis Miguel, por ser una importante influencia en mi carrera, y ser un gran ejemplo.
Mi novia	Paulina Castillo, por todo su amor y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios la cual siempre tuvo las puertas abiertas para ser parte de mi crecimiento intelectual.
Facultad de Ingeniería	Especialmente a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por el conocimiento adquirido a lo largo de la carrera.
Mis amigos de la Facultad	Por el apoyo brindado a lo largo de la carrera y por estar presente en los logros y fracasos conmigo.
Mis compañeros	Abner Aguilar, Luis Soto, Erika Dávila, Moises Herrera y Aristides Abrego, por su gran apoyo y por brindarme conocimiento para llevar a cabo la elaboración de la investigación.
Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma	Por ser mi asesor/supervisor de investigación y brindarme su apoyo y conocimiento para llevar a cabo la elaboración de este informe.

	1.4.1.5.	Puntos de accionamiento de alarma	11
1.4.2.		Descripción general del turbocargador tipo TCR.....	11
	1.4.2.1.	Partes principales en el turbocargador TCR.....	12
	1.4.2.2.	Descripción del funcionamiento.....	15
1.5.		Identificación y descripción de las partes a sufrir desgastes mecánicos	16
	1.5.1.	Partes mecánicas principales que sufren desgastes de los turbocargadores tipo TCA y TCR.....	16
	1.5.2.	Mantenimientos y revisiones en los turbocargadores según horas trabajadas	21
1.6.		Maquinaria a utilizar e instalar en el taller	23
	1.6.1.	Torno	23
	1.6.2.	Soldadura TIG	25
	1.6.3.	Balanceadora	26
	1.6.4.	Tanque de limpieza	27
	1.6.5.	Cámaras de <i>sandblast</i> (chorro de arena).....	27
	1.6.6.	Grúas.....	28
	1.6.7.	Sistema neumático	28
	1.6.7.1.	Producción, acondicionamiento y distribución del aire comprimido esta etapa comprende	28
	1.6.7.2.	Control del aire comprimido.....	29
	1.6.7.3.	Utilización del aire comprimido.....	29
	1.6.7.4.	Parámetros de la herramienta neumática.....	31
	1.6.8.	Bancos de trabajo	32
	1.6.9.	Herramienta variada	32

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	33
2.1.	Características técnicas y físicas de la maquinaria a instalar..	33
2.1.1.	Ubicación de la maquinaria dentro del taller.....	36
2.1.1.1.	Estacionaria.....	36
2.1.1.2.	Diseño de la fuerza eléctrica e iluminación.....	37
2.1.1.3.	Conexiones AC y DC.....	37
2.1.1.4.	Voltaje y amperaje necesitados para el abastecimiento de la maquinaria	40
2.1.1.5.	Cálculo de la intensidad.....	41
2.1.1.6.	Tipo de iluminación.....	42
2.1.1.6.1.	Cálculo del flujo luminoso total necesario en el taller	44
2.1.1.6.2.	Comparación y observación de ahorro energético.....	47
2.1.1.6.3.	Retorno de la inversión	49
2.2.	Ubicación geográfica del taller.....	50
2.3.	Análisis de vibración de la maquinaria	52
2.4.	Cimentación aislada	61
3.	FASE DE DOCENCIA	63
	CONCLUSIONES	67
	RECOMENDACIONES	69
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	APÉNDICES	75

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Turbocargador tipo TCA seccionado.....	6
2.	Placa de tipo de turbocargador	10
3.	Turbocargador tipo TCR seccionado.....	13
4.	Turbinas antes de ser limpiadas	16
5.	Vista más detallada del anillo de tobera de la turbina dañada	17
6.	Anillo de tobera dañada debido al funcionamiento del turbocargador visto desde arriba.....	17
7.	Álabes de la turbina antes de ser limpiados.....	18
8.	Turbina del turbocargador después de limpiarla	18
9.	Anillo de la tobera después de ser limpiada, primera vista	19
10.	Anillo de la tobera después de ser limpiada, segunda vista.....	19
11.	Rueda compresora antes de ser limpiada.....	20
12.	Rueda compresora después de ser limpiada	21
13.	Circuito neumático básico para el uso de herramienta neumática	30
14.	Diseño computarizado de la propuesta de plano para el taller.....	36
15.	Diseño en computadora de la iluminación y fuerza eléctrica del taller	37
16.	Lámpara led y sus dimensiones.....	45
17.	Terreno en venta, km 28, carretera al Pacífico	51
18.	Terreno en venta, mm 37,3 carretera al Pacífico	52
19.	Toma de datos de vibraciones con transductor.....	53
20.	Medición de vibraciones en balanceadora con capacidad de 1 000 kg (lateral de la balanceadora).....	54

21.	Medición de vibraciones en balanceadora con capacidad de 1 000 kg (parte media de la balanceadora)	55
22.	Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg (base perpendicular a la instrumentación)	55
23.	Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg (base perpendicular al mandril)	56
24.	Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg (base del soporte medio del torno)	56
25.	Límites de amplitud de desplazamiento en función de frecuencia de vibración	58
26.	Multiplicador de las formas de las ondas senoidales	60
27.	Foto de presentación de los temas de capacitación	64
28.	Personal instruido con los temas impartidos.....	65

TABLAS

I.	Parámetros de operación del turbocargador TCA	10
II.	Puntos de accionamiento de alarma.....	11
III.	Descripción general de los subconjuntos.....	14
IV.	Cronograma de mantenimiento turbocargador TCA	22
V.	Cronograma de mantenimiento turbocargador TCR	23
VI.	Especificaciones técnicas y físicas del torno	33
VII.	Especificaciones técnicas y físicas de la maquinaria para soldadura TIG.....	34
VIII.	Especificaciones técnicas y físicas de la balanceadora.....	34
IX.	Especificaciones técnicas y físicas del tanque de limpieza	35
X.	Especificaciones de potencia, voltaje amperaje entre otros de la maquinaria	41
XI.	Iluminancias mínimas para locales comerciales e industriales	43

XII.	Tabla de parámetros para la medición de vibración en la maquinaria	57
------	--	----

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
HP	Caballos de fuerza
<i>min</i>⁻¹	Ciclos por minuto
AC	Corriente alterna
CNC	Control numérico computarizado
DC	Corriente directa
Δ	Delta
°C	Grados Celsius
Hz	Hertz
Kgm	Kilogramos por metro
Km/h	Kilómetros por hora
kN	Kilonewton
Kw	Kilovatio
kVA	Kilo voltamperio
Psi	Libras por pulgada cuadrada
Lm	Lumen
Phot	Lúmenes dentro de un área determinada
Lx	Lux
m	Metro
m/s	Metros sobre segundo
mm	Milímetro
mm/s	Milímetros sobre segundo
mV/g	Milivatios sobre gravedad (unidad de medida de sensibilidad)

nm	Nanómetro
Nm	Newtons por metro
Cfm	Pies cúbicos por metro
RPM	Revoluciones por minuto
TIG	Soldadura de gas inerte de tungsteno
TCA	Turbocargador axial
TCR	Turbocargador radial
Bar	Unidad de presión bar
Watts	Vatios

GLOSARIO

- Álabe** Es la paleta curva de una turbo máquina o máquina de fluido roto-dinámica. Forma parte del rodete y, en su caso, también del difusor o del distribuidor. Los álabes desvían el flujo de corriente, bien para la transformación entre energía cinética y energía de presión por el principio de Bernoulli.
- Arandela** Es un disco delgado con un agujero, por lo común en el centro. Normalmente, se utilizan para soportar una carga de apriete. Entre otros usos pueden estar el de espaciador, resorte, dispositivo indicador de precarga y como dispositivo de seguro.
- Carcasa** Se le denomina así a un conjunto de piezas duras y resistentes, que protegen a otras partes de un equipo (componentes internos).
- Cojinete** Es la pieza o conjunto de ellas sobre las que se soporta y gira el árbol transmisor de momento giratorio de una máquina, de acuerdo con el tipo de contacto que exista entre las piezas (deslizamiento o rodadura), el cojinete puede ser un cojinete de deslizamiento o de rodamiento.

Compresor	Es una máquina, cuyo trabajo consiste en incrementar la presión de un fluido. Al contrario que otro tipo de máquinas, el compresor eleva la presión de fluidos compresibles como el aire y todo tipo de gases.
Diagrama	Representación gráfica de las variaciones de un fenómeno o de las relaciones que tienen los elementos o las partes de un conjunto.
Difusor	Es un dispositivo que aumenta la presión de un fluido, el área de entrada de este es menor que el área de salida y por consiguiente la velocidad se disminuye dentro del mismo.
Iluminancia	Medida para la densidad del flujo luminoso.
ISO	Sigla de la expresión inglesa International Organization for Standardization, Organización Internacional de Estandarización.
<i>Jet assist</i>	Asistencia a propulsión.
Led	Diodo emisor de luz, por sus siglas en inglés; <i>light - emitting diode</i> .
MAN	Por sus siglas alemanas, <i>Maschinenfabrik</i> Augsburg-Nürnberg, fabricación de maquinaria de Augsburgo y Nurnberg.

Máquina	Es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular o transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado.
Maquinaria	Se le denomina maquinaria al conjunto de máquinas que se aplican para un mismo fin y al mecanismo que da movimiento a un dispositivo.
OHSAS	Salud ocupacional y series de evaluación de la seguridad.
<i>Overhaul</i>	Revisión general.
Rotor	Es el componente que gira (rota) en una máquina; forma parte del conjunto fundamental para la transmisión de potencia, este permite conectar el compresor con la turbina.
<i>Sandblast</i>	Arenado, granallado o chorreado abrasivo, es la operación de propulsar a alta presión un fluido, que puede ser agua o aire, o una fuerza centrífuga con fuerza abrasiva, contra una superficie para alisarla o eliminar materiales contaminantes.
<i>Wastegate</i>	Válvula de descarga.

RESUMEN

Para iniciar el proyecto del ejercicio profesional supervisado es importante conocer la maquinaria involucrada para el mantenimiento de turbocargadores, a través de manuales, hojas de datos técnicos y diagramas. También, es necesario identificar cuáles son las partes de los turbocargadores que más sufren de desgaste, ya que son estas las partes a las que se les dará mantenimiento en el taller.

Después de identificar la maquinaria involucrada y la forma como trabajan, se procede a establecer su ubicación dentro del taller, el personal asignado para cada máquina y la distribución de la red eléctrica para su abastecimiento e iluminación.

Para finalizar el proyecto del ejercicio profesional supervisado se propondrá un plan de instalación de un taller para mantenimiento de turbocargadores axiales y radiales.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan de instalación de un taller para el mantenimiento de turbocargadores axiales y radiales.

Específicos

1. Determinar el funcionamiento de la maquinaria a instalar según los mantenimientos a realizar en los turbocargadores marca MAN.
2. Proponer un plan de instalación de maquinaria, acondicionamiento del área y ubicación geográfica del taller.
3. Planificar el diseño de la fuerza eléctrica a instalar en el taller para el abastecimiento de la maquinaria, área de oficina e iluminación del taller.
4. Definir y establecer los datos técnicos para la selección de la maquinaria.
5. Definir y establecer los datos técnicos para el acondicionamiento de distribución y ubicación de la maquinaria.
6. Capacitar al personal operativo del taller en seguridad industrial para evitar accidentes.

INTRODUCCIÓN

MAN Diesel & Turbo SE con sede en Augsburg, Alemania, la división de turbocargadores, desarrolla y produce máquinas de última generación que mejoran drásticamente la potencia y la eficiencia de combustible de una amplia gama de motores, incluidos los que sirven a los sistemas de propulsión de buques, plantas de generación eléctrica e instalaciones de tracción ferroviaria.

El soporte al cliente para turbocargadores es vital, MAN Diesel & Turbo proporciona una red de servicio mundial para reparaciones y mantenimiento. La entrega rápida de piezas de recambio es de suma importancia para evitar tiempos de parada. MAN Diesel & Turbo tiene un eficiente sistema de procesamiento y envío de existencias, que permite que la mayoría de las piezas sean entregadas en 24/48 horas. La formación continua de los ingenieros, combinada con boletines de servicio regulares y videoclips, garantiza que la red mundial de servicios esté siempre al día. Un programa de retroalimentación de los clientes también contribuye a mantener un alto nivel de servicio. Una estrecha coordinación con todos los concesionarios garantiza que los productos fabricados bajo licencia estén cubiertos por la red global.

MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda., es una empresa subsidiaria de MAN Diesel & Turbo SE, la cual se encarga de proveer repuestos y servicios de mantenimiento para los motores diesel (18V 48/60B) y turbocargadores (TCA y TCR) de las plantas de generación eléctrica localizadas en Guatemala, El Salvador y Costa Rica.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción de la empresa

MAN Diesel & Turbo SE, con sede en Augsburg, Alemania, es el principal proveedor mundial de motores diesel y de gas de gran diámetro y turbo máquinas. La compañía emplea a cerca de 15 000 empleados en más de 100 sitios internacionales principalmente en Alemania, Dinamarca, Francia, Suiza, República Checa, India y China. La cartera de productos de la compañía incluye motores de dos y cuatro tiempos para aplicaciones marítimas y estacionarias, turbocompresores y hélices, así como turbinas de gas y vapor, compresores y reactores químicos.

1.1.1. Ubicación

La oficina de MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda., se encuentra en la 6ª avenida 1-36, zona 14 edificio Plaza Los Arcos, en la ciudad de Guatemala, Guatemala.

1.1.2. Historia

La oficina de MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda., se inauguró el 29 de noviembre de 2010 en la ciudad de Guatemala. Lleva 5 años proveyendo servicios de mantenimientos técnicos y repuestos para los motores diesel de tipo 18V48/60 y turbocargadores tipo TCA y TCR ubicados en el área de Guatemala, El Salvador y Costa Rica.

1.1.3. Misión

Proporcionar apoyo para la selección, calificación, formación y desarrollo del personal para servicio en campo de MAN Diesel & Turbo.

1.1.4. Visión

Tener ingenieros de servicio de campo de clase mundial, utilizando la mejor práctica en la industria para ejecutar actividades de instalación, puesta en marcha y mantenimiento para los clientes en una manera segura y competente, manteniendo al mismo tiempo los niveles más altos de calidad para garantizar la satisfacción total del cliente.

1.1.5. Valores

Los valores centrales son la esencia de la identidad de una empresa. Son las creencias fundamentales de una organización y los principios rectores que proporcionan una base. Sobre el que trabaja una empresa y cómo se comportan sus empleados. Los valores centrales son atemporales, desde el principio hasta el final, impulsan decisiones críticas de negocio. Que conducen al éxito en el camino correcto. Además, involucran a empleados de un conjunto diverso de fondos e infunden orgullo en cómo hacen su trabajo.

Los valores centrales de la empresa son:

- Confiable (se hará lo que se dijo)
- Innovadora (buscará siempre maneras de mejorar)
- Dinámica (ser flexibles y proactivos)
- Abierta (ser claro, directo y honesto)

1.2. Descripción del problema

El mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes de los turbos son primordiales para aumentar la eficiencia de los mismos, la vida útil y evitar la contaminación innecesaria además de evitar accidentes. La instalación del taller incrementaría los ingresos económicos, generaría fuentes de trabajo, agregaría nuevos rubros de servicios a la empresa y eliminaría a la competencia en ese ámbito. El problema principal es que al no contar con un taller especializado para el mantenimiento de estos turbos se corre el riesgo de que los clientes utilicen servicios genéricos y dañen sus equipos al no contar estos con las especificaciones técnicas establecidas por MAN (el fabricante de los turbos) ya que periódicamente se establecen nuevos parámetros de mantenimiento.

1.3. Definiciones básicas

Existen términos técnicos los cuales son de mayor importancia para el entendimiento de la elaboración del proyecto, estos se describen de manera concisa y concreta para visualizar bien la extensión del mismo.

1.3.1. Mantenimiento

El proceso de mantenimiento es una actividad que, además de reparar las posibles (o futuras) fallas de los equipos, ayuda a la productividad de los proyectos mineros al mantener en constante funcionamiento la maquinaria utilizada.

1.3.2. Turbocargador

Un turbocargador es un sistema rotatorio de sobrealimentación de aire a presión para aumentar la potencia de motores de combustión interna diseñado para utilizar la energía cinética de los gases de escape que han sido desperdiciados por los motores no turbocargados. El uso de un turbocargador surge de la necesidad de aumentar la potencia sin tener que aumentar el tamaño del pistón o incrementar la cantidad de combustible quemado en cada ciclo de trabajo y del número de revoluciones.

1.4. Descripción de los turbocargadores tipo TCA y TCR

La empresa manufactura dos tipos de turbocargadores para el abastecimiento de aire de carga en los motores a manera de mejorar la eficiencia de los mismos, la instalación de estos varía según la necesidad del motor.

1.4.1. Descripción general del turbocargador tipo TCA

Los turbocargadores consisten principalmente de una turbina y un compresor, conectados por un mismo eje. Los gases de escape del motor impulsan la turbina; el compresor toma aire fresco y lo comprime.

El turbocargador consta de los siguientes subconjuntos principales:

- Elemento giratorio

La rueda de la turbina y el eje están firmemente conectados entre sí; los álabes de la turbina se fijan individualmente en la rueda de la turbina. La rueda del compresor está montada en el eje y puede ser removida.

- Cubierta del rodamiento

El cojinete interior del elemento giratorio consta de dos cojinetes de casquillos y un cojinete de empuje. La lubricación del rodamiento se realiza mediante el circuito de aceite lubricante del motor. Tubos de aceite lubricante, purga de aceite lubricante y las tuberías de aire de sellado están integradas en la carcasa del rodamiento.

- Carcasa de admisión de gas

El anillo de boquilla está integrado en la carcasa de admisión de gas. Permite una adaptación del turbocompresor al motor.

- Carcasa de salida de gas

La carcasa de salida está equipada con 5 conexiones desviadas para la salida del agua de lavado. La carcasa de salida está diseñada de modo que junto con la emisión de gas con brida ofrezca una protección contra ráfagas óptima para la rueda de la turbina.

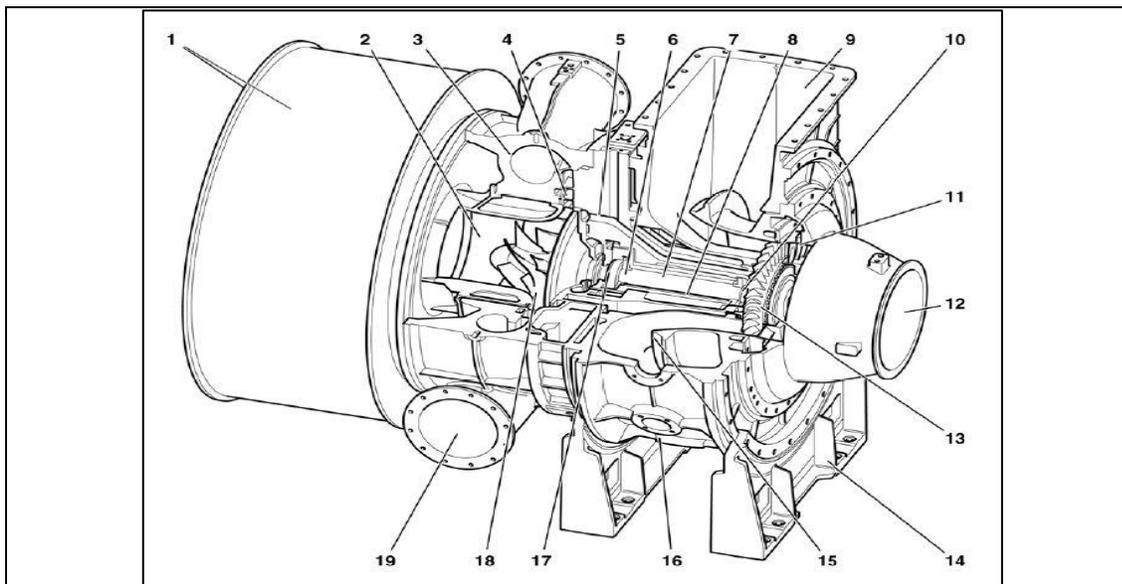
- Silenciador o caja de admisión de aire.
- Cubierta del compresor opcional con una o dos conexiones de descarga. La carcasa del compresor alberga el difusor, lo que permite una

adaptación óptima del turbocargador al motor. Además, las funciones del difusor como protección contra estallido.

1.4.1.1. Partes principales en el turbocargador TCA

A continuación se podrá visualizar la ubicación de las partes principales del turbocargador tipo TCA.

Figura 1. Turbocargador tipo TCA seccionado



A continuación, se nombran los componentes mostrados en la figura 1

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Silenciador | 11. Anillo de boquilla |
| 2. Inserto | 12. Carcasa de los gases de admisión |
| 3. Carcasa del compresor | 13. Anillo de boquilla |
| 4. Difusor | 14. Soportes de la carcasa |
| 5. Carcasa del rodamiento | 15. Difusor de los gases de escape |
| 6. Cojinete del lado del compresor | 16. Salida del agua de lavado |
| 7. Cuerpo del cojinete | 17. Cojinete de empuje |
| 8. Rotor de la turbina | 18. Rueda compresora |
| 9. Carcasa de los gases de escape | 19. Descarga del aire comprimido |
| 10. Cojinete del lado de la turbina | |

Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

El funcionamiento rentable de los grandes motores modernos es inconcebible sin turbocargadores de gas de escape. Si bien los requisitos sobre las plantas de propulsión y los grupos generadores de energía ya eran altos en términos de eficiencia y durabilidad, son cada vez más altos cuando se trata de eficiencia de combustible e impacto medioambiental.

Los componentes de los turbocompresores de gases de escape están sometidos a condiciones de operación.

- Los gases de escape hasta 650 °C en el flujo de temperatura sin turbina y calentar sus ensamblajes a temperaturas extremas sin ningún tipo de refrigeración para contrarrestar esto. En particular, los cojinetes del eje soportan las altas temperaturas de funcionamiento sin una rotura en la película de lubricante.
- En el lado del compresor, el aire se calienta a más de 200 °C.
- En muchos lugares, las altas temperaturas resultan en cargas térmicas extremas.
- La velocidad es extremadamente alta: dependiendo de su tamaño, los turbocargadores de gas de escape de MAN Diesel & Turbo funcionan entre 10 000 y 35 000 min^{-1} . Esto resulta en una velocidad periférica de 530 m/s o más en la rueda compresora, que corresponde a 1.7 veces la velocidad del sonido o 2 000 km/h.
- Las fuerzas centrífugas son extremadamente altas: las fuerzas que actúan sobre los álabes de la turbina pueden llegar fácilmente a varios cientos de kN.

- La renovación total del gas de un motor se realiza a través del turbocargador de gases de escape. Para esta máquina, el caudal del aire de combustión puede estar arriba a $16 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Expresado en términos sencillos, aproximadamente 1/3 de la potencia generada por el motor es aplicado dentro del espacio extremadamente confinado del turbocargador de los gases de escape.

El turbocargador TCA (turbocargador axial) se deriva del flujo axial que tienen los gases de escape a través de la turbina del turbocargador. La serie TCA redefine la tecnología probada de la exitosa serie NA. El diseño integrado hace que la instalación y el mantenimiento sean más rápidos y sencillos que nunca. Y con los materiales avanzados utilizados, la vida útil es mucho más larga.

Estos turbocargadores son para motores con potencia desde 2 100 hasta 30 000KW, las características esenciales de este son:

- Tipo de flujo: axial.
- Relación de presión máxima: 5,5.
- Máxima temperatura permisible: $650 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Cojinetes de alto rendimiento para pérdidas mecánicas minimizadas y comportamiento de amortiguación optimizado.
- Cambio de la rueda del compresor con herramientas básicas y sin necesidad de reequilibrar el rotor completo.
- Tubería de aceite integrada, aire de sellado y sistema de ventilación.
- Área de contención integrada.
- Reducción del número de piezas.
- Adecuado para HFO, MDO, gas.

1.4.1.2. Descripción del funcionamiento

Los gases de escape del motor fluyen a través de la carcasa de admisión de gas y el anillo de boquilla, y corre axialmente sobre la rueda de turbina. Los gases de escape acciona la rueda de la turbina; En este proceso, la energía contenida en los gases de escape se transforma en energía de rotación mecánica en la rueda de la turbina. Como la rueda de la turbina y la rueda del compresor están asentadas en el mismo eje, la rueda del compresor es accionada al mismo tiempo. El gas de escape sale del turbocargador a través del difusor y la carcasa de gases de escape.

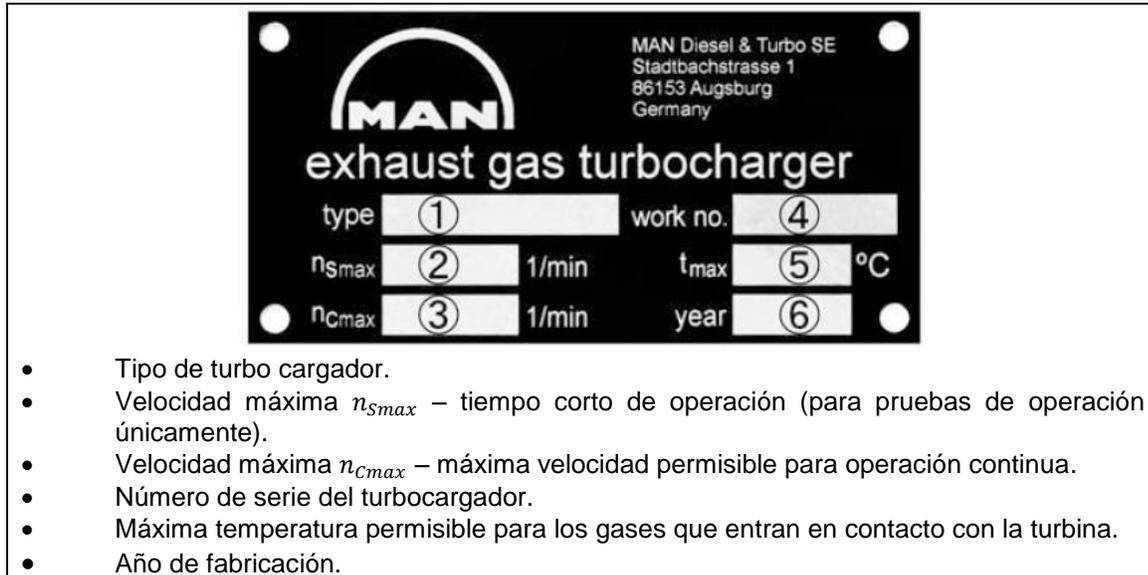
La rueda del compresor trae aire fresco a través del silenciador o de la carcasa de aire de admisión y el inserto. El aire fresco se comprime en la rueda del compresor, el difusor y carcasa del compresor. El aire fresco comprimido es forzado hacia los cilindros del motor a través del enfriador de aire de carga y de la tubería de aire de carga.

El elemento giratorio del turbocargador es conducido radialmente por dos cojinetes, que están situados en la carcasa del cojinete entre la rueda de la turbina y rueda del compresor. El cojinete de empuje colocado en el lado del compresor no sólo maneja la guía axial, sino que también transfiere el empuje hacia una dirección axial. Un cuerpo de cojinete sostiene el asiento del cojinete y al mismo utilizado como aislante contra el lado de los gases calientes de escape del turbocargador.

1.4.1.3. Información de operación

La siguiente placa está unida a la toma de suministro de la carcasa del compresor. Una placa adicional se encuentra en el silenciador o en la caja de admisión de aire.

Figura 2. Placa de tipo de turbocargador



Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.4.1.4. Parámetros de operación

Tabla I. Parámetros de operación del turbocargador TCA

Velocidad	Límite de operación n_{max}	Ver placa del turbocargador
Temperatura de los gases de escape antes de la turbina	Límite de operación t_{max}	Ver placa del turbocargador
Temperatura del aceite lubricante	Temperatura de entrada	40 – 70 °C
	Δ de la temperatura de entrada/ temp. de salida	≤ 40 °C
Presión del aceite lubricante	En operación normal y el motor con carga completa	1,2 – 2,2bar
	Máxima presión del lubricante	2,2bar
Caudal de aceite lubricante	Con SAE 30 a 60 °C y 1.3bar	5,7m ³ /h
	Con SAE 30 a 60 °C y 2,2bar	6,6 m ³ /h

Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.4.1.5. Puntos de accionamiento de alarma

Cuando se exceden los siguientes parámetros de operación, una alarma debe actuar según el sistema de control del motor:

Tabla II. Puntos de accionamiento de alarma

Velocidad	Se acciona la alarma a:	97 % n_{max}
Temperatura de los gases de escape antes de la turbina	Se acciona la alarma a t_{max}	Ver la placa del turbocargador
Temperatura del aceite lubricante	Se acciona la alarma cuando Δ de la temperatura de entrada/temperatura de salida es:	≥ 40 °C
Presión del aceite lubricante	Se acciona la alarma a:	<1,2bar
	Reducción de la carga del motor a 50 %	<1,0bar
	Se apaga el motor	<0,8bar

Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.4.2. Descripción general del turbocargador tipo TCR

Los turbocompresores de la serie TCR consisten, principalmente, en una etapa de turbina radial y una etapa de compresor radial que están asentadas en el mismo eje de la turbina. Los gases de escape del motor impulsan la turbina. El compresor aspira aire fresco o aire comprimido y lo comprime. El aire comprimido es entonces es forzado hacia los cilindros del motor.

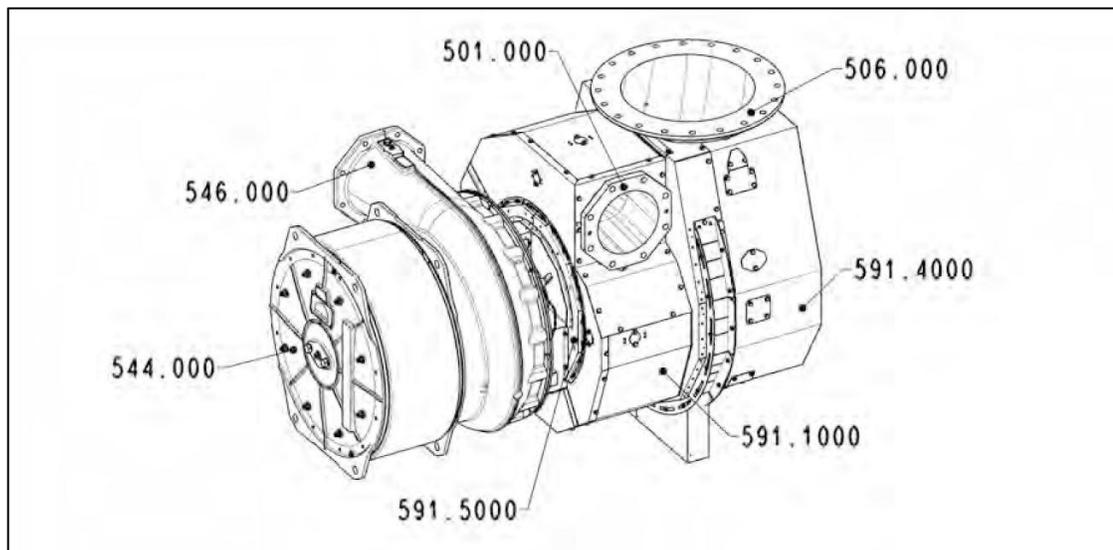
1.4.2.1. Partes principales en el turbocargador TCR

Los turbocargadores TCR consisten de los siguientes subconjuntos principales.

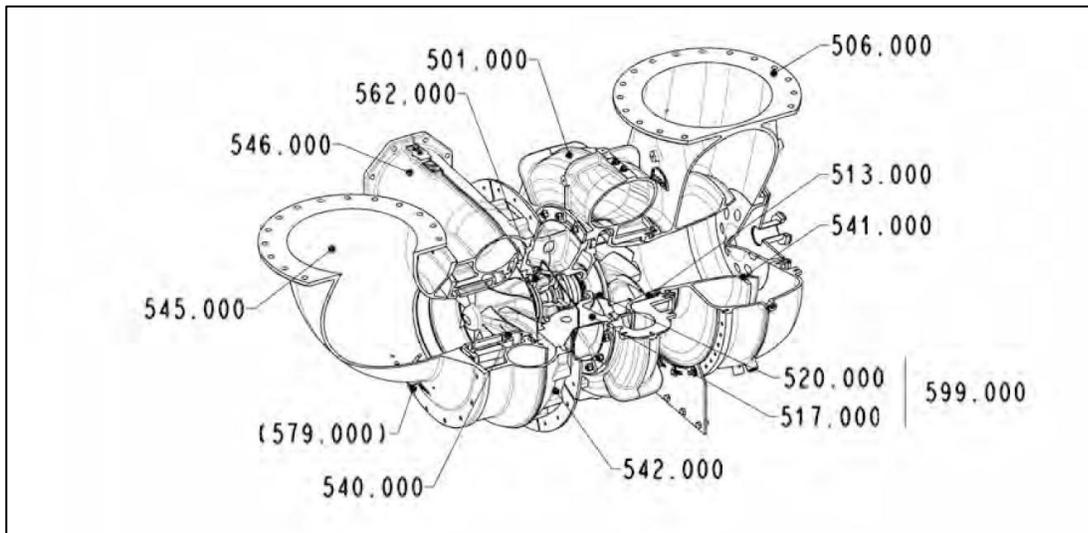
- Carcasa de aire de admisión (501.000): la carcasa de aire de admisión aloja el anillo de tobera de la turbina (513.000) y la pieza de inserto (541.000). Estos componentes permiten una adaptación óptima del turbocargador con el motor.
- Carcasa de gases de escape (506.000): integrado dentro de la carcasa de gases de escape está el difusor de gases de escape, que optimiza el flujo de los gases de escape. Opcionalmente, una carcasa de gases de escape con una conexión *wastegate* puede ser suministrado. En el proceso, el exceso de gas de escape pasa alrededor de la turbina.
- Cubierta del cojinete (517.000): el cojinete interior del rotor consiste principalmente en dos cojinetes radiales y un cojinete de empuje. Los puntos de apoyo altamente estresados están lubricados y enfriados por medio del sistema de aceite lubricante del turbocargador, que es integrado en la carcasa del cojinete. El sistema de aceite lubricante del turbocargador se suministra con aceite del sistema de aceite lubricante del motor.
- Rotor, completo (520.000): la rueda de la turbina y el eje de la turbina están firmemente conectados entre sí al rotor de la turbina. La rueda del compresor está montada en el rotor de la turbina y puede ser desmantelado.

- Silenciador (544.000) o caja de admisión de aire (545.000): la elección es opcional; en general, se utilizan silenciadores para sistemas marinos y carcasas de aire de admisión para sistemas estacionarios (centrales eléctricas).
- Carcasa del compresor (546.000): la carcasa del compresor aloja la pieza de inserto (540.000) y el difusor (542.000). Estos componentes permiten una adaptación óptima del turbocargador al motor.
- La carcasa del compresor está equipada con una toma de corriente. Una brida para conectar el sistema de aceleración opcional (*jet assist*) se proporciona en el lado de la carcasa del compresor.

Figura 3. **Turbocargador tipo TCR seccionado**



Continuación de la figura 3.



Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

Tabla III. **Descripción general de los subconjuntos**

501.000 carcasa de admisión de la turbina	540.000 pieza de inserto del lado del compresor	546.000 carcasa del compresor
506.000 carcasa de los gases de escape	541.000 pieza de inserto del lado de la turbina	562.000 transmisor de velocidad.
513.000 anillo de la tobera de la turbina	542.000 difusor	579.000 dispositivo de limpieza
520.000 potor completo	545.000 carcasa del aire de admisión	591.000 cubiertas

Fuente: *Manual de Instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.4.2.2. Descripción del funcionamiento

Los gases de escape del motor fluyen a través de la carcasa de admisión de gas (501,000) y el anillo de la tobera de turbina (513,001), y se extienden radialmente sobre la rueda de turbina del rotor (520,000). Los gases de escape impulsan la rueda de la turbina; en este proceso, la energía contenida en el gas de escape se transforma en la energía de rotación mecánica en la rueda de la turbina. Como la rueda de la turbina y la rueda del compresor están asentadas en el mismo eje, la rueda del compresor se acciona al mismo tiempo. El gas de escape es descargado del turbocargador a través del difusor de salida de gas integrado y la carcasa de salida de gas (506,000).

La rueda del compresor trae aire fresco a través del silenciador (544,000) o la carcasa de admisión de aire (545,000) y el inserto (540,000). El aire fresco está comprimido en la rueda del compresor, el difusor (542,001) y la carcasa del compresor (546,000). El aire comprimido fresco es forzado hacia los cilindros del motor a través del enfriador de aire de carga y el tubo de aire de carga. El rotor (520,000) del turbocargador es guiado en una dirección radial por dos cojinetes situados en la carcasa del cojinete (517,000) entre la rueda de la turbina y la rueda del compresor. El cojinete de empuje dispuesto centralmente en la carcasa del cojinete no sólo realiza la función de guía axial, sino también transfiere el empuje en una dirección axial.

Los puntos de apoyo altamente estresados son lubricados y enfriados mediante el sistema de enfriamiento del aceite lubricante del turbocargador que está integrado en la carcasa del rodamiento. El sistema de aceite lubricante del turbocargador se suministra con aceite del sistema de lubricación del motor.

1.5. Identificación y descripción de las partes a sufrir desgastes mecánicos

Como se sabe las partes mecánicas encargadas de rotación o transmisión de torque y potencia son las que se exponen a sufrir desgastes, debido a esto se utilizan lubricantes para reducir la fricción entre metales, sin embargo, no existe manera permanente de evitar el desgaste.

1.5.1. Partes mecánicas principales que sufren desgastes de los turbocargadores tipo TCA y TCR

A continuación, se muestran las partes de los turbocargadores y como son estas afectadas debido a las condiciones extremas de trabajo; el daño mostrado en las imágenes es de partes mecánicas de un turbocargador tipo TCA con ya 61 816,70 horas de funcionamiento.

Figura 4. **Turbinas antes de ser limpiadas**



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. **Vista más detallada del anillo de tobera de la turbina dañada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. **Anillo de tobera dañada debido al funcionamiento del turbocargador visto desde arriba**



Fuente: elaboración propia.

Figura 7. **Álabes de la turbina antes de ser limpiados**



Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Turbina del turbocargador después de limpiarla**



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Anillo de la tobera después de ser limpiada, primera vista**



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Anillo de la tobera después de ser limpiada, segunda vista**



Fuente: elaboración propia.

En las primeras imágenes se aprecian depósitos en los alabes de la turbina y del anillo de tobera debido a los contenidos de azufre y la alta temperatura de los gases de escape; las últimas imágenes muestran cómo se debe ver la turbina y el anillo de tobera ya después de ser limpiadas.

Figura 11. **Rueda compresora antes de ser limpiada**



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Rueda compresora después de ser limpiada



Fuente: elaboración propia.

1.5.2. Mantenimientos y revisiones en los turbocargadores según horas trabajadas

Los siguientes cronogramas se realizaron mediante el análisis de diferentes reportes de mantenimiento realizado por los técnicos para determinar la necesidad de mantenimiento y limpieza de las piezas según las horas de trabajo de los turbocargadores.

Los cronogramas de mantenimiento de los turbocargadores contienen un resumen del mantenimiento y de inspección de trabajo, hasta el *overhaul* general del turbocargador.

El *overhaul* mayor de un turbocargador tipo TCA debe llevarse a cabo entre 12 000 y 18 000 horas de operación; mientras que para un turbocargador

tipo TCR este debe hacerse entre 24 000 y 30 000 horas de operación. Un *overhaul* mayor incluye el desarmado completo del turbocargador para inspecciones de las condiciones actuales, a través de la limpieza y chequeo de todas sus partes/componentes.

Las siguientes dos tablas muestran los cronogramas de cada turbocargador según las horas de operación.

Tabla IV. **Cronograma de mantenimiento turbocargador TCA**

Mantenimiento establecido	Personal mínimo requerido	Tiempo requerido por persona en horas	Por cada	3 000	6 000	12 000	18 000
Limpiar el sello de la tubería de aire de la carcasa de cojinete	1	1	TCA	X			
Limpiar y chequear la carcasa del compresor, inserto, difusor y rueda compresora	2	4	TCA		X		
Chequear el anillo de empuje, cojinete contra-empuje y disco de cojinete	1	2	TCA		X	X	
<i>Overhaul</i> mayor 12000-18000 horas de operación: Desmantelar, limpiar y chequear todos los componentes del turbo cargador, revisar huecos y holguras al ensamblar	2	20	TCA			X	x

Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

Tabla V. **Cronograma de mantenimiento turbocargador TCR**

Mantenimiento establecido	Personal mínimo requerido	Tiempo por persona en horas	Por cada	150	250	24 000
Limpiar la turbina	1	1,6	TCR	X		
Limpiar el compresor	1	1,3	TCR	x		
Limpiar el filtro de aire	1	1,4	TCR		x	
<i>Overhaul</i> mayor Entre 24000 y 30000 horas de operación, Desmantelar, limpiar y chequear todos los componentes del turbo cargador, revisar huecos y holguras al ensamblar	2	15	TCR			x

Fuente: *Manual de instrucción de operación TCA*. Pdf.nauticexpo.com/pdf/man-diesel-se/tca-turbocharger/21500-20780.html. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.6. Maquinaria a utilizar e instalar en el taller

1.6.1. Torno

Se denomina torno a una máquina herramienta que permite mecanizar piezas de forma geométrica de revolución (cilindros, conos, hélices). Los tornos operan haciendo girar la pieza a mecanizar mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento de avance contra la superficie de la pieza, cortando las partes sobrantes en forma de viruta.

Actualmente, se utilizan en las industrias de mecanizados los siguientes tipos de tornos que dependen de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas.

- Torno paralelo o mecánico

El torno paralelo o mecánico es utilizado actualmente en los talleres de aprendices y de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales,

esta máquina tiene un arranque de viruta que se produce al acercar la herramienta a la pieza en rotación, mediante el movimiento de ajuste, que al terminar una revolución completa se interrumpirá la formación de la misma.

- Torno vertical

El torno vertical es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño, que van sujetas al plato de garras u otros operadores y que por sus dimensiones o peso harían difícil su fijación en un torno horizontal.

- Torno CNC

El torno CNC es un tipo de torno operado mediante control numérico por computadora. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno.

- Torno automático

Se llama torno automático a un tipo de torno cuyo proceso de trabajo está enteramente automatizado. La alimentación de la barra necesaria para cada pieza se hace también de forma automática, a partir de una barra larga que se inserta por un tubo que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico. Un torno automático es un torno totalmente mecánico.

- Torno revólver

El torno revólver es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas sobre las que sea posible el trabajo simultáneo de varias herramientas con el fin de disminuir el tiempo total de mecanizado. Las piezas que presentan esa condición son aquellas que, partiendo de barras toman una forma final de casquillo o similar.

- Torno copiador

Se llama torno copiador a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico y electrónico permite el torneado de piezas mediante una plantilla.

En este caso el torno que se utilizaría sería un torno paralelo de capacidad para 800 kg, este se utilizará para operaciones cotidianas del torno como rectificado, cilindrado, mandrinado, refrentado, ranurado, taladrado, entre otros.

El torno se puede utilizar principalmente para el rectificado de partes, por ejemplo, los álabes, los cuales se reparan recuperando su superficie y tallándolos con esmeriladoras o amoladoras (es necesario siempre buscar material adecuado para ruedas de amoladora), el rectificado del eje tras hacerle una recuperación superficial del eje por metalizado.

1.6.2. Soldadura TIG

El proceso de soldadura por arco bajo la protección de gas con electrodo (no consumible), también llamado TIG (por sus cifras en inglés, *tungsten inert gas*), usa un arco eléctrico como fuente de energía que se establece entre el

electrodo no consumible y la pieza a soldar con la envoltura protectora del gas inerte. Cuando se usa material de relleno, este se proporciona mediante el uso de varillas, de la misma forma que en la soldadura de oxiacetileno. Durante el proceso, la antorcha TIG debe estar conectada al polo negativo (-) y la pinza de masa al polo positivo (+).

Esta maquinaria para soldar es necesaria ya que se requiere para recuperar la superficie de los álabes. Aquí incluye el material de aporte adecuado según el material de los álabes, a estos se les hace inspección por líquidos penetrantes para ver si están rajados y es necesarios repararlos de esta manera.

1.6.3. Balanceadora

Una máquina de balanceo dinámico consiste esencialmente de una placa ensamblada a la base y una consola asociada o unidad de monitoreo. Dos pedestales de soporte instrumentados que cargan al rotor que está girando a una velocidad constante, controlada mediante un motor y un sistema de transmisión.

Los efectos del desbalanceo son transmitidos a los rodamientos del soporte y las señales eléctricas derivadas son transmitidas a la unidad de la consola. Ahí se analiza el estado del desbalanceo para permitir determinar los valores de corrección calibrados para que sean desplegados en el panel frontal. Para balancear el rotor luego de realizar los trabajos de mantenimiento y limpieza, esto según las referencias siguientes.

- ISO 1940-1. (2003). Requerimientos de calidad de balance para rotores en estado contante (rígido).Especificaciones y verificación de tolerancias para balanceo. Organización Internacional de Estandarización.
- ISO 2953. (1999). Máquinas de balanceo, Descripción y evaluación. Organización Internacional de Estandarización.

1.6.4. Tanque de limpieza

Tal como indica su nombre, estos tanques son diseñados para la limpieza de los componentes mecánicos a maquina. La función principal del tanque sería el de depositar los rotores (alrededor de 24h), para que de esta manera el líquido dentro del tanque ayude a suavizar la escarcha o escoria que traen las turbinas de los turbocargadores.

1.6.5. Cámaras de *sandblast* (chorro de arena)

Sandblasting, chorro de arena o de bolas es un término genérico para el proceso de suavizado, la elaboración y la limpieza de una superficie dura, forzando a las partículas sólidas a través de la superficie a altas velocidades, el efecto es similar a la de la utilización de papel de lija, pero proporciona un mejor acabado sin problemas en las esquinas o grietas.

Posteriormente, al proceso del tanque de limpieza las piezas metálicas pasan a la cámara de *sandblast* para terminar con su limpieza.

1.6.6. Grúas

El sistema de puente grúa suspendido es una de las ideas más prácticas en la técnica de elevación y transporte. Posee las ventajas de un polipasto fijo y la movilidad de un puente grúa, y todo ello de forma muy económica. Las grúas con polipasto son de gran uso para talleres, madereros, para la refinación petrolera, entre otros. La capacidad máxima de estas dependerá del peso máximo a tratar en el taller; en este caso, sería la carcasa de gases de escape del turbocargador TCA este pesa alrededor de 3 553 kg, por ende, una grúa de 5 toneladas es ideal para el trabajo a realizar en el taller.

1.6.7. Sistema neumático

La tecnología neumática se usa en sistemas industriales como plataformas elevadoras, apertura y cierre de puertas o válvulas, embalaje y envasado, máquinas de conformado, taladrado de piezas, robots industriales, etiquetado, sistemas de logística, prensas y máquinas herramientas.

En cualquiera de los casos se requiere de un sistema neumático que consta de diversos componentes destinados a cumplir tres funciones fundamentales.

1.6.7.1. Producción, acondicionamiento y distribución del aire comprimido esta etapa comprende

- Un compresor de aire
- Un depósito para almacenar el aire comprimido

Una unidad de mantenimiento para acondicionar el aire comprimido, compuesta por:

- Filtros: eliminan los sólidos transportados por el aire y los contaminantes líquidos que pueden afectar el rendimiento del equipo.
- Reguladores: proporcionan una presión de aire controlada y consistente, lo cual nos asegura el suministro adecuado de aire para mantener el torque relativo y el control de la velocidad, además de conservar el aire comprimido.
- Lubricadores: ayudan a garantizar que el equipo reciba la lubricación exigida para un rendimiento óptimo, reducir el desgaste y alargar la vida de la herramienta.
- Tuberías de distribución del aire comprimido.

1.6.7.2. Control del aire comprimido

Esta etapa comprende válvulas que monitorean el funcionamiento del circuito neumático, permitiendo, interrumpiendo o desviando el paso del aire comprimido de acuerdo con las condiciones de funcionamiento del circuito.

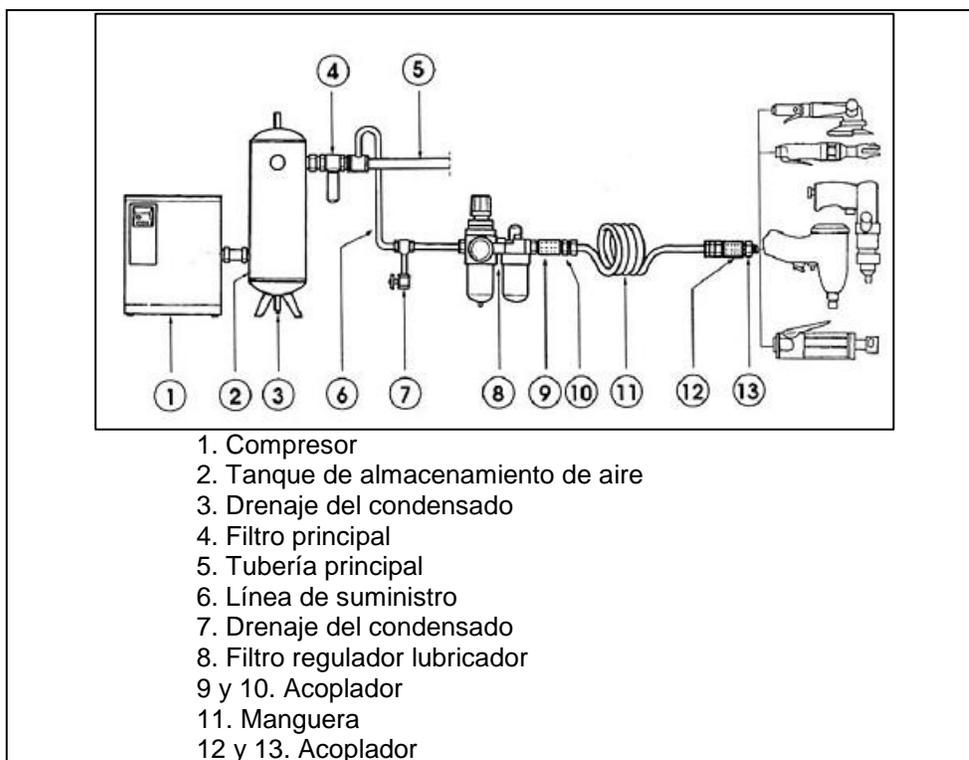
1.6.7.3. Utilización del aire comprimido

La parte final del circuito está compuesta por los actuadores neumáticos. Entre las máquinas herramientas que emplean la tecnología neumática, podemos elaborar una lista que incluye, entre otras: taladros y/o destornilladores, martillos neumáticos, llaves de impacto, llaves de trinquete,

pistolas de soplado, gatos neumáticos, pulverizadores (de pintura, cemento, yeso, insecticidas, metal fundido, fibras plásticas, etc.) y herramientas abrasivas tales como amoladoras rectas y angulares, lijadoras orbitales y de banda, pulidoras y esmeriladoras.

Las herramientas neumáticas deben conectarse a un circuito para funcionar, cuyos componentes se describen en la siguiente figura.

Figura 13. **Circuito neumático básico para el uso de herramienta neumática**



Fuente: *Máquinas y herramientas*. <http://demaquinasyherramientas.com/herramientas-neumaticas-introducción>. Consulta: 25 de febrero de 2017.

1.6.7.4. Parámetros de la herramienta neumática

Existe una serie de parámetros importantes que definen el diseño y, por lo tanto, la aplicación de las herramientas neumáticas según la necesidad. De hecho, estos parámetros también servirán a la hora de elegir la herramienta adecuada para nuestro trabajo. Esos parámetros son:

- Presión máxima de trabajo: es la que necesita la herramienta para su funcionamiento y se mide en atmósferas, bares o libras por pulgada cuadrada (psi). La mayoría de las herramientas neumáticas funcionan a una presión de 90 psi (6,2 bares). Algunas llaves de impacto y trinquetes funcionan óptimamente a 100 psi. Es importante tener en cuenta que presiones mayores no mejoran el rendimiento. Por ejemplo, en algunas herramientas, el rendimiento decae con presiones superiores a 120 psi.
- Caudal o consumo de aire: es la cantidad de aire que debe alimentar a la herramienta y se mide en metros cúbicos/minuto o litros/minuto o en pies cúbicos/minuto (cfm). Las herramientas rotativas tienden a utilizar más volumen de aire, seguidas por las herramientas oscilantes y finalmente las pistolas fijadoras, que son, por lo general, las que menos aire consumen.
- Potencia: se mide en watts o HP y es el factor determinante para mantener estable el nivel de revoluciones bajo carga. La carga resulta del material a trabajar, la agresividad de la herramienta y la presión de trabajo.
- Torque: mide la fuerza de apriete y se expresa en libras-pie, Nm o kgm. Las herramientas neumáticas son capaces de producir torque máximo

aún bajo sobrecarga. Consumen más aire comprimido en condiciones de carga de torque bajo (velocidad libre) y menos en condiciones de carga de torque alto.

1.6.8. Bancos de trabajo

Un banco de trabajo es una mesa acondicionada para realizar sobre ella un trabajo específico. Los bancos de trabajo suelen estar ubicados en talleres y en empresas de fabricación, elaboración, montaje o manipulación de productos.

1.6.9. Herramienta variada

Para armar y desarmar los turbocargadores se dependerá de las siguientes herramientas:

- Relojes comparadores
- Pulidoras
- Barreno
- Machuelos
- Instrumentos de medición (vernier y micrómetro)
- Llaves, desarmadores, *ratchets*, entre otros

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Características técnicas y físicas de la maquinaria a instalar

Las características técnicas y físicas de la maquinaria son tomadas en cuenta para realizar el diagrama de la ubicación de la misma dentro del taller.

- Torno

Tabla VI. Especificaciones técnicas y físicas del torno

Diametro sobre bancada	460 mm
Diametro sobre el escote	691 mm
Diametro sobre el carro	412 mm
Ancho de bancada	387 mm
Altura de bancada	490 mm
Distancia entre puntas	2 000 mm
Diametro de husillo	58 mm
Gama de velocidades	70-2000 rpm
Roscas métricas	0,4-7 mm
Roscas pulgadas	4-56 T.P.I.
Roscas modulo	0,2-3 mm
Roscas diametral pitch	8-112 DP.
Avances longitudinales	0,052-0,392 mm/Rev
Avances transversales	0,014-0,380 mm/Rev
Recorrido transv. Del carro	118 mm
Recorrido del charriot	68 mm
Diametro del tornillo patron	22 mm
Diametro del tornillo de avance	19 mm
Diametro husillo de la contrapunta	32 mm
Capacidad del portaherramientas	16x16 mm
Cono del husillo de contrapunta	MT 2/3
Recorrido del husillo contrapunta	100 mm
Potencia del motor	3.0 KW.
Peso neto/bruto	645 KG.

Fuente: *Tipos de torno*. <https://pyrosisproyect.wordpress.com/2011/09/07/tipos-de-torno/especificaciones>. Consulta: 25 de febrero de 2017.

- Maquinaria de soldadura TIG

Tabla VII. **Especificaciones técnicas y físicas de la maquinaria para soldadura TIG**

Aplicaciones Instalación y mantención, agricultura, aplicaciones náuticas, reparación de automóviles, astilleros, componentes automotrices, uso hobby y trabajos semiindustriales

Voltaje/frecuencia	240 V – 50 Hz
Potencia	7 000 W
Diámetro de electrode	2.0 – 4,0 mm
Rango de amperaje	20 – 200 A
Voltajeenvacío	60 V
Tipo de aislación	Clase I
Peso	6,5 Kg

Fuente: *Procesos de soldadura*. <https://www.solter.com/es/procesos-soldadura/tig>.

Consulta: 25 de febrero de 2017.

- Balanceadora

Tabla VIII. **Especificaciones técnicas y físicas de la balanceadora**

Carga máxima:	1 000 kg (2 200 lb)
Dimensiones(L x W x H):	1 981 x 1 016 x 1 219 mm (78 x 40 x 48 in)
Peso:	200 kg (440 lb)
Diámetro máximo del rotor:	1 700 mm (66,929 in)
Carga máxima por soporte:	500 kg (1 100 lb)
Desplazamiento máximo:	12 mm (0,5 in)
Diámetro máximo de la flecha:	101 mm (4 in)
Longitud Min / Max:	76mm (3in)/ 1 778 mm (70 in)
Velocidad del motor:	1 800 RPM / 60 Hz
Precisión:	±0,01 mm/s
Sensibilidad:	330 mV/G
ISO 2953: Reducción de desbalanceo por secuencia	97 %
Balanceo residual:	2 gmm / 100 kg rotor
Motor:	2,28 kW AC
Especificaciones eléctricas:	240/480 V, 3 fases, 4 poles

Fuente: *Balances*. <https://www.erbessd-instruments.com/esp/balancing-machines/ei-1000/specs.php>. Consulta: 25 de febrero de 2017.

- Tanque de limpieza

Tabla IX. **Especificaciones técnicas y físicas del tanque de limpieza**

Dimensiones (L x W x H)	760 x 540 x 880 mm
Incluye bomba	240 V / 50Hz

Fuente: *Tanque de limpieza*. <https://www.pyrosisproyect.wordpress.com/2010/tanque-limpieza/specs.php>. Consulta: 25 de febrero de 2017.

- Equipo de *sandblast*

Este equipo tiene una capacidad de 1 500 kg de arena sílica, está diseñado para un operador. Esta debe llevar una válvula dosificadora de abrasivo, válvula de alivio, válvula de alimentación de aire, manguera para abrasivo de 1" x 15m, boquilla, porta boquilla, trampa de humedad y silenciador. Esta trabaja con un voltaje de 480 V y consume una potencia de 16 500 w y 22 A.

2.1.1. Ubicación de la maquinaria dentro del taller

A continuación, se muestra el diseño final del plano del taller, se aprecia la distribución de las áreas de trabajo, sala de reuniones, comedor, entrada principal, entre otros.

2.1.1.1. Estacionaria

Se detalla la ubicación de toda la maquinaria a instalar en el taller.

Figura 14. **Diseño computarizado de la propuesta de plano para el taller**

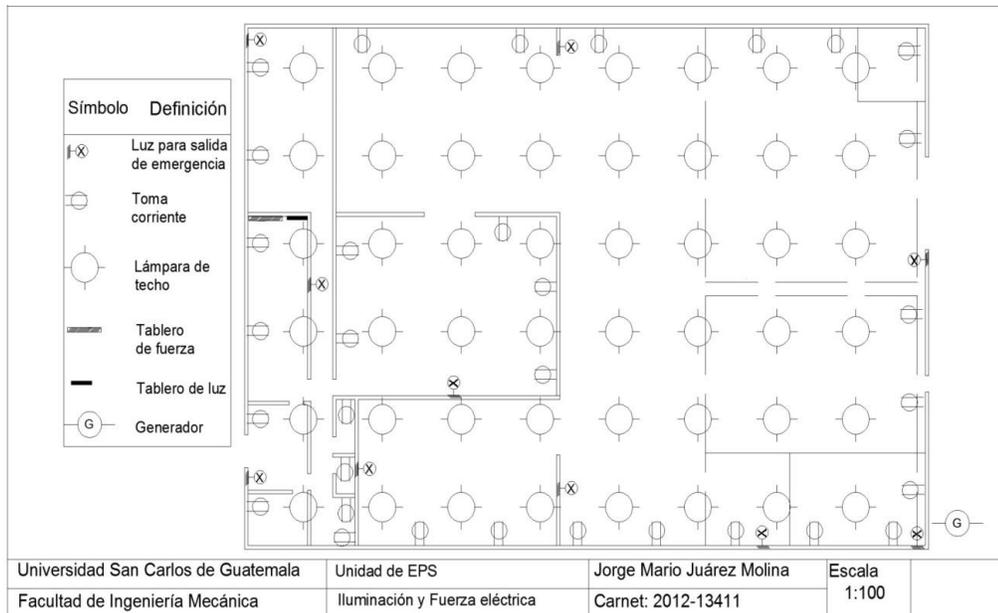


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

2.1.1.2. Diseño de la fuerza eléctrica e iluminación

Se detalla la iluminación y fuerza eléctrica de toda la maquinaria a instalar en el taller.

Figura 15. **Diseño en computadora de la iluminación y fuerza eléctrica del taller**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2010.

2.1.1.3. Conexiones AC y DC

La cantidad de tableros necesarios para el comando y protección de una instalación se determina buscando salvaguardar la seguridad y tratando de obtener la mejor funcionalidad y flexibilidad en la operación de dicha instalación; toma en cuenta la distribución y finalidad de cada uno de los recintos donde estén subdivididos los edificios componentes de la propiedad.

Los tableros se instalarán en lugares seguros y fácilmente accesibles, teniendo en cuenta las condiciones particulares siguientes:

- Los tableros locales de reunión de personas se ubicarán en recintos sólo accesibles al personal de operación y administración.
- Todos los tableros llevarán estampada en forma visible, legible e indeleble la marca de fabricación, la tensión de servicio, la corriente nominal y el número de fases. El responsable de la instalación agregará en su oportunidad su nombre o marca registrada.
- Formas constructivas

Todos los dispositivos y componentes de un tablero se montarán dentro de cajas, gabinetes o armarios, dependiendo del tamaño que ellos alcancen.

Los materiales empleados en la construcción de tableros serán resistentes al fuego, autoextinguentes, no higroscópicos, resistentes a la corrosión o estar adecuadamente protegido a ella.

Las partes energizadas de un tablero solo podrán alcanzarse removiendo la cubierta cubre equipos, entendiéndose que esta maniobra solo se realizará por necesidad de efectuar trabajos de mantenimiento o modificaciones en el interior del tablero.

Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada, para lo cual deberá contar con una chapa con llave o un dispositivo equivalente.

El tamaño de caja, gabinete o armario se selecciona considerando que:

- Deberá quedar un espacio suficiente entre las paredes de las cajas, gabinetes o armarios y las protecciones o dispositivos de comando y/o maniobra de modo tal de permitir un fácil mantenimiento del tablero.
- Se deberá considerar un volumen libre de 25 % de espacio libre para proveer ampliaciones de capacidad del tablero.

Los materiales no metálicos empleados en la construcción de cajas, gabinetes o armarios cumplirán las siguientes condiciones:

- Serán no higroscópicos.
- En caso de combustión deberán ser autoextinguentes, arder sin llama y emitir humos de baja opacidad, sus residuos gaseosos serán no tóxicos.
- Tendrán una resistencia mecánica suficiente como para soportar una energía de choque de 2 joules para tableros con puerta y 0,5 joules para tableros sin puerta.
- Material eléctrico

Los conductores de alimentación que lleguen a un tablero lo harán a puentes de conexión o barras metálicas de distribución desde donde se harán las derivaciones para la conexión de los dispositivos de comando o protección constitutivos del tablero. No se aceptará el cableado de un tablero con conexiones hechas de dispositivo a dispositivo.

Las barras de distribución se montarán rígidamente soportadas en las cajas, gabinetes o armarios; estos soportes deberán ser aislantes.

Todo cableado interno de los tableros que corresponda a la alimentación de los consumos externos se hará llegar a regletas de conexiones de modo tal que los conductores externos provenientes de estos consumos se conecten a estas regletas y no directamente a los terminales de los dispositivos de protección o comando.

- Orden de conexión

Los conductores del lado de la alimentación llegarán siempre al dispositivo de maniobra y de allí al dispositivo de protección, en caso que estos constituyan elementos separados.

- Conexión a tierra

Todo tablero deberá contar con una barra o puente de conexión a tierra.

2.1.1.4. Voltaje y amperaje necesarios para el abastecimiento de la maquinaria

En el siguiente recuadro se indican el voltaje y amperaje para realizar el cálculo de intensidad.

Tabla X. **Especificaciones de potencia, voltaje amperaje entre otros de la maquinaria**

Circuito	Ctdad	P unidad	Fc	P(W)	Fdp	VI	I(A)
Torno	1	3 000	1,25	3 750	0,90	480	6,25
Soldadora	1	7 000	1,00	7 000	0,90	240	16,84
Balanceadora	1	2 280	1,25	2 850	0,90	480	4,75
Tanque limpieza	1	2 500	1,25	3 125	0,90	240	10,42
Sandblast	1	13 200	1,25	16 500	0,90	480	22,05
Grúa	1	17 000	1,25	21 250	0,90	480	28,40
Compresor	1	18 400	1,25	23 000	0,90	480	30,74

Fuente: elaboración propia.

2.1.1.5. Cálculo de la intensidad

Según lo proyectado con respecto a los circuitos de fuerza necesarios para la ejecución del proyecto, se obtuvo un valor de potencia total instalada de 63,38 kW,

Luego, aplicando un factor de demanda al taller de un 100 % el valor de la potencia máxima queda determinada de la siguiente manera:

$$P_{m\acute{a}x} = P_{instalada} \times FD$$

Reemplazando en la ecuación:

$$P_{m\acute{a}x} = 63,38 \times \frac{100}{100} = 63,38kW$$

Obtenido el valor de la potencia, se obtiene el valor de corriente total que consume la instalación eléctrica de la industria, mediante el siguiente criterio:

$$I_{total} = \frac{P_t}{\sqrt{3} \times V_l \times Fdp}$$

Así, reemplazando en la fórmula de corriente total:

$$I_{total} = \frac{63380}{\sqrt{3} \times 480 \times 0,9} = 84,70A$$

El interruptor termomagnético general que se instalará es de 100 A,

2.1.1.6. Tipo de iluminación

El nivel de iluminación, o la iluminancia, es la cantidad de luz que se mide en una superficie plana (o el flujo luminoso que incide sobre una superficie total, por unidad de área), El plano de trabajo es donde se realizan las tareas más importantes en una sala o espacio,

Unidades de medición de nivel de luz: la iluminancia se mide en lux (en el sistema SI métrico), Un lux es un lumen por metro cuadrado,

- 1 lux = 1 lumen / m^2 = 0,0001 phot
- 1 phot = 1 lumen / cm^2 = 10000 lumens / m^2 = 10000 lux

El nivel de luz al aire libre es de aproximadamente 10 000 lux en un día claro, En un edificio, en la zona más próxima a las ventanas, el nivel de luz puede reducirse a aproximadamente 1 000 lux, En la zona media puede ser tan bajo como 25 - 50 lux, Un equipo de iluminación adicional se necesita a menudo para compensar los bajos niveles.

En general, los factores que afectan a la eficacia de la iluminación son la cantidad y calidad de la luz, la cantidad de parpadeo, cantidad de luz, contraste y sombras, Cada factor se debe ajustar de manera diferente para optimizar la iluminación, la seguridad en las operaciones, y las situaciones de emergencia de seguridad, Normas de iluminación también sirven para hacer frente a la gran cantidad de otros problemas relacionados con el diseño, la colocación, instalación, y los requisitos mínimos de energía y la asignación eficiente de la iluminación en diferentes ubicaciones con diferentes propósitos, así como la eficiencia, la durabilidad, el coste y facilidad de mantenimiento,

Tabla XI. **Iluminancias mínimas para locales comerciales e industriales**

Tipo de Local	Iluminancia [Lux]
Auditorios	300
Bancos	500
Bodegas	150
Bibliotecas públicas	400
Casinos, Restoranes, Cocina	300
Comedores	150
Fábricas en general	300
Imprentas	500
Laboratorios	500
Laboratorios de instrumentación	700
Naves de máquinas herramientas	300
Oficinas en general	400
Pasillos	50
Salas de trabajo con iluminación suplementaria en cada punto	150
Salas de dibujo profesional	500
Salas de tableros eléctricos	300
Subestaciones	300
Salas de venta	300
Talleres de servicio, reparaciones	200
Vestuarios industriales	100

Fuente: *Nivel de iluminación*. <https://www.scribd.com/doc/89053227/Tabla-de-nivel-de-iluminación-Nch-4-2003>. Consulta: 25 de febrero de 2017.

2.1.1.6.1. Cálculo del flujo luminoso total necesario en el taller

Primero se toman en cuenta las dimensiones del taller

- a = ancho (en m) = 28 m
- b = largo (en m) = 38 m
- h = alto (en m) = 15 m

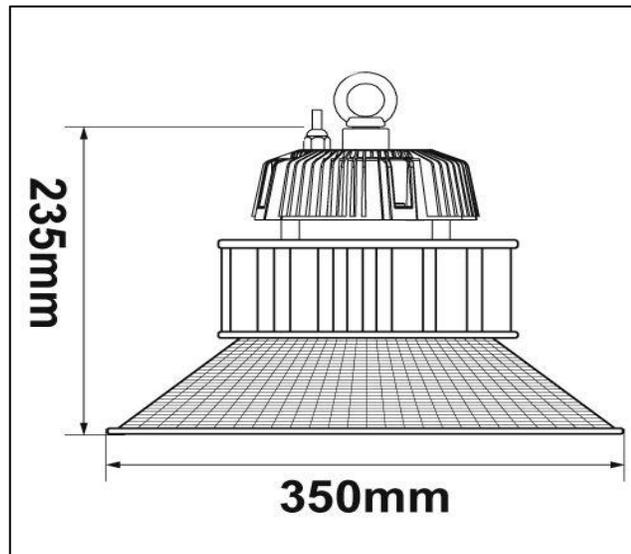
Se debe recordar que la altura del plano de trabajo es de tomarse en cuenta (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo) en este caso la altura mínima es de 0,85m.

Teniendo esto en mente ahora se determina el nivel de iluminancia que requiere el taller, esta se puede observar en la tabla X la cual indica que es un valor mínimo de 200 lux, para estar un poco arriba de eso y contar con buena iluminación se hará el cálculo en base a 300 lux.

El tipo de lámpara a utilizar, debido al tema ambiental se utilizará la luminaria led. Las especificaciones lumínicas y de instalación de la lámpara LED son las siguientes:

- Lúmenes totales emitidos: 11,500lm
- Rendimiento lumínico: 115lm/w
- Potencia nominal: 100w
- Color de luz: luz blanca
- Horas de vida estimado: 18 000 Hrs
- Otras aplicaciones: bodegas, planta de producción

Figura 16. Lámpara led y sus dimensiones



Fuente: Lámparas. https://ww.alibaba.com/product-detail/CE-UL-125LM-W-CRI-82_60676369793. Consulta: 25 de febrero de 2017.

- Cálculos

Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicamos la siguiente ecuación:

$$\Phi_T = \frac{E * S}{f_u * f_m}$$

Donde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- f_u es el factor de utilización

- f_m es el factor de mantenimiento

El factor de mantenimiento (f_m) o conservación de la instalación es el coeficiente que dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local, Para una limpieza periódica anual se puede tomar los siguientes. En un ambiente limpio el f_m es de 0,8, y en un ambiente sucio el f_m es de 0,6, en este caso debido al ambiente del taller se utilizará el factor de mantenimiento para un ambiente sucio.

El factor de utilización para luminaria tipo LED tiene un valor de 0,98.

Sustituyendo datos en la ecuación da lo siguiente:

$$\Phi_T = \frac{300 \text{ Lumen}/m^2 * 1064m^2}{0,98 * 0,6}$$

$$\Phi_T = 542,857,14lm$$

Una vez obtenido el flujo luminoso total a necesitar, se debe obtener el número de luminarias a colocar para cumplir con el flujo luminoso requerido, para ello utilizamos la siguiente ecuación:

$$N = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L}$$

Donde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_L es el flujo luminoso de la lámpara

- N es el número de luminarias
- n es el número de lámparas por luminaria

$$N = \frac{542857,14lm}{1 * 11500lm}$$

$$N = 47 \text{ Luminarias}$$

Una vez se ha calculado el número mínimo de lámparas se procede a distribuir las sobre el taller. Debido a la forma rectangular del taller las luminarias se repartirán de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del taller según las ecuaciones siguientes:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N}{largo} * ancho}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} * \frac{largo}{ancho}$$

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{47}{38} * 28}$$

$$N_{largo} = 5,88 * \frac{38}{28}$$

$$N_{ancho} = 5,88 \approx 6 \text{ luminarias}$$

$$N_{largo} = 7,98 \approx 8 \text{ luminarias}$$

2.1.1.6.2. Comparación y observación de ahorro energético

De ser utilizadas las luminarias un total de 8 horas al día por durante los 20 días hábiles del mes de trabajo se obtendría el siguiente consumo de potencia:

$$\text{Consumo} = 20 \text{ días} \times 8 \text{ horas} \times 100 \text{ W} \times 48 \text{ luminarias}$$

$$\text{Consumo} = 7\,680 \text{ kWh} * \text{ mes de trabajo}$$

Sabiendo que la compañía eléctrica hace un cobro de Q 1,44 por kWh consumidos, se tiene un costo total de Q 11 059,20 al mes por consumo de energía eléctrica de las luminarias led.

Por otro lado, la lámpara halógena equivalente que se utilizaría, Las especificaciones lumínicas y de instalación de la lámpara halógena son las siguientes:

- Lúmenes totales emitidos: 11,000 lm
- Rendimiento lumínico: 22 lm/w
- Potencia nominal: 500 w
- Color de luz: luz blanca muy cálida
- Horas de vida estimado: 5 000 Hrs
- Otras aplicaciones: bodegas, planta de producción

Asumiendo que se utilizará el mismo número de luminarias se procede a calcular el consumo de las mismas:

$$\text{Consumo} = 20\text{días} \times 8\text{ horas} \times 500\text{ W} \times 48\text{ luminarias}$$

$$\text{Consumo} = 38\ 400\text{ kWh* mes de trabajo}$$

Tomando en cuenta de nuevo que la compañía eléctrica hace un cobro de Q 1,44 por kWh consumidos. Se obtiene un costo total de Q 55 296,00 al mes por consumo de energía eléctrica; teniendo un costo 5 veces mayor a lo que se gastará con las luminarias led, sin mencionar que estas tienen un tiempo de vida de más de 3 veces que las iluminarias incandescentes halógenas,

2.1.1.6.3. Retorno de la inversión

Tomando en cuenta el precio de las luminarias led y el ahorro energético de cada mes al no utilizar luminarias halógenas, se realiza un cálculo de retorno de inversión:

Precio por luminaria Led descrita anteriormente es de Q 568,00.

$$\text{Ahorro energético por mes} = Q 55 296,00 - Q 11 059,20$$

$$\text{Ahorro energético por mes} = Q 44 236,80$$

Observación de diferencia de costo inicial por las luminarias:

$$\text{Gasto de compra de luminarias led} = Q 568,00 * 48$$

$$\text{Gasto de compra de luminarias led} = Q 27 264,00$$

$$\text{Gasto de compra de luminarias halógenas} = Q 317,00 * 48$$

$$\text{Gasto de compra de luminarias halógenas} = Q 15 216,00$$

Se realiza una interpolación lineal para encontrar en cuanto tiempo se recupera la inversión:

$$\text{tiempo en que se recupera la inversión} = \frac{Q 27264,00 \times 20 \text{días}}{Q 44236,80}$$

$$\text{tiempo en que se recupera la inversión} = 12,33 \text{ días}$$

2.2. Ubicación geográfica del taller

Para la instalación del taller se necesitará un área de al menos $1\ 064\ m^2$, sin embargo se necesitará un área de parqueo, por lo tanto, se ocuparán $280\ m^2$ más, llegando a un total de $1\ 344\ m^2$.

La ubicación geográfica del taller se basa en elegir la localización más idónea para determinar la población donde se va a ubicar, para lo que es necesario realizar un estudio detallado de algunos factores, entre los que destacan:

- La proximidad al mercado y a los clientes, la distancia a las áreas de influencia tales como zonas comerciales.
- Dotación de servicios e industrial de la zona, suministro de agua, luz y teléfono, así como de la infraestructura necesaria para el tipo de empresa que se vaya a implantar.
- La tasa de desempleo, disponibilidad de mano de obra cualificada, así como las posibilidades de subcontratación.

Ya que los principales clientes son plantas de generación eléctrica ubicadas cerca de Puerto Quetzal. Escuintla y que también existe un mercado en el trabajo de los turbocargadores que utilizan los barcos cargueros que llegan a este mismo puerto, la ubicación idónea del taller es en la carretera al pacífico de Guatemala. Sin embargo, ya se ha estipulado que la empresa trabaja también con plantas de generación eléctrica ubicadas en El Salvador y Costa Rica, teniendo esto en cuenta no se puede dejar afuera el hecho que se

recibirán partes enviadas por medio de flete aéreo a través del Aeropuerto Internacional la Aurora.

Tomando los factores anteriormente mencionados se cotizó diferentes lugares alrededor del kilómetro 27 al 38 carretera al pacifico de Guatemala, ya que este se encontraría aproximadamente a la misma distancia entre los clientes de Puerto Quetzal y el Aeropuerto Internacional de la ciudad de Guatemala, para no dificultar el manipular la entrega y la recepción de las partes a maquinar, además que este se encontraría antes de la Autopista Palín-Escuintla y de recibir entrega desde el aeropuerto no se necesitará pagar peaje por su uso. Otro factor importante de esta área es que se mantiene una temperatura ambiental aceptable de 24 °C a 28 °C para el buen funcionamiento del personal dentro del taller.

Figura 17. **Terreno en venta, km 28, carretera al Pacífico**



Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Terreno en venta, mm 37,3 carretera al Pacífico**



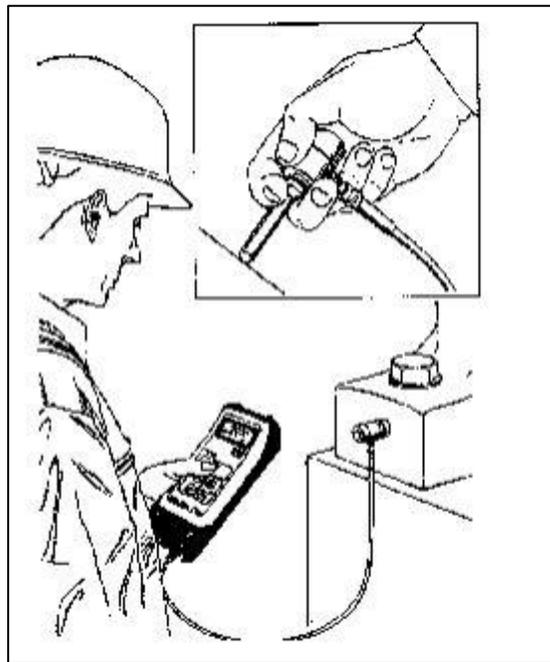
Fuente: elaboración propia.

2.3. Análisis de vibración de la maquinaria

La vibración es el movimiento de vaivén de una máquina o elemento de esta en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio, Generalmente, la causa de la vibración reside en problemas mecánicos: desequilibrio de elementos rotativos, desalineación en acoplamientos, engranajes desgastados o dañados, rodamientos deteriorados, fuerzas aerodinámicas o hidráulicas y problemas eléctricos, Estas causas como se puede suponer son fuerzas que cambian de dirección o de intensidad, estas fuerzas son debidas al movimiento rotativo de las piezas de la máquina, aunque cada uno de los problemas se detecta estudiando las características de vibración,

La esencia del estudio de vibraciones es realizar el análisis de las mismas, El análisis de datos consta de dos etapas: adquisición e interpretación de los datos obtenidos al medir la vibración de la máquina, El fin a alcanzar es determinar las condiciones mecánicas del equipo,

Figura 19. **Toma de datos de vibraciones con transductor**



Fuente: TORRES, Fernando. *Análisis e interpretación de datos*. p. 6.

La adquisición de datos es el primer y principal paso a dar para hacer un análisis de vibraciones. Los datos a tomar (desplazamiento, velocidad o aceleración) dependerán de la velocidad de la máquina, de acuerdo con su relación equivalente de frecuencia (rpm). Así, para bajas rpm, (bajos rpm), se tomarán datos de desplazamientos. Para velocidades que estén dentro del orden de 300 y 60 000 rpm, se medirán velocidades. Y para los que sean de orden superior, los datos a tomar serán aceleraciones.

Para la elaboración de este informe se tuvo la oportunidad de visitar al taller de Elliott Turbocharger Ebara Group el cual se encuentra en la 4ª avenida 4-44, zona 8 de Mixco; en esta visita se pudo tomar mediciones de vibraciones de diferente maquinaria. Se tomaron 12 diferentes tomas en total de todas las mediciones de vibraciones que se midieron, estas vibraciones fueron medidas en mm/s de pico a pico y fueron tomadas en distintas partes de las bases de la maquinaria para ver cuanta vibración tiene que lidiar con la cimentación.

Figura 20. **Medición de vibraciones en balanceadora con capacidad de 1 000 kg (lateral de la balanceadora)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. **Medición de vibraciones en balaceadora con capacidad de 1 000 kg (parte media de la balaceadora)**



Fuente: elaboración propia

Figura 22. **Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg (base perpendicular a la instrumentación)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg
(base perpendicular al mandril)**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Medición de vibraciones en torno de capacidad de 300 kg
(base del soporte medio del torno)**



Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que estos análisis de cada máquina se tomaron respecto a diferentes revoluciones por minuto de trabajo y con diferentes pesos de pieza ya que eran diferentes piezas manipuladas en cada máquina. Los datos de las pruebas se estipulan en la siguiente tabla:

Tabla XII. **Tabla de parámetros para la medición de vibración en la maquinaria**

Parámetros de medición	Peso de la pieza manipulada (kg)	RPM del elemento giratorio de la máquina	Vibración más alta marcada por el transductor (mm/s)
Balancadora	600	300	1,30
Torno	150	500	3,75

Fuente: elaboración propia.

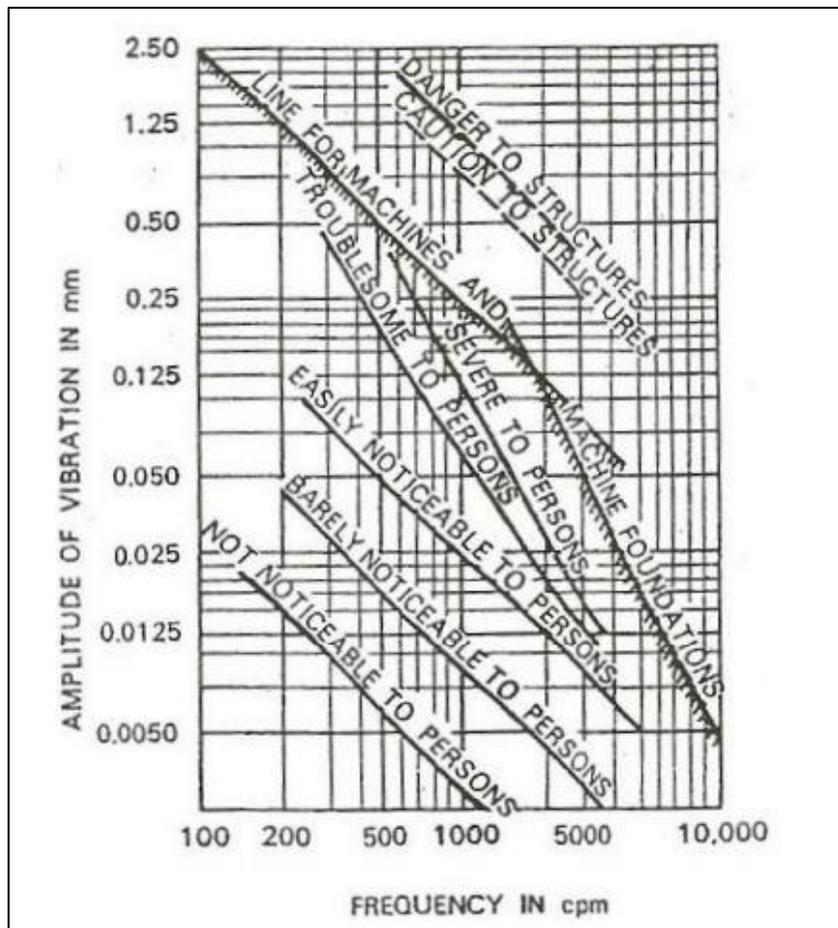
En la tabla XI se indican las rpm a las que trabajaba la maquinaria durante el análisis de vibraciones y el dato más alto marcado por el transductor en mm/s sin embargo estos datos fueron los más altos que marco el transductor en las bases de las máquinas ya que esto es el máximo que debe soportar la cimentación de la máquina.

Un punto importante a la hora de hablar de vibraciones es conocer la severidad de vibración, ella indica la gravedad que puede tener un defecto. La amplitud de la vibración expresa la gravedad del problema, pero es difícil establecer valores límites de la vibración que detecten un fallo.

Las amplitudes permisibles son generalmente especificadas por los diseñadores del equipo dinámico. La amplitud permisible de la cimentación es gobernada por la relativa importancia del equipo dinámico y la sensibilidad de las estructuras cercanas a la vibración. Cuando la hoja técnica del equipo

dinámico no contiene las amplitudes permisibles, los valores de la figura 25 podrían ser adoptados para diseños preliminares. La línea sombreada en la figura 25 indica solo el límite de seguridad y no el límite para el funcionamiento satisfactorio del equipo dinámico.

Figura 25. **Límites de amplitud de desplazamiento en función de frecuencia de vibración**



Fuente: ANGOS, Miguel. *Manual de diseño de cimentaciones tipo bloque para equipo dinámico*.

p. 32.

La figura 25 muestra una gráfica la cual relaciona amplitud (mm) versus frecuencia (cpm) e indica los límites de amplitud de desplazamiento en relación a la seguridad y si es necesario colocar una cimentación aislada para dicha máquina.

A continuación, se calcula la amplitud de desplazamiento para la balanceadora, para esto es importante notar que la medida de velocidad tomada por el transductor:

$$V = 1,30 \frac{mm}{s}$$

$$D = ?$$

$$f = 300 \text{ rpm} \cdot 1\text{Hz} = 60 \text{ rpm}$$

$$f = \frac{300 \text{ rpm}}{60 \text{ rpm}} * 1 \text{ Hz}$$

$$1\text{Hz} = 1 \frac{1}{s}$$

$$D = \frac{V}{f} = \frac{1,30 \frac{mm}{s}}{5 \frac{1}{s}} \text{ Pico} = 0,26 \text{ mm pico}$$

Donde:

- V = velocidad de pico a pico
- D = desplazamiento
- f = frecuencia

Figura 26. **Multiplicador de las formas de las ondas senoidales**

Sinusoidal Wave Forms Multiplier x (A=xB) A				
	Peak	Peak-to-Peak	RMS	Average
Peak	1	0.5	1.414	1.570
B Peak-to-Peak	2	1	2.828	3.140
RMS	0.707	0.354	1	1.110
Average	0.637	0.319	0.901	1

Fuente: *Industria altijuana*. www.industrialaltijuana.com/pdf/E-4.pdf. Consulta: 25 de febrero de 2017.

Para obtener el valor de distancia mm de pico a pico se utilizan los datos de la tabla de la figura 26; de esa manera se obtiene el resultado siguiente:

$$0,26mm \text{ pico} \times 0,5 = 0,13mm \text{ pico a pico}$$

Tomando los valores referentes para la gráfica de la figura 25, se tiene 300 cpm como coordinada x de la tabla y un valor de 0,13 como coordinada y se nota que indica la misma gráfica que las vibraciones causadas no son nada alarmantes, por lo tanto, no hay necesidad de cimentación aislada.

2.4. Cimentación aislada

Según los datos obtenidos durante el análisis de vibraciones se llegó a la conclusión de que no es necesaria una cimentación aislada para ninguna de esta maquinaria; sin embargo, si esta hubiera sido necesaria se debe tomar en cuenta lo siguiente.

A diferencia de las cimentaciones de una edificación, que generalmente están sometidas a cargas estáticas, las cimentaciones de maquinaria están sometidas frecuentemente a cargas cíclicas. La existencia de cargas cíclicas obliga a considerar el estado límite de servicio de vibraciones y el estado límite último de fatiga.

Los materiales de construcción para cimentación aislada de la máquina pueden estar divididos en dos grupos principales:

- Los materiales estructurales usados principalmente para llevar y transmitir cargas (piedra, concreto simple, concreto armado, acero).
- Los materiales amortiguadores de vibración y sonido.

Las máquinas producen vibraciones, estas deberían ser aisladas de su subestructura o su cimentación por un estrato que amortigua la vibración, lo cual provee al mismo tiempo un soporte elástico para la máquina. Estos recubrimientos de amortiguación absorben vibraciones en virtud de sus propiedades elásticas.

Los rellenos que amortiguan vibración están insertados entre la máquina y su cimentación o estructura de respaldo; también, pueden ser colocados entre la fundación de la máquina y el suelo.

3. FASE DE DOCENCIA

El personal existente de la empresa se compone de gerente, superintendentes técnicos y administración/recursos humanos. Las capacitaciones realizadas se enfocaron a nivel personal técnico sobre el taller.

Los temas impartidos durante estas capacitaciones se seleccionaron junto con el gerente general y superintendentes; estos temas fueron elegidos debido a su importancia para que los trabajos diarios del taller se realicen de manera eficiente y segura tanto para las maquinas como para el personal que las opera.

Se impartieron distintas charlas para que las propuestas de capacitación fueran aceptadas por los jefes. Se aprovechó la oportunidad para realizar pruebas opción múltiple de manera que se comprobara el entendimiento de los temas impartidos.

A continuación se desglosan los temas impartidos:

- Aplicación de lubricante
 - Rozamiento entre elementos de máquinas
 - Desgaste entre elementos de máquinas
 - Lubricantes empleados en las máquinas
 - Lubricación de máquinas

- Principios básicos de la neumática

- Aire comprimido
- Depósitos de aire comprimido
- Distribución de aire comprimido
- Simbología neumática

Figura 27. Foto de presentación de los temas de capacitación



Fuente: elaboración propia.

Tipos de desgastes mecánicos:

- La tribología
 - Introducción

- Fricción
 - Tipos de rozamiento
 - Rozamiento entre superficies de sólidos

- Desgaste
 - Introducción

Figura 28. **Personal instruido con los temas impartidos**



Fuente: elaboración propia.

Higiene y seguridad industrial:

- Análisis de riesgos
 - Riesgo químico
 - Riesgo físico
 - Riesgo eléctrico

- Equipo de protección personal
- Limpieza personal para evitar contaminaciones

CONCLUSIONES

1. A través de análisis de reportes y conveniencia de ubicación según la dirección y manera de arribo de las partes a maquinar, se propuso un plan de instalación en el cual se identifica la maquinaria, acondicionamiento del área y ubicación geográfica del taller.
2. Se determinó el funcionamiento de cada máquina a instalar en el taller según la necesidad de las piezas a trabajar.
3. Se realizaron distintas capacitaciones con el fin de que el futuro personal de operación cuide de la mejor manera la maquinaria del taller para proteger su integridad, a la vez utilizando lo aprendido en seguridad industrial para la prevención de accidentes.
4. Se realizó un plano eléctrico del taller de manera que se observe el diseño de la fuerza eléctrica instalada, la potencia máxima se determinó con un valor de 63,68 KW y un valor de corriente total de 85 amperios.
5. La iluminación del taller se calculó según sus dimensiones tomando en cuenta especialmente la altura del techo donde colgarán las 24 luminarias de tipo led distribuidas equitativamente en el área cuadrada del taller.
6. Se determinó la ubicación de la maquinaria según la conveniencia del espacio del taller, la ubicación de la grúa y la seguridad del personal ya

que para la soldadura y *sandblast* se planearon cuartos aislados dentro del taller.

7. Se determinó la capacidad de cada máquina según el peso de las piezas a tratar en cada una y en algunas el espacio en metros cúbicos requeridos para que las piezas quepan sin problema alguno.
8. Se realizó un análisis de vibraciones en la balanceadora y en el torno para verificar si era necesario acondicionar el área con cimentación aislada para cada una de estas; en los cálculos se observan que los valores obtenidos de 1,3 mm/s y 3,76 mm/s no son de mayor importancia para realizar una cimentación aislada; de igual manera se detallaron especificaciones de la cimentación aislada de ser necesaria a instalar en un futuro.

RECOMENDACIONES

1. Normas ISO y OHSAS a implementar, el Jefe de taller designar personal para realizar la documentación requerida para el proceso de implementación de las normas ISO y OHSAS, las cuales se podrán observar en el anexo 2,
2. Los interruptores y demás mandos de puesta en marcha de las máquinas, se deben asegurar para que no sean accionados involuntariamente; las arrancadas involuntarias han producido muchos accidentes.
3. Los engranajes, correas de transmisión, poleas, cardanes e incluso los ejes lisos que sobresalgan deben ser protegidos por cubiertas.
4. Conectar el equipo a tableros eléctricos que cuente con interruptor diferencial y la puesta a tierra correspondiente.
5. Todas las operaciones de comprobación, medición, ajuste, entre otros, deben realizarse con la máquina parada.
6. Los trabajadores deben utilizar anteojos de seguridad contra impactos, sobre todo cuando se mecanizan metales duros, frágiles o quebradizos, debido al peligro que representa para los ojos las virutas y fragmentos de la máquina que pudieran salir proyectados.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGOS TACO, Miguel Angel. *Manual de diseño de cimentaciones tipo bloque para equipo dinámico*. Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, 2009. 206 p.
2. *Balancing machine*. [En línea]. <<http://www.erbessd-instruments.com/esp/balancing-machines/ei-1000/specs.php>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
3. *Creación de empresas*. [En línea]. <<http://www.creacionempresas.com/planteamientos-previos-a-la-eleccion-de-negocio/la-ubicacion-de-la-empresa>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
4. Ecoluxlite. *Lámparas fluorescentes*. [En línea]. <http://www.ecoluxlite.com/home/index.php?option=com_virtuemart&view=productdetails&virtuemart_product_id=1211&virtuemart_category_id=10&Itemid=383&lang=es>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
5. *Herramientas neumáticas*. [En línea]. <<http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-yaccesorios/herramientas-neumaticas-introduccion>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
6. MAN Diesel & Turbo. *Manual de instrucción de operación turbocargador tipo TCA*. [En línea]. <<https://turbocharger.mandieselturbo.com/docs/default-source/shopwaredocuments/tcaturbochargerf451>>

d068cde04720bdc9b8e95b7c0f8e.pdf?sfvrsn=3>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].

7. _____. *Manual de piezas de recambio turbocargador TCA*. [En línea]. <http://www.scottmarinepower.com/?gclid=EAlaIQobChMI4eNqYLF2gIV0VmGCh1cWAlwEAAYASAAEgJULvD_BwE>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
8. _____. Luigi Lagrange. *Reporte de servicio turbocargador TCA*. [En línea]. <https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:281163/mmsi:247303400/imo:9292759/vessel:LUIGI_LAGRANGE>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
9. _____. *Manual de instrucción de operación turbocargador tipo TCR*. [En línea]. <https://turbocharger.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider9/turbocharger_doc/product-fact-sheet-tcr.pdf?sfvrsn=0>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
10. _____. *Manual de piezas de recambio turbocargador TCR*. [En línea]. <<https://turbocharger.mandieselturbo.com/products/tcr>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
11. _____. *Reporte de servicio turbocargador TCR, 2015*. [En línea]. <http://www.scottmarinepower.com/?gclid=EAlaIQobChMImLHrNrG2gIVRTqBCh0mSgj7EAAYASAAEgLZmfD_BwE>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].

12. Máquinas, herramientas y CNC. *Tipos de torno*. [En línea]. <<https://pyrosisproyect.wordpress.com/2011/09/07/tipos-de-torno/>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
13. _____. *Refrigerantes*. [En línea]. <<https://pyrosisproyect.wordpress.com/2011/09/09/normas-de-seguridad-3/>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
14. MetAs & metrólogos asociados. *Máquinas y balanceo dinámico*. [En línea]. <http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-10-04-balanceo_dinamico.pdf>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
15. ROYO, Jesús A. *Análisis de vibraciones e interpretación de datos*. [En línea]. <<http://guemisa.com/articul/pdf/vibraciones.pdf>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].
16. Solter. *Soldadura*. [En línea]. <<https://www.solter.com/es/procesos-soldadura/tig>>. [Consulta: 25 de febrero de 2017].

APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja de asistencia, aplicación de lubricantes



MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda.

REGISTRO DE CAPACITACIÓN O REUNIÓN

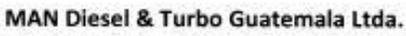
AREA			
MANTENIMIENTO <input checked="" type="checkbox"/>	SERVICIOS <input type="checkbox"/>	REPUESTOS <input type="checkbox"/>	
CHARLA <input type="checkbox"/>	REUNIÓN <input type="checkbox"/>	CURSO <input checked="" type="checkbox"/>	INDUCCIÓN <input type="checkbox"/>
DATOS DE TIEMPO		DATOS GENERALES	
FECHA: / /	LUGAR:	TEMA: <i>Aplicación de lubricantes</i>	
DURACIÓN:	OBJETIVO DEL TEMA:		
NOMBRE	PUESTO	DEPARTAMENTO	FIRMA
1. <i>Johann Bunn</i>	<i>Administración</i>	<i>/</i>	<i>[Signature]</i>
2. <i>Luis Mario Soto</i>	<i>Supervisor</i>	<i>/</i>	<i>[Signature]</i>
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
COMENTARIOS GENERALES:			

6A. Avenida 1-36 Zona 14 Edif. Plaza Los Arcos
 Guatemala City, Central America
 Phone + 502 23682744
 Fax: + 502 23682833

www.mandieselturbo.com

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Hoja de asistencia, principios básicos de la neumática




REGISTRO DE CAPACITACIÓN O REUNIÓN

AREA			
MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/>	SERVICIOS <input type="checkbox"/>	REPUESTOS <input type="checkbox"/>	
CHARLA <input type="checkbox"/>	REUNIÓN <input type="checkbox"/>	CURSO <input type="checkbox"/>	INDUCCIÓN <input type="checkbox"/>
DATOS DE TIEMPO		DATOS GENERALES	
FECHA: / /		LUGAR:	
DURACIÓN:		TEMA: <i>Principios básicos de la Neumática</i>	
		OBJETIVO DEL TEMA:	
NOMBRE	PUESTO	DEPARTAMENTO	FIRMA
1. <i>Gilberto Jara</i>	<i>Admon</i>	<i>Admon</i>	<i>[Signature]</i>
2. <i>Luis Mario Soto</i>	<i>Tecnico</i>	<i>Field Serv</i>	<i>[Signature]</i>
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
COMENTARIOS GENERALES:			

61. Avenida 1-36 Zona 14 Edif. Plaza Los Arcos
 Guatemala City, Central America
 Phone + 502 23682744
 Fax: + 502 23682833

www.mandieselturbo.com

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Hoja de asistencia, tipos de desgastes mecánicos



MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda.

REGISTRO DE CAPACITACIÓN O REUNIÓN

AREA			
<input type="checkbox"/> MANTENIMIENTO	<input type="checkbox"/> SERVICIOS	<input type="checkbox"/> REPUESTOS	
<input type="checkbox"/> CHARLA	<input type="checkbox"/> REUNIÓN	<input type="checkbox"/> CURSO	<input type="checkbox"/> INDUCCIÓN
DATOS DE TIEMPO		DATOS GENERALES	
FECHA: / /		LUGAR:	
DURACIÓN:		OBJETIVO DEL TEMA:	
TEMA: <i>Tipos de desgastes Mecánicos</i>			
COMENTARIOS GENERALES:			

NOMBRE	PUESTO	DEPARTAMENTO	FIRMA
1. <i>Adrian Zun</i>	<i>admon</i>	<i>admon</i>	<i>[Signature]</i>
2. <i>Luis Mario Soto</i>	<i>Field Serv.</i>	<i>Turbo</i>	<i>[Signature]</i>
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			

6ª. Avenida 1-36 Zona 14 Edif. Plaza Los Arcos
 Guatemala City, Central America
 Phone + 502 23682744
 Fax: + 502 23682833

www.mandieselturbo.com

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Hoja de asistencia, higiene y seguridad industrial



MAN Diesel & Turbo Guatemala Ltda.

REGISTRO DE CAPACITACIÓN O REUNIÓN

AREA			
MANTENIMIENTO <input type="checkbox"/>		SERVICIOS <input type="checkbox"/>	
REUNIÓN <input type="checkbox"/>		REPUESTOS <input type="checkbox"/>	
CHARLA <input type="checkbox"/>	REUNIÓN <input type="checkbox"/>	CURSO <input type="checkbox"/>	INDUCCIÓN <input type="checkbox"/>
DATOS DE TIEMPO		DATOS GENERALES	
FECHA: / /	LUGAR:	Higiene y Seguridad Industrial	
DURACIÓN:	OBJETIVO DEL TEMA:		
NOMBRE	PUESTO	DEPARTAMENTO	FIRMA
1. <i>Adrián Jara</i>	<i>Adrián</i>	<i>Adrián</i>	<i>[Signature]</i>
2. <i>Luis Mario Soto</i>	<i>S. Intendente</i>	<i>Freddy Soto</i>	<i>[Signature]</i>
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			
11.			
12.			
COMENTARIOS GENERALES:			

69, Avenida 1-36 Zona 14 Edif. Plaza Los Arcos
 Guatemala City, Central America
 Phone + 502 23682744
 Fax: + 502 23682833

www.mandieselturbo.com

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Normas ISO y OHSAS para implementar en el taller

ISO 9001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN		
PLANIFICAR	4.1. Comprensión de la organización y su contexto	Matriz de parte interesadas Mapa de Procesos Análisis FODA
	4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	Matriz de partes interesadas
	4.3. Determinación del alcance del SGC	Matriz de eficacia
	4.4. Sistema de gestión de la calidad y sus procesos	Manual SI Mapa de Proceso
5. LIDERAZGO		
	5.1. Liderazgo y compromiso	Descripción y perfil de puesto Plan y realización de revisiones por la dirección. FT de los procesos estratégicos
	5.2. Política	Matriz de eficacia
	5.3. Roles, responsabilidades y autoridades de la organización	Organigrama
6. PLANIFICACIÓN		
	6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Identificación de riesgo y oportunidades en cada FT
	6.2. Objetivos de la calidad y planificación para lograrlos	Matriz de eficacia
	6.3. Planificación de los cambios	FT Gestión de cambios

Continuación del apéndice 5.

ISO 14001:2015	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN	
4.1. Comprensión de la Organización y su contexto	Análisis FODA
4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	Matriz de partes interesadas
4.3. Determinación del alcance del SGA	Matriz de eficacia, manual SI
4.4. Sistema de gestión ambiental	Manual de SI Matriz de interacciones de procesos
5. LIDERAZGO	
5.1. Liderazgo y compromiso	Descripción y perfil de puesto Plan y realización de revisiones por la dirección. FT de los procesos estratégicos
5.2. Política ambiental	Política de ambiente de la corporación
5.3. Roles, responsabilidades y autoridades de la organización	Organigrama
6. PLANIFICACIÓN	
6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades	Matriz de aspecto e impacto significativos procesos operativos Matriz de aspecto e impacto significativos procesos administrativos
6.2. Objetivos ambientales y planificación para lograrlos	KPI de objetivos ambientales

Continuación del apéndice 5.

OHSAS 18001:2007	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4. REQUISITOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN	
4.1. Requisitos generales	Manual de SI
4.3. PLANIFICACION	
4.2. Política de SSO	<p>Descripción y perfil de puesto</p> <p>Política de ambiente de la corporacion</p>
4.3.1 Identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles.	<p>Matriz de peligros y riesgos (Operativos - Administrativos)</p> <p>Proced de Ind Eva peligros y riesgos</p>
4.3.2. Requisitos legales y otros requisitos	Matriz de requisitos legales y reglamentarios
4.3.3. Objetivos y programas	<p>KPI de objetivos SSO</p> <p>Guia de buenas practicas ambientales</p>

Continuación del apéndice 5.

ISO 9001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
HACER	7. APOYO	
	7.1. Recursos	Utilization Rate Programa de Mantenimiento de Infraestructura Programa de Calibracion
	7.2. Competencia	Perfil de Puestos Hoja de Vida Evaluacion de Desempeño Programa de Capacitacion Certificado de Participacion
	7.3. Toma de conciencia	Procedimiento de Toma de Conciencia
	7.4. Comunicación	Matriz de Comunicación
	7.5. Información documentada	Lista Maestra de: Documentos Internos Documentos Externos Registros
	8. OPERACIÓN	
	8.1. Planificación y control operacional	Orden de Trabajo (Workorder para taller) y #project (para planta, buque o dique)
	8.2. Requisitos para los Servicios	
	8.3. Diseño y desarrollo de los productos y servicios	N/A
	8.4. Control de los procesos, productos y servicios suministrados externamente.	FT. Evaluacion de Proveedores Informe de Evaluacion de Proveedores
	8.5. Producción y provisión del servicio.	Reporte de Servicio (Taller, Buque-Dique-Planta)
	8.6. Liberación de los productos y servicios.	Envío del Reporte al cliente por el Services Manager
8.7. Control de las salidas no conformes	FT Tecnica Registros de Salidas no conforme	

Continuación del apéndice 5.

ISO 14001:2015	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
7. APOYO	
7.1. Recursos	Utilization Rate-Capacidad Programa de Mantenimiento de Infraestructura Programa de Calibracion
7.2. Competencia	Perfil de Puestos Hoja de Vida Evaluacion de Desempeño Programa de Capacitacion Certificado de Participacion
7.3. Toma de conciencia	Procedimiento de Toma de Conciencia
7.4. Comunicación	Matriz de Comunicación Proc de Couminicacion de Peligro
7.5. Información documentada	Lista Maestra de: Documentos Internos Documentos Externos Registros
8. OPERACIÓN	
8.1. Planificación y control operacional	Analisis de Trabajo Seguro FT de Control Operacional Check List de Inspeccion Tecnica de Seguridad
8.2. Preparación y respuesta ante emergencias	Procedimiento de Preparacion ante Emergencia Plan de Emergencia de oficina Ficha de Informacion de Emergencia

Continuación del apéndice 5.

OHSAS 18001:2007	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4.4. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	
4.4.1. Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad.	Organigrama
4.4.2. Competencia, formación y toma de conciencia	Perfil de Puestos Hoja de Vida Evaluación de Desempeño Programa de Capacitación Certificado de Participación
4.4.3. Comunicación, participación y consulta	Matriz de Comunicación
4.4.4. Documentación 4.4.5. Control de Documentos 4.5.4. Control de los registros	Lista Maestra de: Documentos Internos Documentos Externos Registros
4.4. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN	
4.4.6. Control Operacional	Análisis de Trabajo Seguro FT de Control Operacional Check List de Inspección Técnica de Seguridad MSDS Criterio de Evaluación Médica
4.4.7. Preparación y respuesta ante emergencias.	Plan de Emergencia Ficha de Información de Emergencia

Continuación del apéndice 5.

ISO 9001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO		
VERIFICAR	9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación	Encuesta de Satisfaccion del Cliente
	9.2. Auditoría Interna	FT Auditoria Interna Plan de Auditoria Informe de Auditoria
	9.3. Revisión por la Dirección	Informe de Revison x Direccion
ISO 9001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
10. MEJORA		
ACTUAR	10.1. Generalidades	
	10.2. No conformidad y Acción Correctiva	FT Accion Correctiva Solicitud de Accion Correctiva
	10.3. Mejora continua	

Continuación del apéndice 5.

ISO 14001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
9. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO		
9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación		Encuesta de Satisfaccion del Cliente
9.2. Auditoría Interna		FT Auditoria Interna Plan de Auditoria Informe de Auditoria
9.3. Revisión por la Dirección		Informe de Revision x Direccion
ISO 14001:2015		INFORMACIÓN DOCUMENTADA
10. MEJORA		
10.1. Generalidades		
10.2. No conformidad y Acción Correctiva		FT Accion Correctiva Solicitud de Accion Correctiva
10.3. Mejora continua		

Continuación del apéndice 5.

OHSAS 18001:2007	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4.5. VERIFICACIÓN	
4.5.1. Medición y seguimiento del desempeño.	Encuesta de Satisfacción del Cliente
4.5.2. Evaluación del cumplimiento legal	
4.5.5. Auditoría Interna	FT Auditoria Interna Plan de Auditoria Informe de Auditoria
4.6. Revisión por la Dirección	Informe de Revisión x Dirección
OHSAS 18001:2007	INFORMACIÓN DOCUMENTADA
4.5.3. Investigación de incidentes, no conformidad, acción correctiva y acción preventiva	Proc de Investigación de Accidentes Formulario de Entrevistas

Fuente: elaboración propia.

