



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

**MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS
MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG**

Donaldo Herberth Montejo López

Asesorado por el Ing. Randy Waldomelvi Montejo Camposeco

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS
MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA

POR

DONALDO HERBERTH MONTEJO LÓPEZ

ASESORADO POR EL ING. RANDY WALDOMELVI MONTEJO CAMPOSECO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
EXAMINADOR	Ing. Herberth Antonio Mendoza
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

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:

MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 15 de febrero de 2015.

Donaldo Herberth Montejo López

Guatemala, 20 de febrero de 2015

Ingeniero
Julio César Campos Paiz
Director de Escuela Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC.

Señor Director:

De la manera más atenta me dirijo a usted, para informarle que he asesorado el trabajo de graduación de Donaldo Herberth Montejo López con carné 199312565, titulado: "MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS MÓVILES CÓNICAS HP *NORDBERG*".

Después de leer y analizar los conceptos expuestos en este trabajo de graduación y estando satisfecho en mi calidad de asesor me permito someterla a su consideración y aprobación.

Atentamente,



Ing. Randy Waldomelvi Montejo Camposeco
Colegiado 4926





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.282.2015

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado: **MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG** del estudiante **Donaldo Herberth Montejo López** recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, septiembre de 2015



USAC
TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

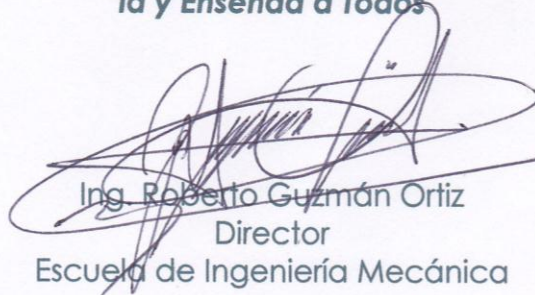
Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.325.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria del trabajo de graduación titulado: **MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG** del Estudiante **Donaldo Herberth Montejo López**, Carné No. **1993-12565** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, octubre de 2015

/aej

Universidad de San Carlos
de Guatemala

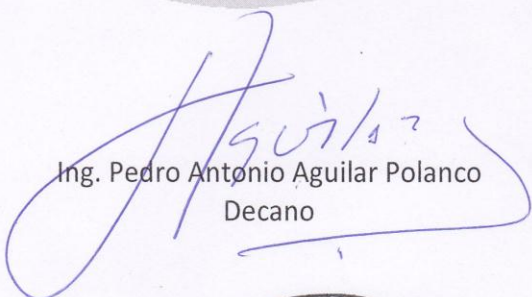


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 556.2015

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: **MONTAJE Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS TRITURADORAS MÓVILES CÓNICAS HP NORDBERG**, presentado por el estudiante universitario: **Donaldo Herberth Montejo López**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque es parte de mi vida y su presencia en ella me hace apreciar mejor lo que pasa a mí alrededor. Por el amor, la salud, la fortaleza, sabiduría y por esta meta alcanzada.
- Mis padres** José Santiago Montejo Domingo y María Trinidad López Silvestre, porque siempre me han dado amor, sabios consejos y apoyo en toda mi vida.
- Mi esposa** Mirna Montejo Delgado, porque Dios me permite tenerla a mi lado, por su apoyo y ayuda para alcanzar esta meta, amiga y esposa, madre de tres hermosos hijos.
- Mis hijos** Emily Yanira, Marian Suzette y Ethan Rogelio Montejo por su comprensión, amor, dulzura y por ser el motor que impulsa mi vida. Dios les bendiga y acompañe siempre.
- Mis hermanos** Marvin, Walkyria y Melissa Montejo López, por el amor, apoyo y unidad que siempre hemos tenido.

Mis abuelos

Por el amor y cuidado que siempre me demostraron.

Mi familia

Tíos y primos, por sus consejos y el amor que nos une.

Mi suegro

Rogelio Montejo Díaz, (q. e. p. d.), porque fue parte de mi vida y su presencia en ella me hizo ser una persona diferente; por su apoyo incondicional para que yo alcanzara esta meta.

AGRADECIMIENTOS A:

- | | |
|--|---|
| Ing. Randy Waldomelvi
Montejo Camposeco | Por su ayuda y apoyo profesional. |
| Ing. Carlos Humberto
Pérez Rodríguez | Por su apoyo y sabios consejos. |
| Ing. Arturo Pérez | Por su apoyo y sabios consejos. |
| Ing. Salvador Ramírez Leal | Por su apoyo y por permitir mejorar mis conocimientos dentro de su empresa. |

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA TRITURADORA.....	1
1.1. Estructura de soporte	1
1.2. Trituradora cónica.....	3
1.2.1. Capacidad y rendimiento	4
1.2.2. Componentes de la trituradora	6
1.3. Criba horizontal	15
1.4. Transportadores de alimentación y descarga.....	18
1.5. Sistema hidráulico	19
1.6. Sistema de lubricación del cono	22
1.6.1. Componentes del sistema de lubricación	23
2. MONTAJE DE LA PLANTA TRITURADORA.....	29
2.1. Montaje.....	29
2.2. Plataforma para el montaje.....	29
2.2.1. Determinación de cargas.....	30
2.2.2. Procedimiento de nivelación, compactación y pruebas de laboratorio.....	34

2.3.	Selección de las bases del montaje	39
2.4.	Herramientas y equipo de montaje	41
2.5.	Montaje de la planta trituradora.....	42
3.	PLANOS DE LOS COMPONENTES Y SECUENCIA DE MONTAJE	43
3.1.	Planos de la trituradora cónica.....	43
3.2.	Planos de la criba horizontal	44
3.3.	Planos de los transportadores de alimentación y descarga	45
3.4.	Plano o diagrama del sistema hidráulico.....	50
3.5.	Plano de la plataforma y montaje de la trituradora.....	51
4.	LUBRICACIÓN	53
4.1.	Tipos y sistemas de lubricación	53
4.1.1.	Tipos de lubricación.....	53
4.1.2.	Sistemas de lubricación	55
4.1.2.1.	Sistemas de aplicación de aceite	55
4.1.2.2.	Sistemas de aplicación de grasas	59
4.1.3.	Sistemas de lubricación de la planta trituradora.....	60
4.2.	Aceites y grasas lubricantes.....	61
4.2.1.	Aceites lubricantes	61
4.2.1.1.	Clases de aceites	62
4.2.1.2.	Tipos de aceites	62
4.2.1.3.	Principales propiedades de los aceites.....	63
4.2.2.	Grasas lubricantes	68
4.2.2.1.	Principales propiedades de las grasas.....	69
4.3.	Especificación de lubricantes	71
4.4.	Programa de lubricación	72

4.4.1.	Identificación de los puntos a lubricar, recolección de la información	72
4.4.2.	Determinación de las propiedades de los lubricantes a utilizar en diferentes puntos, cantidad, frecuencia y método de aplicación	74
4.4.3.	Guía de lubricación de la planta trituradora	82
4.4.4.	Formatos de control de servicio	84
5.	PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO.....	85
5.1.	Mantenimiento	85
5.2.	Tipos de mantenimiento	85
5.2.1.	Preventivo.....	86
5.2.1.1.	Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso.....	86
5.2.1.2.	Mantenimiento con base en las condiciones de operación del equipo...	87
5.2.2.	Correctivo	93
5.2.3.	De oportunidad	93
5.3.	Programas de mantenimiento.....	93
5.4.	Implementación del programa de mantenimiento	95
5.4.1.	Identificación de equipos	95
5.4.2.	Historial del equipo	95
5.4.3.	Condiciones del equipo	96
5.4.4.	Análisis de condición del equipo.....	97
5.4.5.	Listas de inspección	98
5.4.6.	Órdenes de trabajo	102
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	105

BIBLIOGRAFÍA.....	107
APÉNDICES.....	109
ANEXOS.....	113

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Chasis de la planta	1
2.	Sección de la suspensión.....	2
3.	Distribución de las bases de soporte.....	3
4.	Trituradora cónica serie HP.....	4
5.	Componentes de la trituradora.....	7
6.	Bases del motor eléctrico y polea, dimensiones en pulgadas	8
7.	Ejes gemelos	16
8.	Composición de la criba	17
9.	Estructura de los transportadores	19
10.	Conexiones del sistema hidráulico	22
11.	Conexión de la bomba	25
12.	Conjunto del sistema de lubricación.....	27
13.	Distribución de áreas.....	32
14.	Movimiento de tierras.....	35
15.	Levantamiento topográfico	36
16.	Llenado de la plataforma.....	37
17.	Tendido del material con motoniveladora.....	37
18.	Compactación de la plataforma.....	38
19.	Plano de la trituradora cónica.....	43
20.	Plano de la criba horizontal	44
21.	Planos de los transportadores de alimentación y descarga	45
22.	Plano o diagrama del sistema hidráulico.....	50
23.	Plano de la plataforma y montaje de la trituradora.....	51

TABLAS

I.	Regímenes de circulación, presiones de funcionamiento y capacidades del depósito de lubricante	24
II.	RPM de la bomba y requisitos del motor eléctrico	25
III.	Carga segura de apoyo para suelos	30
IV.	Propiedades de la madera con 12 % de contenido de humedad.....	40
V.	Cuadro de sistemas que se aplican en la planta	61
VI.	Grados de consistencia	70
VII.	Guía de lubricación	83
VIII.	Programa de inspección diaria de mantenimiento	87
IX.	Programa de inspección semanal de mantenimiento	89
X.	Programa de inspección mensual de mantenimiento	91
XI.	Programa de inspección anual de mantenimiento	92
XII.	Guía de evaluación de mantenimiento del equipo	96
XIII.	Programa de actividades de mantenimiento	99

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CF	Caballos de fuerza
W	Carga en puntos de apoyo
GPM	Galones por minuto
CST	Grados Centistock. Medida de la viscosidad cinemática, cociente entre viscosidad dinámica y densidad.
Psi	Libras sobre pulgada cuadrada (Lb/pl ²)
SSU	Medida de viscosidad en segundos Saibolt universal.
P	Puntos de apoyo
RPM	Revoluciones por minuto

GLOSARIO

Alifáticos	Hidrocarburos compuestos orgánicos constituidos por carbono e hidrogeno cuyo carácter no es aromático.
Anillo de ajuste	Componente que sirve para realizar los ajustes de abertura o cierre de la cavidad de triturado.
Bastidor central	Es el soporte sobre el cual van instalados todos los componentes de la parte superior de la trituradora y funciona como carcasa de protección del mismo.
Buje	Sección metálica que aloja en su interior un elemento o eje macizo que se mantiene fijo o en movimiento, según sea la aplicación industrial.
Cámara de triturado	Es la cavidad donde se aloja el material ubicado entre el cono y el tazón. En este espacio se da la trituración de los materiales.
Casquillo	Base sobre la cual se da el movimiento de la cabeza cónica.
Chaveta	Sección que se compone de una base en la cual va instalado un pin pasador.

Chumaceras	Son unidades que funcionan con un cojinete de bolas, rodillos, etc., alojados en su interior; la parte exterior se fija a la estructura de soporte.
Circuito cerrado	Es un proceso de trituración en el cual los materiales triturables recorren hacia el cono y la evacuación del producto final depende de la graduación que se da en la criba por medio de zarandas o mallas.
Contraeje	Es un eje que posee un piñón que acciona la corona que va instalado en la excéntrica giratoria. Recibe este nombre por la posición y función que tiene en la trituradora cónica.
Correas en V	Comúnmente llamadas fajas en V, las cuales son el medio para transmitir la potencia entre un motor eléctrico y la unidad que se desea mover.
Cubo de la polea	Parte que externamente aloja una polea y que internamente aloja un buje que van montados sobre el eje de un motor eléctrico.
Densidad	Unidad de medida de una masa por un volumen determinado.
Diésteres	Derivado de los glicoles comunes, su aplicación como disolventes en los aceites y resinas las hace muy importantes.

Estopera	Es la parte superior que va instalada sobre el bastidor central, la cual es accionada con los cilindros hidráulicos, permitiendo la sujeción del tazón para que pueda darse la trituración.
Manto	Protector que cubre la cabeza cónica.
Motoniveladora	Equipos que sirven para realizar limpieza y dejar la superficie nivelada donde se requiera más precisión, a través de una cuchilla que va instalada bajo una tornamesa accionada con mandos hidráulicos. Son accionados por un motor de combustión el cual acciona sistemas hidrostáticos e hidráulicos para su movimiento.
Piñón cónico	Engranaje helicoidal que hace contacto con la corona.
Placa de distribución	Es la pieza que va instalada sobre la cabeza del cono, la cual distribuye el material hacia la cavidad de manera uniforme a 360 grados.
Plasticidad	Es la característica de ser moldeables que tienen algunos materiales ante la presencia de humedad.
Resortaje ballesta	Es un muelle de suspensión para la estructura de la trituradora.

Rodo vibratorio	Equipo que utiliza un sistema hidráulico para accionar un eje excéntrico que provoca vibración en un rodo lizo para obtener una compactación de la superficie.
Siliconas	Polímero inorgánico inerte y estable a altas temperaturas lo que la hace útil en lubricantes para aplicaciones industriales.
Tazón	Componente que forma parte superior de la trituradora cónica.
Torque	Unidad de medida de la fuerza por unidad de longitud.
Tractor de banda	Equipo que sirve para realizar limpieza de áreas grandes y al mismo tiempo emparejarlas desalojando material de sobre tamaño, a través de la cuchilla que va instalada en la parte frontal.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación es una herramienta importante para implementar las medidas necesarias en las empresas que cuenten con plantas trituradoras móviles HP, para mantenerlos en buenas condiciones operacionales.

Para realizar las instalaciones mecánicas, particularmente de las plantas trituradoras móviles cónicas HP Nordberg, han sido establecidas con anterioridad normas que constituyen los requisitos mínimos que se consideran necesarios para montarlas sobre plataformas previamente elaboradas y realizar los mantenimientos respectivos.

Estas instalaciones mecánicas deben incluir detalles especiales del área en donde estará instalada la planta de trituración, indicando con exactitud y claridad todos los constituyentes de las instalaciones con las características técnicas de los materiales que se emplearán y procedimientos técnicos de ejecución.

El correcto montaje y mantenimiento de plantas trituradoras móviles cónicas HP Nordberg, contribuirá a que toda empresa que requiera mayor eficiencia, ahorro de energía, de tiempo y recursos económicos conozca estos equipos desde sus componentes, su funcionamiento, hasta la correcta selección de aceites y lubricantes, para mejorar los programas de mantenimiento preventivo; esto obedece a que se debe mantener la cultura operacional preventiva.

OBJETIVOS

General

Realizar un manual que contenga el soporte técnico para el montaje y mantenimiento de plantas trituradoras móviles cónicas HP Nordberg.

Específicos

1. Describir los componentes principales que conforman la planta trituradora y definir el procedimiento para su montaje.
2. Dibujar los componentes y la secuencia del montaje de la planta trituradora.
3. Determinar el óptimo programa de lubricación para la planta trituradora, utilizando el material adecuado.
4. Establecer el programa de mantenimiento para la planta trituradora para un mejor rendimiento de la misma.

INTRODUCCIÓN

Las plantas trituradoras móviles cónicas son el medio para triturar la piedra y obtener productos para distintas aplicaciones en el campo de la ingeniería. En empresas que se dedican a la construcción de carreteras existe este tipo de plantas específicamente para obtener los materiales que conforman el soporte y la carpeta asfáltica.

Actualmente, la demanda de materiales para trabajos o aplicaciones de ingeniería se ha incrementado significativamente; debido a ello los constructores de carreteras deben cumplir con estrictos controles de calidad para garantizar que la vida útil de las aplicaciones se cumpla como lo exigen las normas establecidas.

Para atender a dichas demandas de producción de cualquier empresa, es necesario conjugar dos aspectos muy elementales como el correcto montaje y el mantenimiento de la planta trituradora móvil. Esto permite incrementar la eficiencia y un aprovechamiento óptimo de la misma y la reducción de los tiempos muertos durante la producción de los materiales. Para lograr esto es muy importante utilizar las bases de soporte necesarias para realizar dicho montaje, ya que los materiales se comportan de distintas formas bajo las cargas a que son sometidas.

Como parte de un buen mantenimiento también debe considerarse la utilización de aceites y lubricantes en los compartimientos y puntos donde se requieran en la planta trituradora, tomando en cuenta los períodos en los que estos cumplen con la función propiamente de lubricación.

El propósito esencial del presente trabajo es realizar un manual que contenga el soporte técnico para el montaje y mantenimiento de plantas trituradoras móviles cónicas HP Nordberg, en el que se describan además los componentes principales que las conforman, tomando en consideración criterios óptimos que permitan realizar esta tarea con base en cálculos matemáticos, entrevistas, investigaciones y criterios de diseño.

Se utilizarán bases de madera en el proceso de montaje de acuerdo con los cálculos de diseño, capaces de soportar las cargas en cada base de soporte de la planta; este montaje se realizará sobre una plataforma que también debe cumplir con los requisitos necesarios de laboratorio de suelos, para soportar dichas cargas. El tercer capítulo describe por medio de planos, todos los componentes de la planta y la plataforma del montaje propiamente. El cuarto capítulo describe los tipos, métodos y sistemas de lubricación que se utilizan en los compartimientos y partes de la planta. Para finalizar se describen los programas de mantenimiento que se utilizan para mantener la planta en óptimas condiciones de trabajo, los cuales se miden a través de formatos de control general del equipo.

El montaje y mantenimiento de plantas trituradoras móviles HP podrá ser implementado en las empresas que se dedican a producir agregados pétreos o para otras aplicaciones en el ramo de la construcción de la ingeniería, para mantener o mejorar las condiciones de su equipo y atender a las demandas de producción requeridas, tomando en cuenta que con un equipo en buenas condiciones se cumple con las normas de control de calidad sobre los mismos.

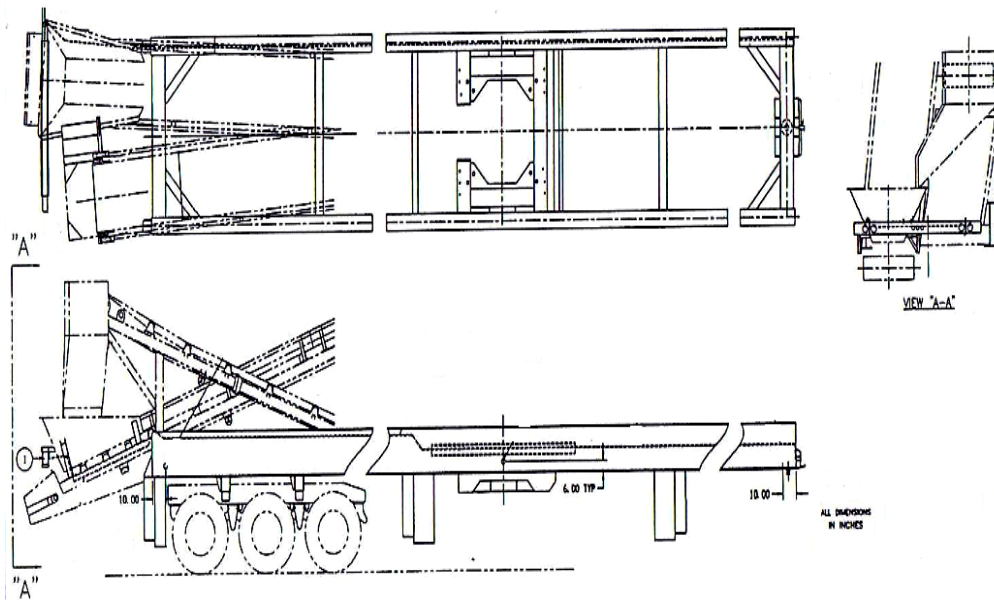
1. COMPONENTES PRINCIPALES DE LA PLANTA TRITURADORA

Describe las partes que forman el conjunto de la planta trituradora cónica HP de la firma Nordberg.

1.1. Estructura de soporte

Consiste en la estructura sobre la cual van montados todos los componentes que forman la planta de trituración; se compone de vigas, angulares planas, las cuales van unidas con soldadura y remaches.

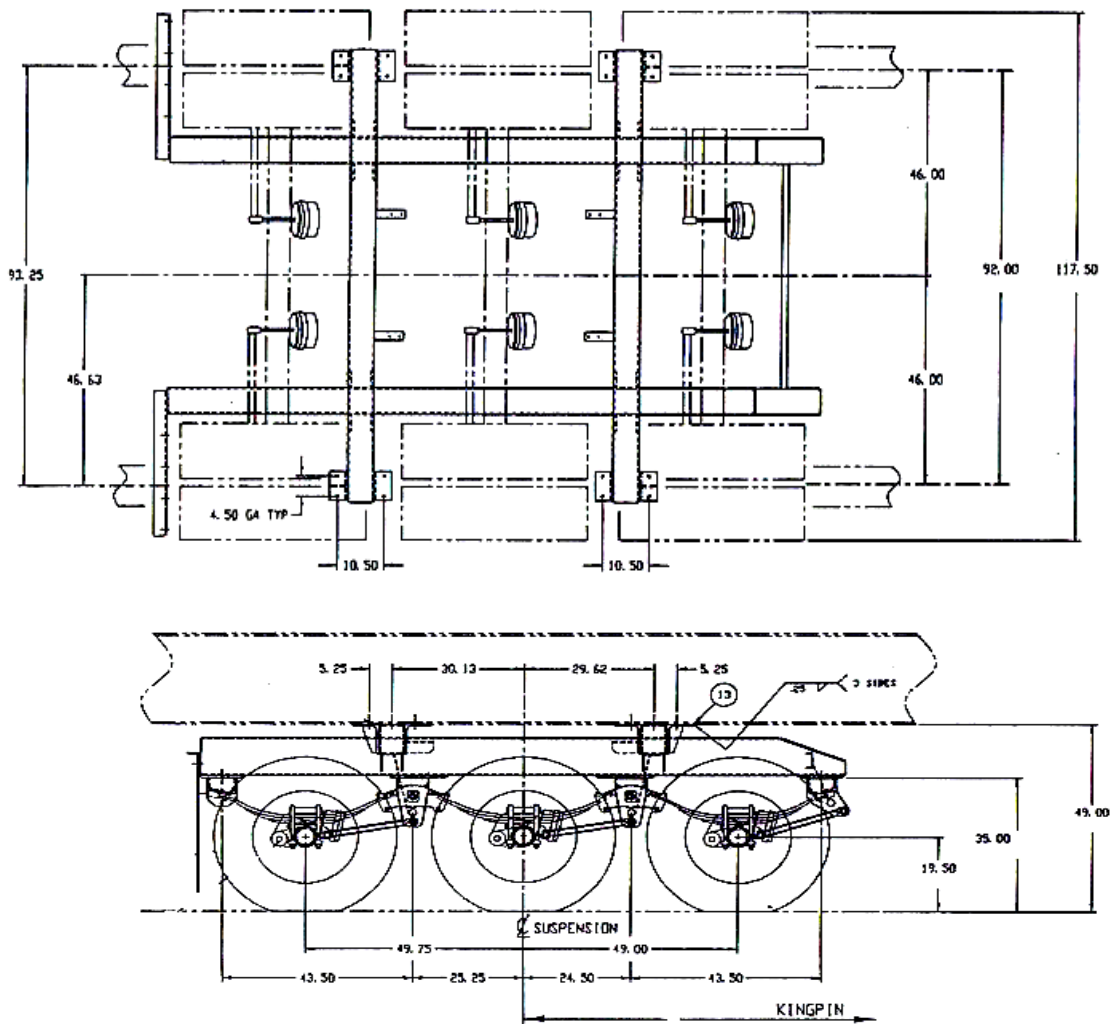
Figura 1. Chasis de la planta



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada.* p. 5.

El chasis está diseñado para ser remolcado y reposa sobre tres ejes con resortaje de ballesta en uno de los extremos y en el otro, la plataforma de remolque.

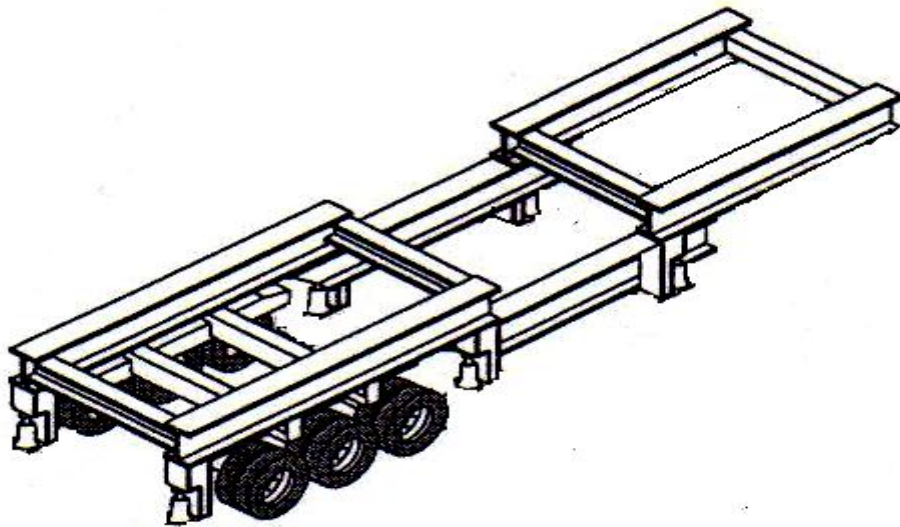
Figura 2. Sección de la suspensión



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada.* p. 2.

Ocho son las bases que le prestan estabilidad a la planta trituradora, las cuales están distribuidas de tal forma que soportan la carga completa de la máquina en vacío u operando. La sección de remolque va montada sobre bases móviles o ajustables que completan la estabilidad de la planta.

Figura 3. **Distribución de las bases de soporte**



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada*. p. 4.

1.2. Trituradora cónica

La trituradora representa uno de los componentes del circuito. Como tal, su rendimiento dependerá en parte de la selección y el manejo debidos de alimentadores, cintas transportadoras, cribas, estructura de soporte, motores eléctricos, elementos motrices y depósitos de flujo.

Figura 4. Trituradora cónica serie HP



Fuente: METSO. [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/\\$File/HP_English.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/$File/HP_English.pdf). Consulta: mayo de 2015.

1.2.1. Capacidad y rendimiento

La atención a los factores que se enumeran a continuación realzará la capacidad y el rendimiento de la trituradora, donde corresponda:

- Selección oportuna de la cámara de triturado, teniéndose en cuenta el material que haya que triturar.
- Un grado de alimentación que contenga la distribución apropiada de los tamaños de las partículas.
- Regímenes de alimentación regulados.

- Adecuada distribución de la alimentación, 360 grados alrededor de la cámara de la trituradora y arriba de la placa de distribución.
- Cinta transportadora de descarga de dimensiones que la permitan equipararse a la capacidad máxima de la trituradora.
- Criba preliminar y de circuito cerrado de aptas dimensiones.
- Mandos de automatización.
- Zona adecuada de descarga de la trituradora.

Los siguientes factores disminuirán la capacidad y el rendimiento de la trituradora:

- El material arcilloso o con presencia de contaminantes orgánicos en la alimentación de la trituradora que no permiten la trituración repercute en los componentes de transmisión de potencia como ruptura de correas en V del motor eléctrico. Estos materiales reflejan un índice de plasticidad elevado en el producto final no deseable para fines de construcción.
- Los finos en la alimentación de la trituradora (más pequeñas que la calibración de la trituradora), en cantidades que sobrepasen un 10 % de la capacidad de la trituradora.
- Humedad excesiva de la alimentación y segregación de la alimentación en la cavidad de la trituradora.
- Falta de control de la alimentación: existe la alimentación variable dependiendo de la demanda en el cono, pero no se debe confundir con el descontrol que puede ocasionar el operador de la planta.

- Indebida distribución de la alimentación alrededor de la circunferencia de la cavidad de triturado.
- Empleo ineficaz de la potencia conectada recomendada.
- Capacidad insuficiente de la cinta transportadora.
- Capacidades insuficientes de la criba preliminar y la de circuito cerrado y zona insuficiente de descarga de la trituradora.
- Material poco triturable debido a su dureza.
- Funcionamiento de la trituradora a velocidades a toda carga inferiores a las recomendadas.

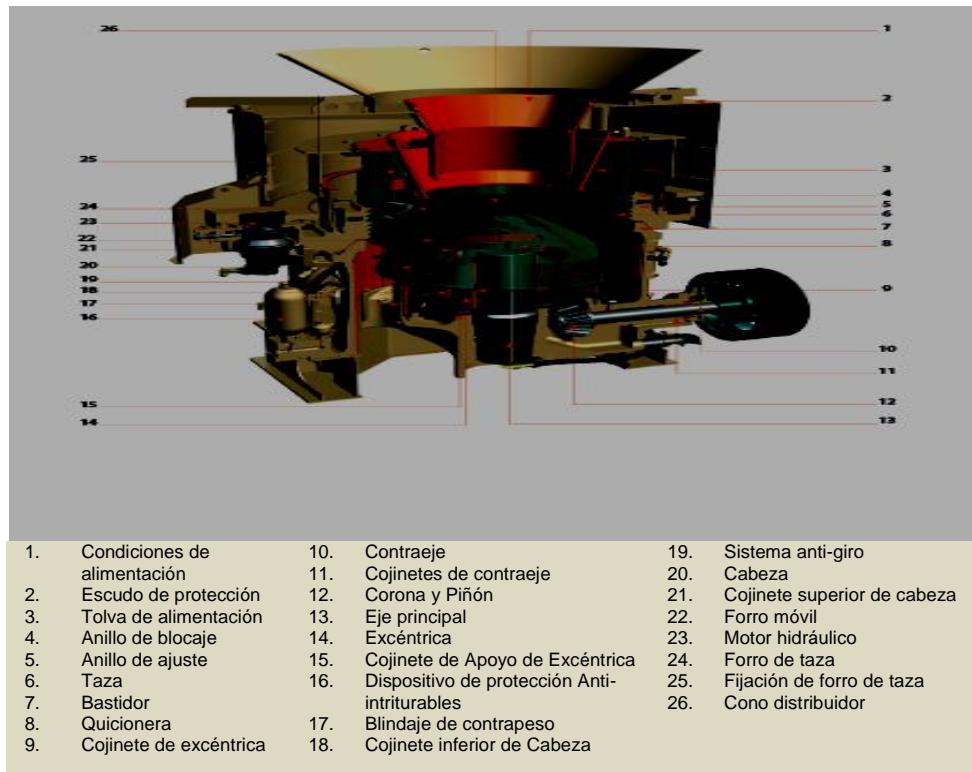
1.2.2. Componentes de la trituradora

- Conjuntos del motor eléctrico, polea y correas tipo “V”: el motor eléctrico de mando es de inducido de barras y régimen continuo, con par normal de torsión o torque y momento máximo de torsión normal, con una variación aceptable de voltaje de +/- 10 %.
- Deben utilizarse aisladores resistentes a los abrasivos y de termostatos de estator (unos dispositivos internos de protección). El motor puede ser abierto a prueba de goteo o totalmente enclaustrado con refrigeración por ventilador.

Si se hace uso de transmisiones por correa en V, deberá tenerse precaución al encargarse el motor, de modo que los cojinetes del mismo sean de las

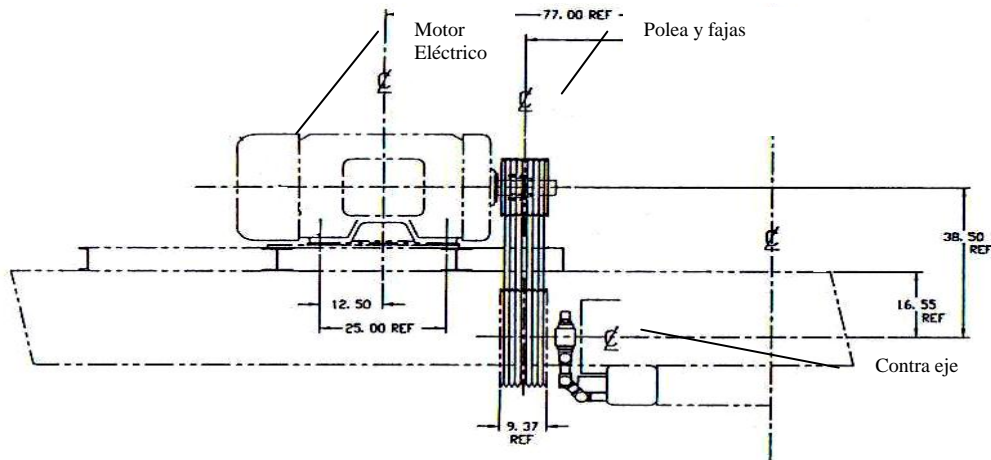
dimensiones idóneas para los superproyectados, peso de la polea y tracción de las correas. El diámetro del eje del motor deberá soportar un par de torsión o torque a máxima intensidad, y simultáneamente, el arqueado a causa de la tracción de las correas y del peso de la polea. Este habrá de tener la suficiente longitud para acomodar el largo total del buje o del cubo de la polea del motor, al tiempo que brinde espacio libre entre el alojamiento del motor y la pestaña de la polea.

Figura 5. Componentes de la trituradora



Fuente: METSO. [http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/\\$File/HP_English.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/E97EA3B5DC0F5D3241256B09004C2861/$File/HP_English.pdf). Consulta: mayo de 2015.

Figura 6. Bases del motor eléctrico y polea, dimensiones en pulgadas



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada.* p. 9.

Con las transmisiones por correa en cuña se precisarán correderas bajo el motor, de forma que se proporcione tolerancia para el tensado de tales correas debido al estirado de las mismas y para la instalación de estas. Normalmente se recomienda que la trituradora la impulse este tipo de correa del tipo en cuña ("V"); resulta particularmente deseable porque, en primer lugar, cuenta con un rasgo que impide que se transmitan al motor cargas masivas, y en segundo lugar, tiene la capacidad de soportar cargas repentinas sin pérdida alguna resultante en la velocidad de la trituradora.

El bastidor central, el cual se hallará firmemente atornillado a unos cimientos, transmitirá a dichos cimientos la fuerza de triturado y les brindará a los restantes componentes de la trituradora un soporte rígido. El revestimiento del bastidor central soldado o atornillado al interior de tal bastidor, junto con protectores de brazos de palanca, son recambiables y resguardarán contra el desgaste el interior del citado bastidor central.

Existe un protector recambiable adosado al diámetro exterior del contrapeso dirigido a preservar este contrapeso de la excéntrica contra el desgaste excesivo durante el funcionamiento.

Un anillo de ajuste, el cual se asienta en una superficie cónica fresada de la parte del bastidor central, va roscado en su diámetro interior con el objeto de ofrecer el medio de ajuste del conjunto del tazón. Un anillo de sujeción que se apoya por encima del de ajuste en un juego de cilindros de fijación, va roscado en su diámetro interior y se utiliza para brindar el medio de bloquear en el anillo de ajuste el conjunto del tazón en la posición de triturado. Una carcasa contra el polvo adosada a la parte superior del anillo de ajuste, resguardará contra el polvo y la suciedad las roscas del tazón y los cilindros de fijación.

Los cilindros hidráulicos conectados a los bajos del bastidor y atornillados al anillo de ajuste, unen firmemente al bastidor central y anillo de ajuste, permitiendo que este último resista fuerzas normales de triturado. Fuerzas excesivas que provengan del funcionamiento debido al proceso de materiales no triturables harán que el anillo de ajuste se alce, lo cual, a su vez, arrastrará hacia arriba los vástagos que se hallan dentro de los cilindros hidráulicos.

El lubricante se verá desalojado de la recámara del cilindro superior introduciéndose dentro del acumulador, lo cual ejercerá una mayor compresión del nitrógeno gaseoso en el interior de tal acumulador. Una vez que la sobrecarga de hierro haya pasado por la trituradora y se hayan normalizado las fuerzas de triturado, el nitrógeno a presión hará que el lubricante regrese al cilindro, los vástagos se traerán y el anillo de ajuste volverá nuevamente a asentarse en el bastidor central.

Los pasadores del bastidor que, según las dimensiones de la trituradora sobresaldrán de la parte superior de dicho bastidor o de los bajos del anillo de ajuste, evitarán que el citado anillo gire y servirán de guía, a fin de que dicho anillo recupere su posición original al elevarse o inclinarse.

Un cojinete de empuje atornillado al bastidor central alrededor de la base del eje principal sirve de soporte a la excéntrica giratoria. Calzas intercambiadas por debajo de este cojinete de empuje establecerán el juego entre dientes y la compensación radical del engranaje y el piñón.

Una junta estática vaciada en “U” no metálica, pegada a un surco que circunda el área del receptáculo del engranaje del bastidor central, con la junta giratoria en “T” de la sección inferior del contrapeso proporcionará un sellado hermético del tipo de laberinto que prevendrá las fugas de lubricante y protegerá contra la penetración del polvo, las superficies del cojinete, del piñón y del engranaje.

El eje principal, sólidamente montado en el cubo central del bastidor y alrededor del cual girará la excéntrica, servirá asimismo de soporte del casquillo.

En relación con los conjuntos de la caja del contraeje, del contraeje propiamente dicho y de la polea, la potencia se transmitirá de la fuente motriz inicial por medio de una correa en cuña (“V”) o de un acoplamiento directo. El contraeje que lleva adosado un piñón cónico, impulsará a su vez el engranaje del conjunto de la excéntrica. Al contraeje lo sustentan dos cojinetes de camisa o bujes. Estos van sujetos con pasadores a la caja del contraeje, a fin de evitarse posibilidad alguna de giro de los mismos.

Las bridas de los bujes del contraeje soportarán las cargas de empuje axial, procedentes ya sea del piñón o del surtidor de lubricante. El surtidor de lubricante entremetido o comprimido en el extremo motriz del contraeje, extrae lubricante desde el interior de la caja de dicho contraeje, valiéndose de la fuerza centrífuga. Un alojamiento que cubre este surtidor de lubricante está diseñado de modo que permita que el lubricante regrese a la trituradora para su ulterior utilización.

La caja del contraeje encaja a presión en el bastidor central y se halla firmemente sujeta en su lugar mediante tornillos de casquete cuadrado de amplio diámetro. Un “*O-Ring*” o sello de labio, situado entre las superficies internas acoplantes de la caja y el bastidor, proporciona un sellado hermético al lubricante.

Un protector de la caja del contraeje resguarda la parte de esta, que se ve expuesta a desgaste ocasionado por la caída de los materiales. En las trituradoras HP200, la caja del contraeje constituye pieza integral del bastidor central.

La polea tipo “V” de la trituradora posee buje cónico partido desmontable tanto de la polea como del contraeje, al cual van enroscados tornillos de casquete cuadrado de combinación de tensado y retracción propiamente de la polea. El desplazamiento axial, permisible entre el buje de la polea y el surtidor del lubricante para los diferentes modelos de trituradoras, se habrá fijado correctamente en la fábrica. Sin embargo, dado que resultará importante para el propio funcionamiento de dicha trituradora, hará falta que se lleve a cabo la ulterior inspección del mencionado desplazamiento axial. El contraeje habrá de hallarse en libertad de moverse hacia adentro y hacia fuera.

La excéntrica, cuyo diámetro interior no es ni paralelo ni convergente, brindará los medios a través de los cuales la cabeza seguirá una trayectoria irregular durante cada ciclo de rotación. Un buje de excéntrica fijado al diámetro interior de la misma le proporcionará al eje principal una superficie de apoyo. Un piñón cónico grande atornillado a la sección inferior de la excéntrica, será impulsado por el piñón del contraeje. La excéntrica, a su vez, girará alrededor del eje principal estático. El conjunto íntegro lo sustentará una serie de cojinetes de empuje.

El cojinete superior de empuje de bronce va atornillado a la sección inferior de la excéntrica y el cojinete interior estático de empuje de acero va atornillado al bastidor central. Esta serie de cojinetes de empuje disminuirá el desgaste del conjunto de la excéntrica que origina la presión. El juego entre dientes y la holgura de raíz entre el engranaje y el piñón los mantendrán en este conjunto el poner o quitar calzas intercaladas por debajo del cojinete inferior de empuje.

El contrapeso instalado en la excéntrica cuenta con un lado liviano y otro pesado y se encuentra situado de manera que aminore las fuerzas desequilibradas que generarán el movimiento de la trituradora. Segmentos del contrapeso atornillados a dicho contrapeso afinan el equilibrio conforme se requiera en mantos de diversos pesos. Al contrapeso lo protegerán contra los materiales de descarga que se caigan, el revestimiento y la tapa del mismo soldadas a esta.

Juntas en “U y en T”, que circundan las secciones superior e inferior del contrapeso, brindarán un cierre hermético del tipo de laberinto de polvo, en el engranaje, el piñón y las superficies de apoyo.

El casquillo, junto con su revestimiento, sustentarán el conjunto de la cabeza y transmitirán la fuerza de triturado al bastidor central. El casquillo se sujeta firmemente al eje principal mediante un encaje de interferencia y una serie de tornillos de casquete cuadrado instalados en su perímetro.

El revestimiento del casquillo queda acoplado a la parte superior con espigas y brindará la superficie de soporte a la esfera de la cabeza atornillada a los bajos de la cabeza. La superficie esférica de soporte con surcos del revestimiento del casquillo se lubricará a fondo por medio de aceite a presión, la cual se bombeará a través de conductos que conectarán entre sí, prolongándose los mismos desde el eje principal hasta el buje.

La cabeza junto con el manto recambiable, constituirán el miembro de triturado giratorio o de mando, el cual, en combinación con el tazón y el revestimiento de este último, formarán la recámara de triturado. En la parte superior del manto se encuentra el anillo de corte, ambos están firmemente sujetos a la cabeza mediante un perno de fijación en dos piezas que va roscado directamente a la cabeza.

El modelo HP400 no cuenta con anillo de corte. El citado perno de fijación proporcionará a sí mismo soporte a la placa alimentadora. Esta placa alimentadora gira con la cabeza y es la responsable de distribuir de manera uniforme la alimentación alrededor de la cavidad de triturado.

Los bajos de la cabeza van abocardados hacia una esfera que está atornillada a dicha cabeza y dos bujes (superior e inferior) que quedan sujetos en su lugar por medio de un encaje de interferencia, chavetas y tornillos de fijación.

La esfera de la cabeza se asienta en la superficie cóncava del revestimiento del casquillo en la parte superior del eje y el buje inferior de la cabeza se adapta sobre la excéntrica impulsando la cabeza en su movimiento angular o giratorio, exclusivamente a través del contacto entre el buje y la excéntrica. A fin de retenerse la esfera de la cabeza en el revestimiento del casquillo, el buje superior de la cabeza hará contacto con el revestimiento del casquillo durante el funcionamiento sin carga.

Los conductos de lubricante por el eje principal dirigirán el lubricante hacia los bujes superior e inferior de la cabeza y revestimiento del casquillo.

Una junta giratoria vaciada en “T” no metálica pegada a un surco de los bajos de la cabeza, junto con la junta en “U” del contrapeso, brindará un sellado hermético del tipo de laberinto que evitará las fugas de lubricante y protegerá contra la penetración del polvo, el engranaje, el piñón y las superficies de apoyo. Hacia los bajos de la cabeza se ha vaciado un deflector de lubricante del tipo de anaquel el cual prevendrá que las salpicaduras de dicho lubricante se filtren más allá de las juntas del laberinto.

El tazón, que va unido en su diámetro exterior, quedará suspendido para servicio pesado en el interior del anillo de ajuste. Este tazón puede regularse verticalmente girándolo alrededor del anillo de ajuste en el sentido de las manecillas del reloj o al sentido contrario. La regulación del tazón controlará la variación del tamaño de la abertura de alimentación y descarga.

El anillo de ajuste que descansa en la parte superior del bastidor central hace contacto con un sello de labio en la parte inferior de la carcasa contra el polvo atornillado al anillo de sujeción, y brindará al tazón y al anillo de fijación un sello hermético formado por una cubierta protectora.

Una serie de cilindros hidráulicos de fijación a resorte, situados alrededor de la parte inferior del anillo de ajuste, empujarán hacia arriba el anillo de fijación. El tazón dará vueltas con la tapa de ajuste provocando que esta haga girar el mecanismo de ajuste hidráulico para servicio pesado, el cual se halla instalado en el anillo de ajuste.

La placa alimentadora que se asienta sobre espigas en el manto y la parte superior del tazón, dirigirá al interior de la placa de triturado la alimentación que se reciba. Una capa de fibra de vidrio comprimido alrededor de la parte superior del revestimiento del tazón proporcionará un sello hermético que impedirá que penetre el polvo del triturado por la sección inferior de la tolva.

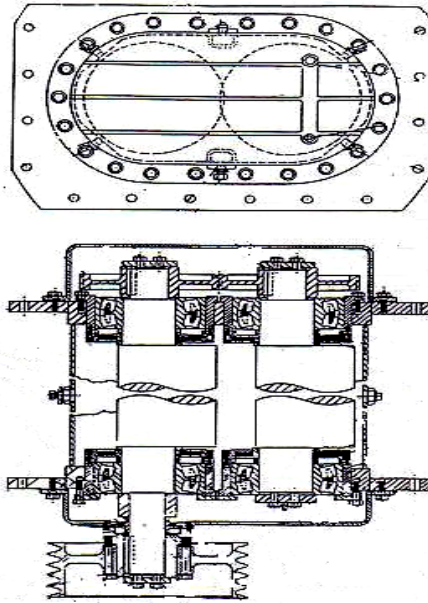
La plataforma alimentadora constituye una estructura rígida optativa, la cual va suspendida por encima de la tolva alimentadora de la trituradora mediante cuatro patas o ángulos.

El extremo inferior de cada pata se coloca sobre una estructura de sustentación de acero que conciba o manufacture el cliente. Una espita alimentadora, la cual forma parte de la plataforma alimentadora, dirigirá y recluirá el caudal de la alimentación recibida.

1.3. Criba horizontal

La criba horizontal es una unidad de ejes gemelos en donde estos han sido programados conjuntamente para producir un movimiento lineal recto. Es usada cuando la altura libre es un problema y se requiere de una acción transportadora, así como también de cribado, desagüe y deslamación.

Figura 7. Ejes gemelos



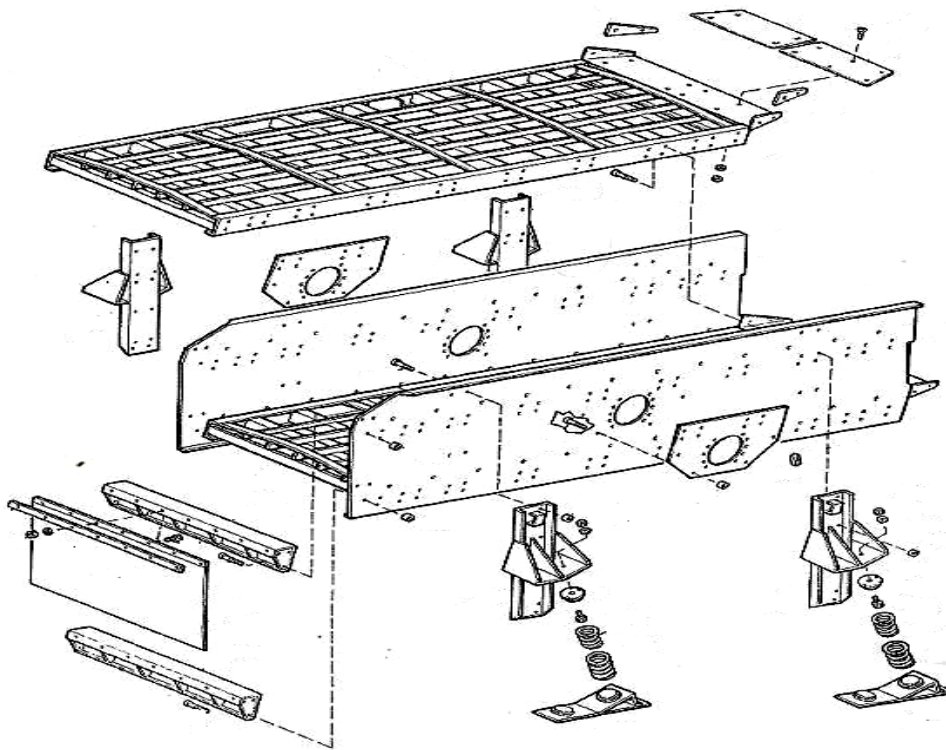
Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada*. Sección modelo de engranaje. p. 7.

Los cojinetes de rodillos de contrafricción son lubricados con aceite, el cual es contenido en las envolturas o en los tubos de los ejes. Los cojinetes son montados en envolturas individuales. Los engranajes de regulación, si es aplicable, son generalmente montados opuestos a la transmisión. El chasis de la criba consiste de:

- Láminas/chapas laterales
- Carpeta/pisos
- Respaldos/traseros
- Realimentación
- Planchas de descarga
- Soportes esquineros

La unidad es soportada por resortes en las esquinas, generalmente por debajo. La transmisión consiste en un motor base, ya sea del tipo pivote o de vibración, una máquina de ranura profunda especial y motor de garruda, correas en “V” y como opción un guardacorreas.

Figura 8. **Composición de la criba**



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección recepción, instalación y operación. p. 4.*

Todas las ubicaciones dadas como mano derecha o mano izquierda se refieren a la posición del observador cuando está parado en el extremo de la alimentación, mirando hacia el extremo de la descarga. Los lados extremos pueden ser “el lado de alimentación” o “el lado de descarga”.

La nomenclatura referente a la serie de la criba se determina así: el primer grupo de números da el número de la carpeta/filtros, ancho y largo en pies. El segundo grupo corresponde al número del modelo, el cual consiste en letras/números y tamaños de los cojinetes. El tercer grupo corresponde al número de la máquina.

Ejemplo: 2620-HS140D-0001

- 2 = números de carpeta/filtros
- 6 = ancho en pies
- 20 = largo en pies
- HS140D = modelo y tamaño del cojinete
- 0001 = número de la máquina

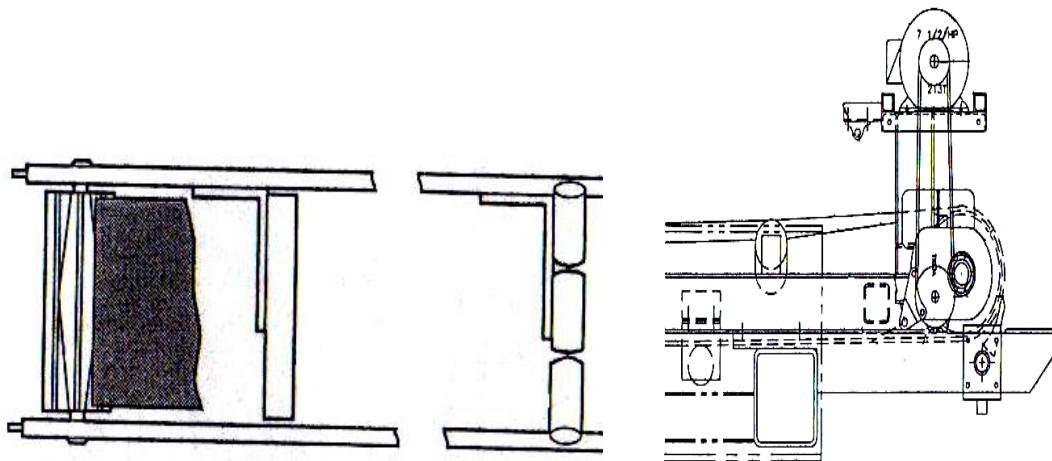
1.4. Transportadores de alimentación y descarga

Los transportadores de alimentación y descarga son los elementos que unen los demás componentes del circuito de trituración en la planta. Se diferencian por su ubicación:

- De alimentación: para el transportador que conduce materiales hacia la criba.
- De descarga: para los transportadores que conducen los materiales selectos o no triturables (debajo de la criba) y los que conducen el material triturado hacia los puntos de apilamiento. El transportador que descarga el material triturado puede hacerlo también hacia el transportador que alimenta la criba, dependiendo del tipo de material triturado que se requiera.

Se componen básicamente de una estructura de soporte, motor eléctrico y reductor de velocidad tipo Falk, polea de tambor (arrastre), polea de alas (empuje), rodos de impacto, de carga y de deslizamiento, banda de transporte, montados sobre chumaceras en los extremos de las poleas.

Figura 9. **Estructura de los transportadores**



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección mantenimiento p. 28.*

1.5. Sistema hidráulico

Todas las trituradoras cónicas HP van equipadas de un mecanismo hidráulico de liberación y despeje de la estopera o de la cavidad. Cilindros hidráulicos conectados a los bajos del bastidor central y atornillados al anillo de ajuste, sujetan firmemente dicho anillo de ajuste al mencionado bastidor central, a fin de contrarrestarse las acostumbradas fuerzas del triturado. Las fuerzas excesivas que originen el funcionamiento indebido o el paso de materiales no triturables (fragmentos extraños de hierro), provocarán que el anillo de ajuste se

alce, lo cual a su vez, arrastrará elevando los vástagos del interior de los cilindros hidráulicos.

El lubricante se desalojará a las recámaras superiores de los cilindros penetrando en los acumuladores. Una vez que la carga repentina o los fragmentos extraños de hierro hayan pasado a través de la trituradora y se hayan normalizado las fuerzas, el nitrógeno comprimido hará que el lubricante regrese a los cilindros, los vástagos de estos se retraerán y el anillo de ajuste recuperará su asiento en el bastidor central.

Con el objeto de despejarse la trituradora, se cargarán las cámaras inferiores de los cilindros, forzando en sí el ascenso de los vástagos de dichos cilindros y separándose del bastidor central el anillo de ajuste.

Junto con el mecanismo hidráulico de liberación de despeje de la cavidad, las trituradoras van igualmente equipadas con un mecanismo hidráulico de sujeción y ajuste del tazón.

Un aro de sujeción que lleva como soporte por encima del anillo de ajuste un juego de cilindros de sujeción situados entre los aros de sujeción y ajuste, mantiene el tazón en la posición de triturado en el anillo de ajuste, al cargarse de presión los mencionados cilindros.

Cuando se reduce la presión en los cilindros de sujeción y se activa el motor hidráulico montado en el anillo de ajuste, el piñón del motor engrana con el aro impulsor adosado a la tapa de ajuste, el cual, a continuación, hará girar el conjunto del tazón, cerrando o abriendo automáticamente la graduación de la trituradora.

Todas las trituradoras cónicas HP son equipadas con una unidad de suministro hidráulico que se encargará de regular todas las funciones hidráulicas de estas trituradoras.

La unidad de suministro hidráulico accionada mediante solenoide se compone de una caja metálica con un depósito independiente para el lubricante, de un motor eléctrico, de una bomba hidráulica, de un acumulador, de indicadores y de los demás componentes eléctricos e hidráulicos.

El motor eléctrico desarrolla una potencia de 7,5 kilovatios (10 C.F.) amoldándose sus características a los requisitos particulares del usuario. El sentido o la rotación tanto del motor como de la bomba podrá ser de izquierda a derecha o de derecha a izquierda.

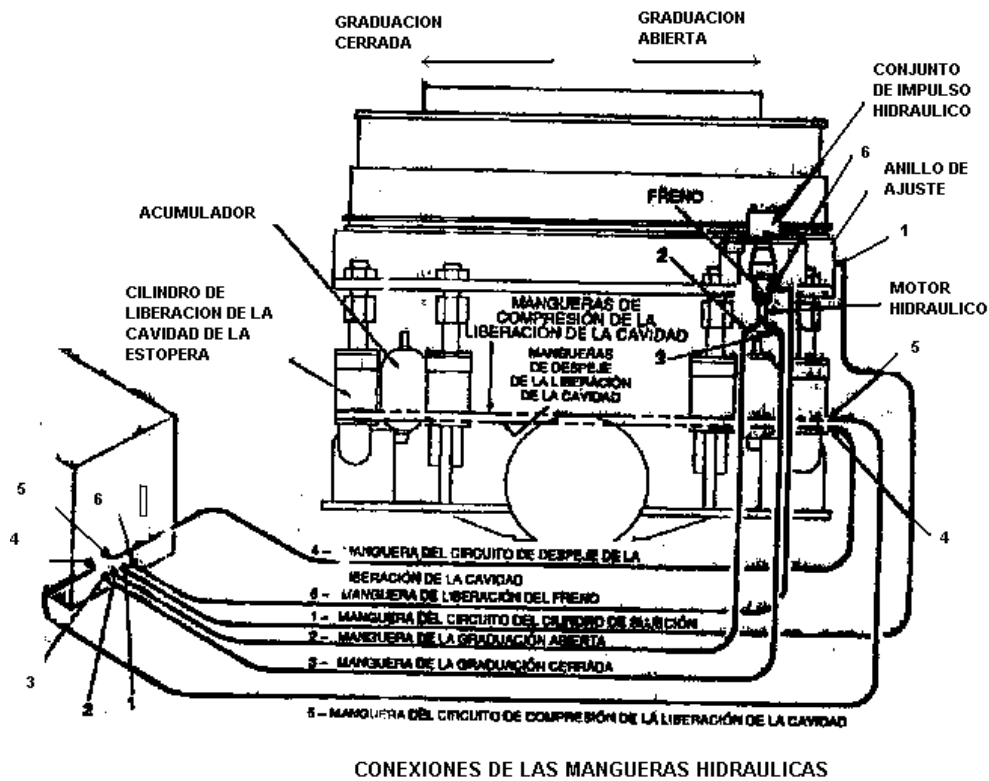
La bomba hidráulica es una de 6 pistones y desplazamiento positivo, con una división del caudal de la misma a 5 pistones por un lado y a un solo pistón por el otro, equivaliendo así a dos secciones de bombeado en un mismo cuerpo.

La sección de bombeado a un solo pistón brindará circulación al circuito de sujeción del tazón y la sección de 5 pistones se lo brindará a los circuitos del motor hidráulico y del mecanismo de liberación de la cavidad. Detrás de la bomba se encuentra un filtro de alta presión equipado con un indicador de estado, situado en la parte superior de la cabeza del mismo.

El acumulador de gas nitrógeno debe mantener una presión interna dentro de las vejigas de 193 bares (2800 psi) para contrarrestar las sobrecargas (sección de cilindros hidráulicos) o fuerzas excesivas.

Todas las maniobras de la unidad de suministro hidráulico se regularán desde un puesto remoto de control.

Figura 10. Conexiones del sistema hidráulico



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección sistemas hidráulicos.* p. 6.

1.6. Sistema de lubricación del cono

Este sistema es característico y no todo el equipo que se muestra es convencional a todas las instalaciones de trituradoras. Los dispositivos, sin embargo, se indican en su emplazamiento correcto y funcionan como un sistema íntegro.

En este sistema, el lubricante se toma del correspondiente depósito donde pasa por una válvula de control hasta el lado de succión de la respectiva bomba del lubricante. Dicha bomba fuerza el lubricante bajo presión llevándolo al filtro. Una válvula de descompresión regula el lubricante que llega al filtro, evitando el mismo cuando se tapone con suciedad.

Los manómetros situados delante y detrás del filtro ofrecen un medio visual de inspección de la caída de presión por todo el filtro, indicando el momento en que este haya de limpiarse.

1.6.1. Componentes del sistema de lubricación

- Depósito de lubricante: constituye un sencillo y eficaz tanque destinado a suministrar lubricante al sistema de lubricación de la trituradora. El lubricante que regresa a su correspondiente depósito desde el tubo de evacuación de la trituradora, atraviesa una malla de alambres que eliminará toda partícula de sustancias. A continuación, circulando al mismo tiempo por debajo o por encima de una disposición de deflexión para obtener el máximo regreso de sedimento, el lubricante entra al tubo de alimentación y llega a su respectiva bomba. El nivel de lubricante podrá observarse en un indicador que con tal propósito se haya instalado al costado del depósito.

Con el objeto de garantizarse la debida lubricación, el nivel de lubricante tendrá que mantenerse dentro de los límites de la escala de vidrio. El termómetro ubicado en el tubo de evacuación del depósito le informará inmediatamente al operario de la temperatura del lubricante al salir de la trituradora. Como el depósito de lubricante está sellado herméticamente, un respiradero conserva la presión atmosférica. Otro respiradero

también va conectado en la caja del contraeje. Para que la circulación del lubricante devuelto resulte suficiente, la sección inferior del depósito deberá hallarse como mínimo a 1,3 metros por debajo de la cara inferior de la brida de montaje de la trituradora, más 25 milímetros por cada 0,3 metros que dicho depósito se separe horizontalmente de la trituradora.

Tabla I. **Regímenes de circulación, presiones de funcionamiento y capacidades del depósito de lubricante**

Modelo de la trituradora	HP200	HP300	HP500	HP700
Litros por minuto (galones EE.UU.)	95-114 (25-30)	114-132 (30-35)	227-246 (60-65)	473-492 (125-130)
Presión normal de funcionamiento en bares (libras por pulgada ²)	1.4-2.1 (20-30)	1.4-2.1 (20-30)	1.4-2.1 (20-30)	1.4-2.1 (20-30)
Capacidad del depósito en litros (galones EE.UU)	170 (45)	170 (45)	300 (80)	1040 (275)

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección sistemas de lubricación. p. 3.*

- Bomba de lubricante: constituye una del tipo de velocidad reducida, con engranaje interno y de caudal volumétrico directo. Es accionada por un motor eléctrico totalmente encerrado, que para brindarle a la bomba la velocidad correcta, funciona a través de un reductor de engranajes.

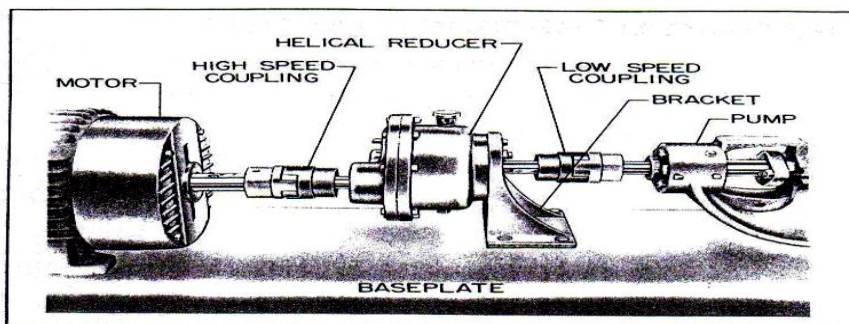
Tabla II. **RPM de la bomba y requisitos del motor eléctrico**

Modelo de la trituradora	Litros/minuto de la bomba (galones EE.UU./minuto)	RPM de la bomba	Kilovatios (caballos de fuerza) del motor
HP200	95-114 (25-30)	280	2.2 (3)
HP300	114-132 (30-35)	350	3.7 (5)
HP500	227-246 (60-65)	350	3.7 (5)
HP700	473-492 (125-130)	415	14.9 (20)

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección sistemas de lubricación. p. 8.*

La bomba está elaborada especialmente para este tipo de servicio de lubricante, a fin de ofrecerse una maniobra sin contratiempos y un servicio prolongado. En las piezas internas se usa acero templado y de especiales tolerancias de fresado, por lo tanto, si resultara necesario un servicio, será imperativo que se utilicen piezas idénticas. La bomba es accionada mediante un reductor de velocidad tipo Falk, y sus conexiones con acoples flexibles.

Figura 11. **Conexión de la bomba**



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección sistemas de lubricación. p. 2.*

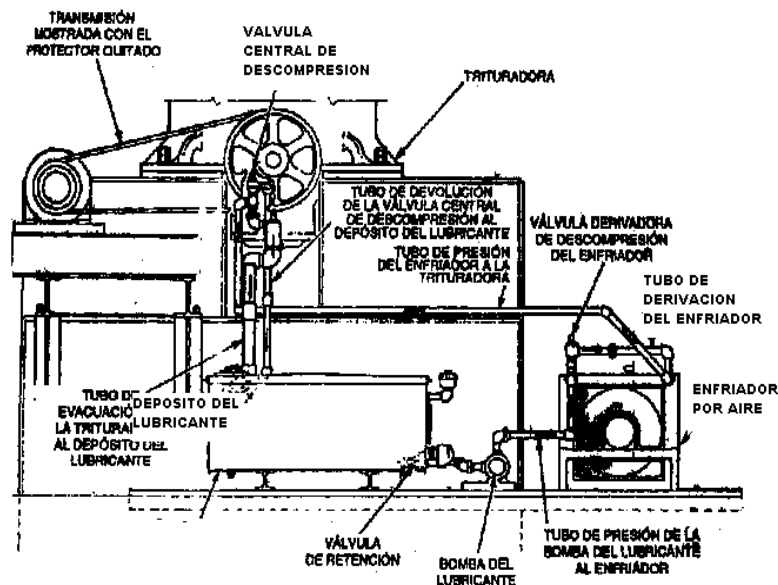
- Filtro del lubricante: proporcionará una filtración del lubricante más depurada de la que puede obtenerse con la criba de malla de alambre núm.10 del depósito de tal lubricante y con ello una lubricación más prolongada a las superficies de apoyo de la trituradora, recomendándose uno de filtración de 50 micras con capacidad debida en cuanto a filtros por minuto (GPM).
- Enfriador por aire: es un radiador de grandes dimensiones similar al de un automóvil, a través del cual se hará circular el lubricante templado dirigido hacia la trituradora. El entubado llevará conexiones de manguera flexible, y soportes en los extremos para no quedar suspendido del mismo radiador. Montado en el radiador se hallará un ventilador a motor eléctrico, de amplio diámetro que impelerá el aire circundante más allá del núcleo y que se expulse por la parte frontal, disipando calor y refrigerando el lubricante.
- Válvulas y accesorios de seguridad: permiten que el sistema de lubricación funcione con las medidas de seguridad necesarias para salvaguardar la trituradora. La válvula de descompresión de derivación del filtro calibrado a 3,4 bares (50 psi), cuando el lubricante se encuentre frío o si se produce la obturación del filtro, derivará automáticamente el lubricante, desviándolo alrededor del citado filtro.

La válvula central de descompresión situada junto al contraeje, calibrada en fábrica a 200 psi para el modelo HP700 y 35 psi para los otros modelos, evita el exceso de presión y el exceso de lubricante se devuelve al respectivo depósito. En el caso de baja presión en el tubo de alimentación de la trituradora cónica se activará la alarma de baja

presión, ya que el sistema posee un interruptor en función de la presión que se activará automáticamente.

- El interruptor en función de la presión: protegerá la trituradora en el caso de que se produzca una falla en la mencionada presión. Si la presión descendiera por debajo del mínimo de funcionamiento se activará el interruptor y la alarma de baja presión.
- El interruptor en función de la temperatura: se activará cuando se eleve o disminuya la temperatura del lubricante, el cual habrá de encontrarse entre los límites de 16 a 60 grados centígrados. No obstante el ámbito preferido oscilará entre los 38 y 54 grados centígrados.

Figura 12. **Conjunto del sistema de lubricación**



Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección recepción, instalación y operación.* p. 40.

2. MONTAJE DE LA PLANTA TRITURADORA

2.1. Montaje

El montaje se refiere a la colocación o instalación de la planta en el lugar designado dentro del área de trabajo donde se necesite. Es muy importante considerar algunos aspectos antes de iniciar con la actividad propiamente:

- Amplitud en el área de trabajo, para determinar los posibles puntos para el montaje de la planta trituradora y apilamiento de producto final.
- Estabilidad del terreno natural seleccionado.
- Maquinaria y equipo necesario para realizar los trabajos de movimiento de tierras.
- Personal debidamente instruido para los trabajos a realizar.

Se realiza sobre secciones de madera instaladas en una plataforma compactada que resiste el peso de la planta trituradora. Este procedimiento se utiliza cuando la planta estará instalada por espacios cortos de tiempo y por reducción de costos. Las bases pueden utilizarse las veces que sean necesarias con el cuidado de verificar su estado, ya que pueden dañarse por la humedad y perder su resistencia.

2.2. Plataforma para el montaje

A continuación se describen todas las actividades que deben realizarse para el montaje de la plataforma.

2.2.1. Determinación de las cargas

Para realizar la plataforma se deben considerar las cargas que se ejercen a través de las bases de la planta trituradora, las cuales pueden variar en un intervalo muy amplio. Este requisito indispensable se aplica en primer lugar para el terreno natural sobre el cual se realizará la plataforma y luego a la plataforma propiamente dicha. En la tabla III se clasifican las carga seguras de apoyo para suelos, la cual se puede tomar como referencia para el diseño.

Tabla III. Carga segura de apoyo para suelos

Naturaleza del suelo	Capacidad segura Tons./pie ²	Carga segura de apoyo MPa
Lecho macizo de roca dura, como granito, trapa, entre otros.	25-100	2.40-9.56
Esquisto macizo y otras rocas medianas que requieren voladura para su extracción.	10-15	0.96-1.43
Arcilla compacta de arena cementada y grava difíciles de arrancar con pico.	8-10	0.76-0.96
Roca blanda, techo desintegrado; en lecho natural es difícil de arrancar con pico	5-10	0.48-0.96
Arena y grava compactas que deben arrancarse con pico	4-6	0.38-0.58
Arcilla dura, que se debe arrancar con pico	4-5	0.38-0.48
Grava, arena gruesa, en lechos naturales gruesos	4-5	0.38-0.48
Arena suelta, mediana y gruesa; arena fina compacta	1.5-4	0.15-0.38
Arcilla mediana; consistente, pero que se puede arrancar con pala.	2-4	0.20-0.38
Arena fina suelta	1-2	0.10-0.20
Arcilla blanda	1	0.10

Fuente: *Manual del ingeniero mecánico*. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37846511.html. Consulta: mayo de 2015. p. 24.

Se determinarán las cargas que la planta trituradora ejercerá sobre las bases de madera y la plataforma, utilizando la distribución de cargas:

Datos:

$W_t = \text{peso total} = 109\,316 \text{ libras} = 54,65 \text{ Toneladas}$

Fórmulas:

$A_t = \text{área total} = L \times a,$

Donde:

$L = \text{longitud}$

$a = \text{ancho}$

$W_d = \text{peso total distribuido por unidad de longitud} = W_t/A_t$

$W_{1-4} = \text{Área}_{1-6} \times W_d$

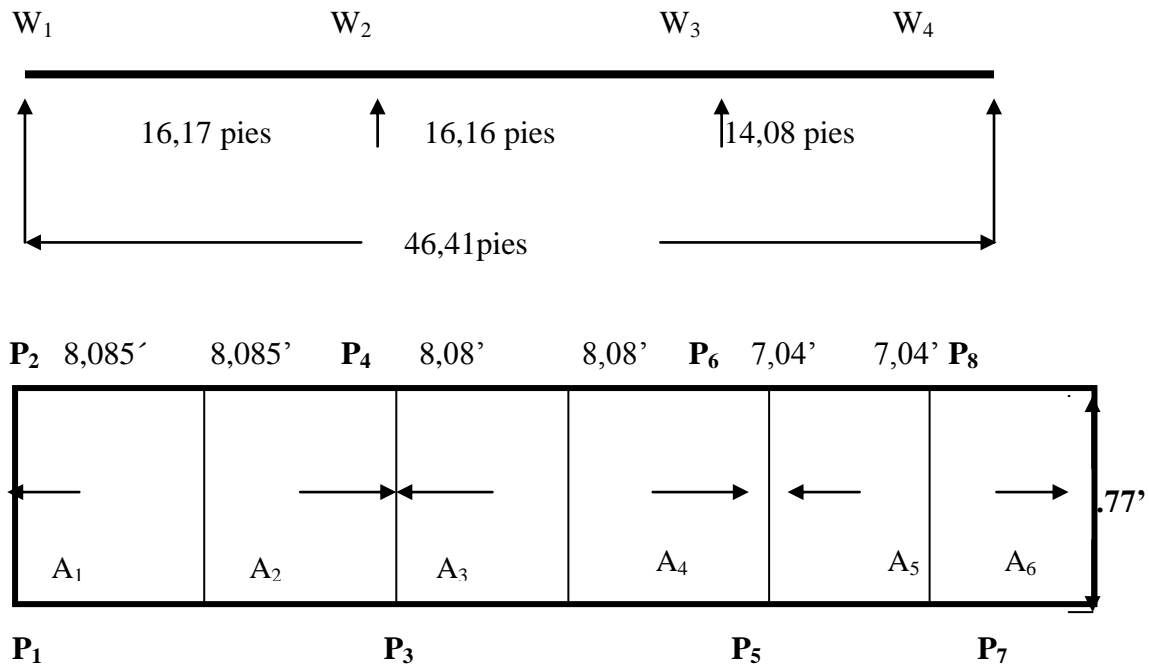
$P_1 = P_2 = W_1/2$

$P_3 = P_4 = W_2/2$

$P_5 = P_6 = W_3/2$

$P_7 = P_8 = W_4/2$

Figura 13. **Distribución de áreas**



Fuente: elaboración propia.

Procedimiento:

Cálculo del área total:

$$A_t = (46,41 \text{ pies} \times 7,77 \text{ pies})$$

$$A_t = 360,61 \text{ pie}^2$$

Cálculo del peso total distribuido por unidad de longitud:

$$W_d = 109\,316 \text{ libras} / 360,61 \text{ pie}^2$$

$$W_d = 303,14 \text{ lb} / \text{pie}^2$$

Cálculo de cargas uniformemente distribuidas en los puntos de apoyo:

$$W_1 = (8,085 \times 7,77) \text{ pie}^2 \times 303,14 \text{ lbs. / pie}^2$$

$$W_1 = 19\,043,39 \text{ lb.}$$

$$P_1 = P_2 = W_1/2$$

$$P_1 = P_2 = 9\,521,695 \text{ lb.}$$

$$W_2 = (8,085 + 8,08) \text{ pies} \times 7,77 \text{ pies} \times 303,14 \text{ lb. / pie}^2$$

$$W_2 = 38\,074,384 \text{ lb.}$$

$$P_3 = P_4 = W_2/2$$

$$P_3 = P_4 = 19\,037,192 \text{ lb.}$$

$$W_3 = (8,08 + 7,04) \text{ pies} \times 7,77 \text{ pies} \times 303,14 \text{ lb. / pie}^2$$

$$W_3 = 35\,613,61 \text{ lb.}$$

$$P_5 = P_6 = W_3/2$$

$$P_5 = P_6 = 17\,806,81 \text{ lb.}$$

$$W_4 = 7,04 \text{ pies} \times 7,77 \text{ pies} \times 303,14 \text{ lb. / pie}^2$$

$$W_4 = 16\,582,00 \text{ lb.}$$

$$P_7 = P_8 = W_4/2$$

$$P_7 = P_8 = 8\,291,00 \text{ lb.}$$

La carga máxima se transmite en los puntos P_3 y $P_4 = 19\,037,192$ libras. El claro sobre el cual se aplicará esta carga es de 144 plg^2 , dando como resultado 132 lb/plg^2 que es la resistencia máxima que debe tener la madera a compresión perpendicular de sus fibras.

2.2.2. Procedimiento de nivelación, compactación y pruebas de laboratorio

El procedimiento de nivelación y compactación requiere de trabajos preliminares al montaje de la planta trituradora:

- Selección del área sobre la cual se realizará el montaje y traslado de la maquinaria para realizar los movimientos de tierra. Usualmente un tractor de banda realizará los cortes necesarios para terrenos con desniveles considerables.
 - Cuando el terreno es suelto o el área haya sido trabajada con anterioridad se utilizará una motoniveladora o cargador frontal, para despejar materiales que puedan obstaculizar los trabajos topográficos.
 - Cuando no existen estos recursos que agilicen los trabajos como los descritos, se utilizarán métodos tradicionales.
- Al concluir con los trabajos de la maquinaria se realiza un levantamiento topográfico para establecer la ubicación y las dimensiones de la plataforma. Con base en las dimensiones de la planta trituradora, la plataforma debe tener 65 pies de largo y 15 pies de ancho. Este levantamiento se realiza para obtener mayor precisión en la nivelación de la plataforma.

Figura 14. **Movimiento de tierras**



Fuente: municipio de Monterrey, Suchitepéquez, Guatemala.

Figura 15. **Levantamiento topográfico**



Fuente: municipio de Monterrey, Suchitepéquez, Guatemala.

- Con base en las referencias topográficas, se realiza el llenado de los espacios con material selecto, para evitar irregularidades en la superficie final, con un espesor de 15 centímetros tomando como referencia el punto más alto del terreno.

Figura 16. **Llenado de la plataforma**



Fuente: municipio de Monterrey, Suchitepéquez, Guatemala.

- Se realiza el tendido con una máquina de precisión como una motoniveladora, tomando como referencia las alturas o puntos del levantamiento topográfico.

Figura 17. **Tendido del material con motoniveladora**



Fuente: municipio de Monterrey, Suchitepéquez, Guatemala.

- La compactación del material tendido se realiza con un rodo vibratorio, para llegar a los niveles o índices de compactación permisible.

Figura 18. **Compactación de la plataforma**



Fuente: municipio de Monterrey, Suchitepéquez, Guatemala.

Las pruebas de laboratorio se realizan luego de concluir la compactación de la plataforma y para ello debe seguirse un procedimiento para determinar los parámetros permisibles de compactación:

- Extracción de una sección en dos partes de la plataforma; es preferible realizarlo en el centro y orilla de la pista.
- Realizar el próctor, el cual consiste en la obtención de densidades máximas de las secciones obtenidas.

- Con los datos obtenidos de laboratorio se procede a la obtención del porcentaje de compactación, que es la diferencia reflejada en relación con el porcentaje de compactación de la sección obtenida en el campo y la sección trabajada en el laboratorio.
- Con el porcentaje de compactación que no debe ser menor al 90 %, la plataforma debe soportar cargas dentro del rango de 10 000–20 000 libras/plg². Para obtener la compactación deseada se requiere de una humedad óptima en el material, la cual varía entre el 12 % al 18 %, según las características del material.

2.3. Selección de las bases del montaje

Para realizar la instalación o montaje de la planta trituradora es necesario definir las secciones sobre las cuales descansará la planta a través de sus seis bases o patas y el extremo donde se ubica la plataforma de remolque.

En el caso de las plantas móviles se utiliza el tipo de montaje sobre bases de madera; se debe considerar con base en la distribución de las cargas de la planta a través de sus bases y la resistencia o cargas que soportan las diversas clases de madera como se muestra a continuación.

Tabla IV. **Propiedades de la madera con 12 % de contenido de humedad**

Tabla 6.7.2 Resistencia mecánica y propiedades relacionadas de la madera con 12% de contenido de humedad (valores promedio de los ensayos con piezas sanas de 2 pulg x 2 pulg de sección dados en la especificación ASTM D143)

Clase de madera	Gravedad específica, volumen seco en estufa	Densidad con 12% de contenido de humedad, lb/pie ³	Contracción, en porcentaje, desde su estado verde al de secado en estufa, basada en las dimensiones en verde		Flexión estática		Resistencia máxima al aplastamiento paralelo a la fibra, lb/pulg ²	Compresión perpendicular a la fibra en el límite proporcional lb/pulg ²	Resistencia a tracción perpendicular a la fibra, lb/pulg ² †	Flexión por impacto, altura de caída en pulg para la falla con un mazo de 50 lb	Resistencia al esfuerzo cortante paralelo a la fibra, lb/pulg ²	Dureza perpendicular a la fibra, promedio de R y T
			Rad.	Tang.	Módulos de ruptura, lb/pulg ²	Módulo de elasticidad, klb/pulg ²						
Maderas duras												
Fresno blanco	0.64	42	4.9	7.9	15 400	1770	7410	1160	940	43	1950	1320
Tilo	0.40	26	6.6	9.3	8 700	1460	4730	370	350	16	990	410
Haya	0.67	45	5.1	11.0	14 900	1720	7300	1010	1010	41	2010	1300
Abedul amarillo	0.66	43	7.2	9.2	16 600	2010	8170	970	920	55	1880	1260
Cerezo negro	0.53	35	3.7	7.1	12 300	1490	7110	690	560	29	1700	950
Chopo del este	0.43	28	3.9	9.2	8 500	1370	4910	370	580	20	930	430
Olmo americano	0.55	35	4.2	9.5	11 800	1340	5520	690	660	39	1510	830
Olmo de las Rocosas	0.66	44	4.8	8.1	14 800	1540	7050	1230	1230	56	1920	1320
Ocozotl	0.55	36	5.4	10.2	12 500	1640	6320	620	760	32	1600	850
Nogal americano, nuez dura	0.77	50	7.0	10.5	20 200	2160	9210	1760		67	2430	
Caoba † (especie <i>Swietenia</i>)	0.51	34	3.5	4.8	11 460	1500	6800	1100	750		1230	800
Arce de azúcar	0.68	44	4.9	9.5	15 800	1830	7830	1470		39	2330	1450
Roble rojo del norte	0.66	44	4.0	8.2	14 300	1820	6760	1010	800	43	1780	1290
Roble blanco	0.71	48	5.3	9.0	15 200	1780	7440	1070	800	37	2000	1360
Alamo amarillo	0.45	29	4.2	7.6	10 100	1580	5540	500	540	24	1190	540
Tupelo negro	0.55	35	4.4	7.7	9 600	1200	5520	930	500	22	1340	810
Nogal negro	0.56	38	5.2	7.1	14 600	1680	7580	1010	690	34	1370	1010
Maderas blandas												
Cedro rojo del oeste	0.34	23	2.4	5.0	7 500	1110	4560	460	220	17	860	350
Ciprés	0.48	32	3.8	6.2	10 600	1440	6360	780	270	24	1000	510
Abeto Douglas de la costa	0.51	34	4.8	7.6	12 400	1950	7240	800	340	31	1160	710
Abeto canadiense del este	0.43	28	3.0	6.8	8 900	1200	5410	650		21	1060	500
Abeto canadiense del oeste	0.44	29	4.3	7.9	11 300	1640	7110	550	340	26	1250	540
Alerce del oeste	0.59	38	4.5	9.1	13 100	1870	7640	980	430	35	1360	830
Pino rojo	0.47	31	3.8	7.2	11 000	1630	6070	600	460	26	1210	560
Pino ponderosa	0.42	28	3.9	6.3	9 400	1290	5320	580	420	19	1130	460
Pino blanco del oeste	0.37	24	2.1	6.1	8 600	1240	4800	440	310	18	900	380
Pino blanco del este	0.42	27	2.6	5.3	9 700	1460	5040	470		23	1040	420
Pino de hoja corta	0.54	36	4.4	7.7	13 100	1760	7270	820	470	33	1390	690
Secoya	0.42	28	2.6	4.4	10 000	1340	6150	700	240	19	940	480
Abeto siika	0.42	28	4.3	7.5	10 200	1570	5610	580	370	25	1150	510
Abeto blanco	0.45	28	4.7	8.2	9 800	1340	5470	460	360	20	1080	480

FUENTE: Tomada de *Wood Handbook, Tropical Woods* No. 95, y de datos no publicados del U.S. Forest Products Laboratory.
 †La resistencia a tracción paralela a la fibra se tomará igual al módulo de ruptura en la flexión.
 ‡Especie *Swietenia* de la América Central.

Fuente: *Manual del ingeniero mecánico*. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/37846511.html. Consulta: mayo de 2015. p. 137.

En este caso se pueden utilizar la mayoría de esta clasificación, ya que la carga máxima de compresión de la planta es de 132 lb/plg².

Las dimensiones de los polines pueden ser de 1´ cuadrado por 3´ de largo. Estas dimensiones obedecen a la fácil maniobra y resistencia para todos los puntos de apoyo.

2.4. Herramientas y equipo para montaje

Para realizar los trabajos correspondientes al montaje de la planta trituradora se utilizan diversos equipos y herramientas como se describen a continuación:

- Dos gatos hidráulicos de 50 toneladas: capaces de soportar la carga de la planta trituradora que se proyecta a través de sus patas.
- Herramienta de nivelación horizontal y vertical: para verificar el nivel longitudinal y transversal de la planta trituradora.
- Palas y azadones: son herramientas auxiliares que pueden utilizarse durante la ejecución del procedimiento del montaje.
- Remolque o cabezal: con él se engancha en el extremo de la plataforma de la estructura de soporte para maniobrar y ubicar la planta en el lugar requerido.
- Cinta métrica: para verificar mediciones necesarias en cualquier momento del procedimiento de montaje.
- Caja de herramientas: esta debe contener las llaves necesarias para realizar los múltiples ajustes, incluso para el desmontaje de los neumáticos.

2.5. Montaje de la planta trituradora

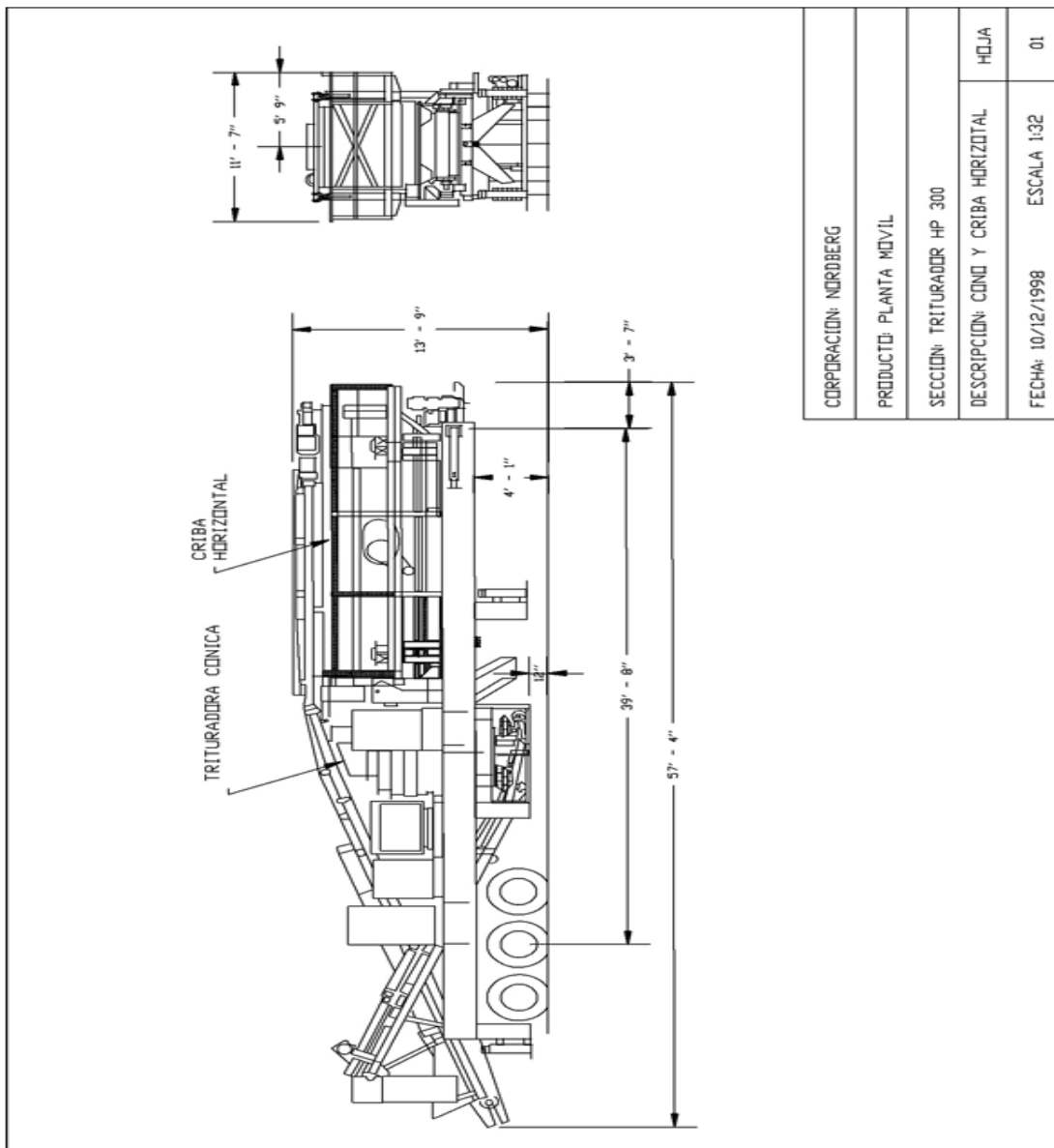
Se han descrito en los párrafos anteriores los requisitos indispensables para poder llevar a cabo esta actividad. Cuando la plataforma esté establecida, se debe realizar lo siguiente:

- Enganchar el cabezal o remolque a la planta trituradora, maniobrar para obtener la alineación con respecto a los puntos de referencia indicados.
- Con la planta alineada en posición de montaje, con los gatos hidráulicos se procede a sostener la planta para desmontar los neumáticos e instalarla sobre las bases de madera, luego se procede a sostener de igual manera los otros puntos de apoyo hasta concluir con la instalación.
- Luego del montaje completo de la planta, verificar la alineación longitudinal y transversal del chasis. Esta alineación implica que debe haber cero grados con respecto a la horizontal.

3.2. Planos de la criba horizontal

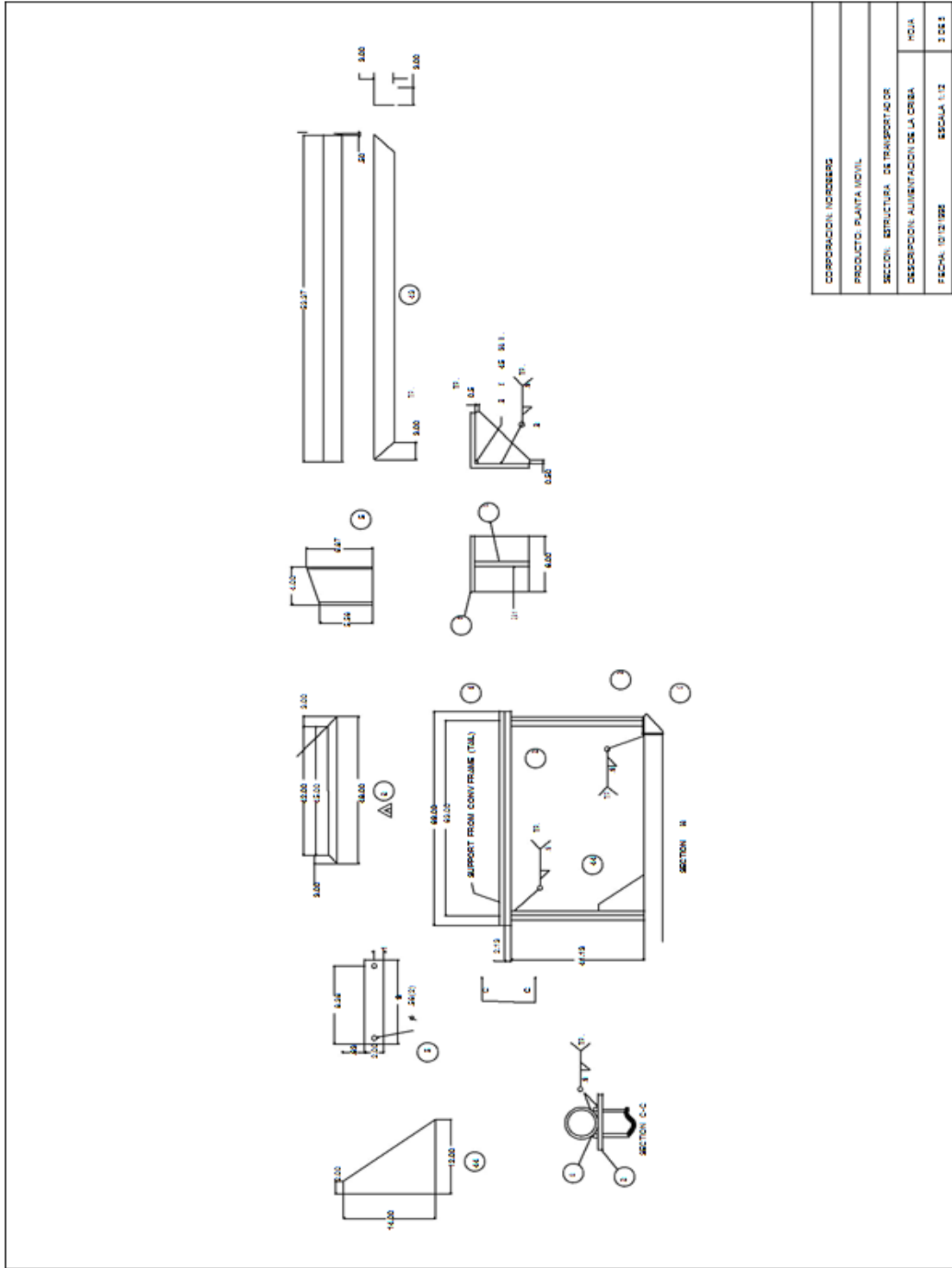
El siguiente plano describe las partes que integran la criba horizontal.

Figura 20. Plano de la criba horizontal



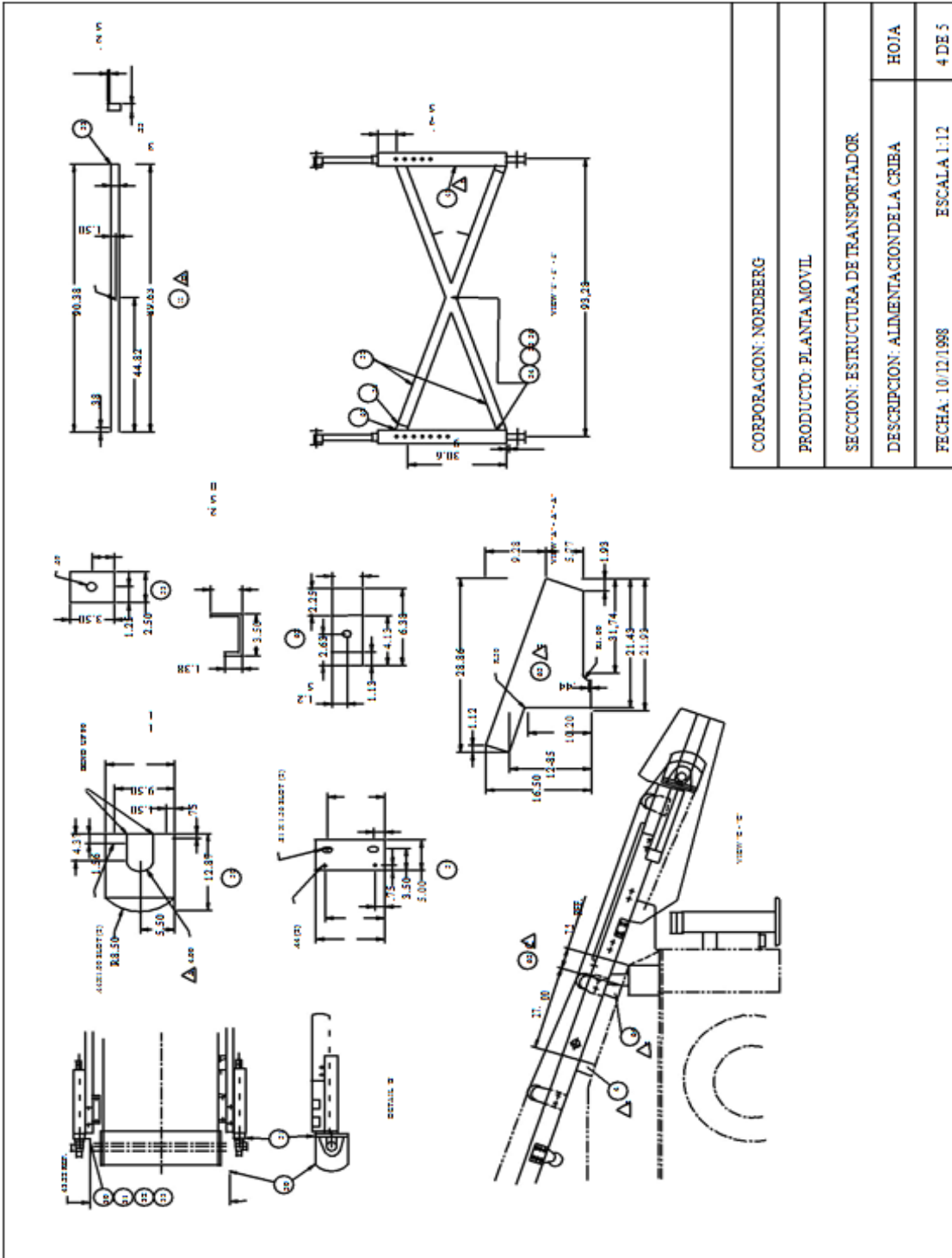
Fuente: elaboración propia, con base en el plano original.

Continuación de la figura 21.



CORPORACION INGRESEROS	
PRODUCTO: PLANTA MOVIL	
SECCION: ESTRUCTURA DE TRANSPORTADOR	
DESCRIPCION: ALIMENTACION DE LA CUBA	
FECHA: 10/12/1992	ESCALA: 1:12
	3 DE 3

Continuación de la figura 21.



CORPORACION: NORDBERG	
PRODUCTO: PLANTA MOVIL	
SECCION: ESTRUCTURA DE TRANSPORTADOR	
DESCRIPCION: ALIMENTACION DE LA CRIBA	HOJA
FECHA: 10/12/1988	ESCALA: 1:12
	4 DE 5

Continuación de la figura 21.

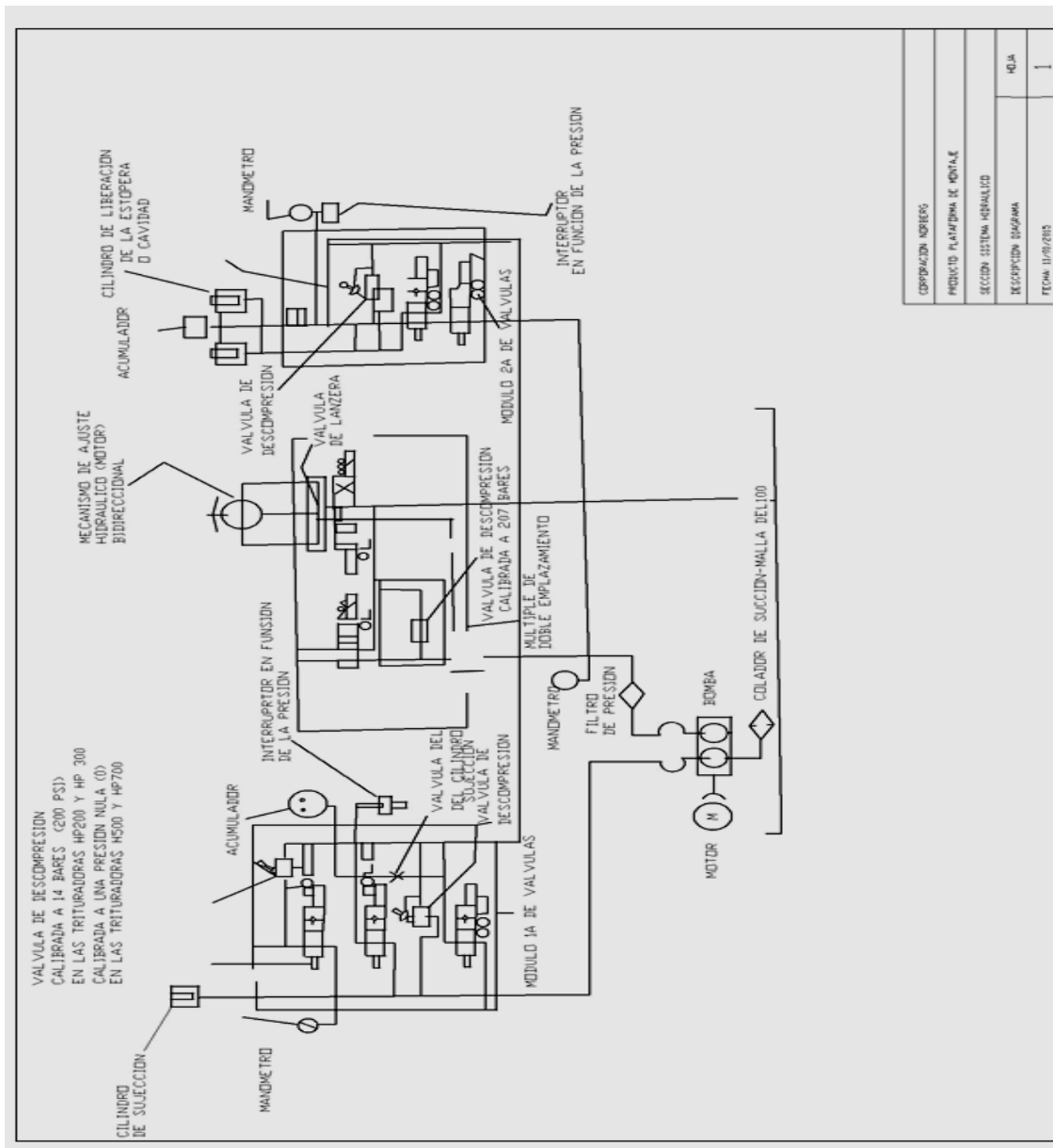
BILL OF MATERIAL		PART NAME			
No.	PART NUMBER	QTY	PART NAME		
1	10 94150896	1	CONV FOR ASH L.MTG		
2	10 33640524	1	CONV FRAME VLD-TAIL	1	
3	10 33640525	1	CONV FRAME VLD-MID	1	
4	10 33640526	1	CONV FRAME VLD-UPPER	1	
5	10 94150896	4	1 A.36C 485.4# X 4.50		
6	10 94150896	5	1 A.36C 485.4# X 6.87		
7	10 66120207	10	6 TRGH IDLER 35" 5#	2	46
8	10 66120244	536	8 IDLER, RETURN 5#	2	43
9	10 66120206	16	2 IDLER, IMPACT 20" 5#	2	72
10	10 66120206	15	6 IDLER, TROUGHING	2	40
11	10 2775801	108	HHCS .50 X 1.50		
12	10 3046351	136	LOCK NUT .50		
13	10 54046750	8	HINGE PIN	1	1
14	10 3070851	8	COTTER PIN		
15	10 3060500	8	WASHER 1.0		
16	10 PP010009	9	2 PELLOW BLOCK 2.44	1	15
17	10 2776111	4	HHCS .75 X 4.00		
18	10 3446371	4	LOCK NUT .75		
19	10 A07514001	1	CONV FOR NAME PL		
20	10 59124538	1	VING PULLEY 12"	1	160
21	10 59124571	1	DRUM PULLEY 12"	1	115
22	10 3060049	4	WASHER .75		
23	10 79046011	2	BUSHING X TB-30.2.44#	1	4
24	10 195722001		28 T-BOLT .50 X 1.50		
25	10 3060037		28 WASHER .50		
26	10 33640540	40	4 SCREW ELEVATOR ASSEMBLY	4	109
27	10 94150896	50	A.36PL.19 X 11.00 X 12.87		5
28	10 94150896	51	2 A.36FL.25 X 5.00 X 11.00		4
29	10 94150896	52	2 A.36L.2.0 X 3.0 X .25 X 89.63		20
30	10 94150896	53	4 A.36PL.38 X 2.50 X 3.5		2
31	10 2775801	5	HHCS .62 X 1.50		
32	10 3025041	5	HEX NUT .62		
33	10 3064482	5	LOCK WASHER .62		
34	10 94150896	62	4 A.36PL.25 X 2.50 X 6.38		2
35	10 94150896	63	1 A.36L.3.0 X 3.0 X .25 X 48.00		10
36	10 94150896	64	1 A.36C.425.48 X 3.94		2
37	10 94150896	65	1 A.36PL.25 X 16.50 X 28.86		20

Fuente: elaboración propia, con base en el plano original.

3.4. Plano o diagrama del sistema hidráulico

A continuación se presenta el diagrama del sistema hidráulico.

Figura 22. Plano o diagrama del sistema hidráulico

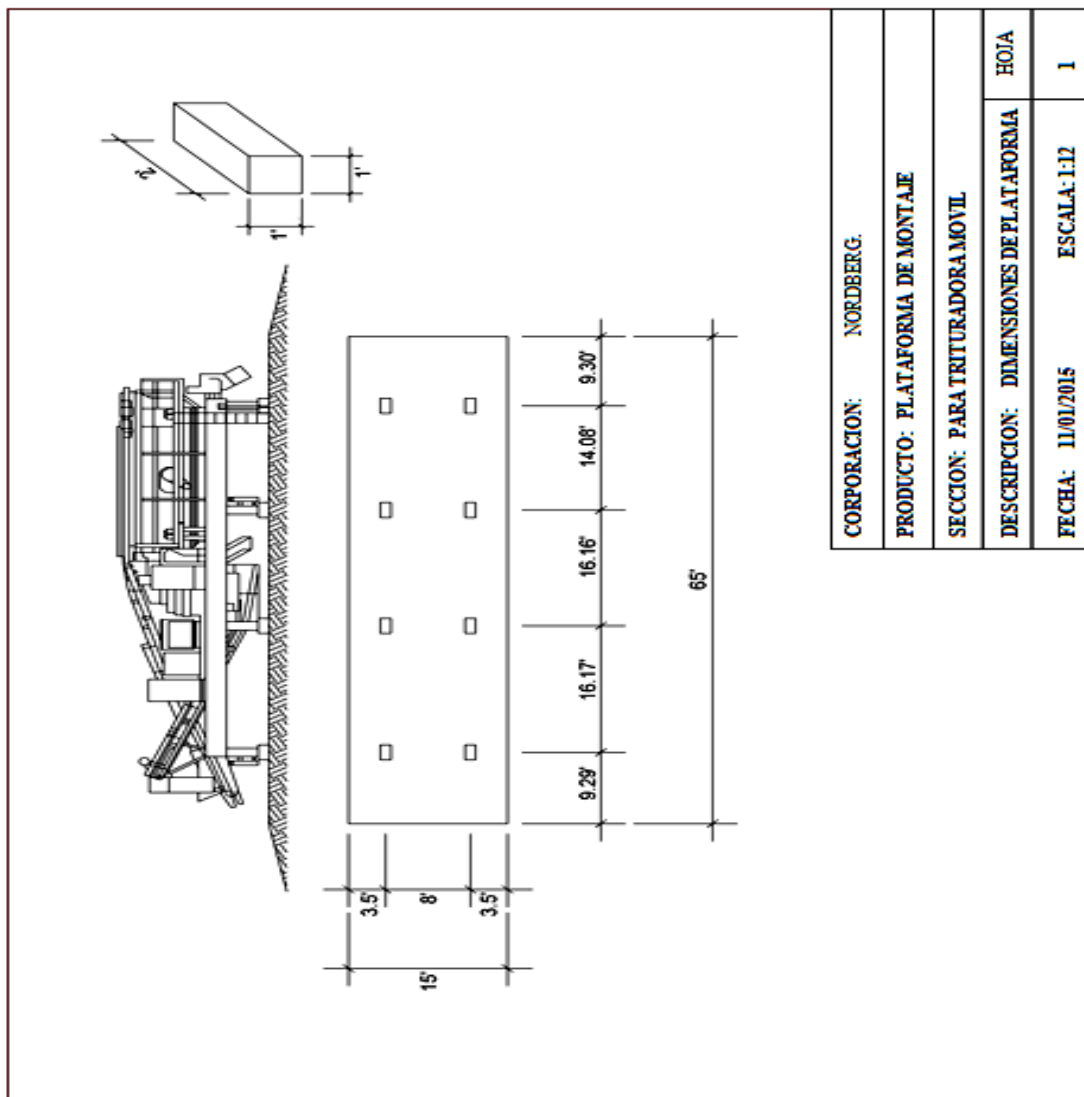


Fuente: elaboración propia, con base en el plano original.

3.5. Plano de la plataforma y montaje de la trituradora

En la figura siguiente puede observarse la plataforma y el montaje de la trituradora.

Figura 23. Plano de la plataforma y montaje de la trituradora



Fuente: elaboración propia, con base en el plano original.

4. LUBRICACIÓN

Los conceptos sobre lubricación no son nuevos, ni tampoco tan complicados. Se puede decir que lubricación es el principio de reducir o modificar la fricción por medio de un lubricante entre dos superficies en contacto con movimiento relativo. La fricción puede definirse como la fuerza de oposición que se desarrolla cuando dos superficies se mueven una respecto de la otra; este fenómeno que se da ha originado la lubricación. El lubricante por lo general es un fluido, aunque también puede ser un sólido o un gas, y en su defecto puede ser una sustancia plástica.

4.1. Tipos y sistemas de lubricación

A continuación se describen los diversos tipos y sistemas de lubricación utilizados en la industria.

4.1.1. Tipos de lubricación

Los fabricantes de equipo enfrentan siempre con un problema, controlar y minimizar los efectos de la fricción. Entre las formas de lubricación más utilizadas para disminuir la fricción están las siguientes:

- Lubricación hidrodinámica: excepto en lo que concierne a cojinetes y a otros mecanismos, la lubricación se rige por uno de estos dos principios: lubricación hidrodinámica o lubricación marginal. La lubricación hidrodinámica es la más común y es aplicable a casi todos los tipos de acción de deslizamiento continuo, donde no existen presiones extremas.

- Presión en la capa lubricante: ya sea que el deslizamiento ocurra en superficies planas, como en la mayoría de los cojinetes de empuje o bien en el caso de una chumacera simple o de buje, el principio es esencialmente el mismo. La presión en la capa de lubricante la crea la propia superficie en movimiento al arrastrar el material hacia una zona cuneiforme, a una velocidad suficientemente elevada que origine la presión necesaria para separar las superficies en contacto. En este tipo de lubricación es bajo el desgaste y la fricción. Esta se da para bajas cargas y altas velocidades, es decir donde hay presiones o cargas extremas el lubricante es desplazado y existe contacto de metal con metal.
- También, puede causar pérdida de lubricación la baja viscosidad del aceite que se utiliza y la baja velocidad y el funcionamiento.
- Lubricación hidrostática: en este tipo de lubricación no hay necesidad de sustituir continuamente lubricante utilizado. Este tipo de lubricación se utiliza para cargas livianas y para materiales que no necesiten de lubricación.
- Lubricación elastohidrodinámica: es el fenómeno que se presenta cuando se introduce un lubricante entre las superficies que están en contacto rodante, como engranajes y rodamientos.
- Lubricación mixta: se presenta cuando la carga es soportada por la película de lubricante y por el contacto de las superficies.

- Lubricación limítrofe: aquí no se desarrolla una película fluida que soporte la carga. Usualmente, donde ocurre alto desgaste y fricción. Es aconsejable para altas cargas y bajas velocidades.
- Lubricación de película sólida: se presenta en la lubricación de cojinetes simples o deslizantes que operen a temperaturas extremas. Usualmente, este tipo de lubricante que se utiliza aquí contiene aditivos especiales.

4.1.2. Sistemas de lubricación

En cualquier industria los equipos que se utilizan necesitan ser lubricados para su adecuado mantenimiento. A continuación se describen los sistemas variados de lubricación.

4.1.2.1. Sistemas de aplicación de aceite

En los equipos industriales y automotrices se emplean sistemas individuales y sistemas centralizados de lubricación. El método individual, se utiliza cuando el lubricante se suministra a cada equipo por un lubricador individual, situado cerca de la superficie o superficies en roce. Cuando se cuenta con algunos equipos o componentes mecánicos que están situados separadamente, se lubrican por medio de un sistema centralizado.

- Sistema de lubricación centralizados: cuando se tienen varios puntos de lubricación situados en un mismo lugar y tienen que ser abastecidos de lubricante en períodos de tiempo regulares, esto resulta ser una tarea fácil, pero cuando los puntos de lubricación son muchos y están situados en lugares distantes unos de otros, y además, la cantidad de lubricante a suministrar tiene que ser medida para cada punto de lubricación, durante

períodos de tiempo relativamente, cortos, esta tarea debe ser realizada simultáneamente, pero se vuelve difícil y tediosa. En estos casos, lo más conveniente es utilizar un sistema de lubricación centralizado, el cual resuelve todos los aspectos descritos de una manera eficiente y segura.

- Sistema de lubricación Dual Farval: de este tipo existen dos sistemas: el final de línea y el de circuito cerrado.
 - El sistema final es aquel en el cual las líneas de suministro finalizan en la última válvula de medición del sistema, este es usualmente utilizado cuando los puntos de lubricación quedan en la misma línea.
 - Sistema de circuito cerrado: es aquel en el cual las dos líneas principales de suministro forman el circuito que es necesario para obtener la presión de la línea de retorno; este sistema es utilizado cuando los puntos de lubricación están en un área cerrada, como usualmente están en las máquinas que son accionadas con mandos hidráulicos como el caso de las trituradoras cónicas.

Los componentes principales de un sistema de lubricación Dual Farval son: depósito de lubricante, bomba de lubricante, motor eléctrico, reductor de velocidad, válvula de alivio o estrangulamiento, válvula reversible, microinterruptor, contador eléctrico de tiempo, válvulas de medición y tuberías de conducción del lubricante.

- Funcionamiento del sistema Farval: el controlador eléctrico se activa y enciende la bomba del lubricante; esta empieza a levantar la presión en una de las dos líneas y hace que las válvulas de

dirección se muevan en una dirección descargando lubricante hacia los puntos, mientras que la otra línea que no tienen presión, sirve de alivio y retorno de lubricante al depósito. Como la presión sigue aumentando, al llegar a la presión ajustada, la línea principal es aliviada y sirve como de retorno del lubricante al depósito, y por la otra línea se descarga aceite a presión a las válvulas y de estas a los puntos. La descarga de ambas líneas forma un círculo de trabajo.

- Sistemas de lubricación por baño de aceite: este sistema, usualmente, es utilizado en las transmisiones de tornillo sin fin y corona. Regularmente, se utiliza cuando la corona está en una posición horizontal; en este caso el elemento que se sumerge, continuamente, es el tornillo sin fin y este se encarga de lubricar la corona.
- Sistema de lubricación de aceite de botellas o copillas de aceite: este sistema consiste en una pequeña copa de metal, algunas veces pueden utilizar recipientes plásticos de buena resistencia, la cual va adaptada al orificio de lubricación, y usualmente, tiene su tapadera levantable para proteger el aceite de la contaminación. Se deposita aceite en la copilla; esta tiene un orificio reducido para algunos casos, por lo cual el aceite está fluyendo por gravedad hacia la parte que se desea lubricar. Evita estar lubricando manualmente, aunque hay que tener cuidado al suministrar a cada cierto tiempo aceite a la copa.
- Sistema de lubricación por salpicadura o baño principal: este sistema de lubricación es utilizado en engranajes de cajas reductoras de velocidades cerradas. En esta parte las cajas de engranajes mantienen un nivel de lubricante. Cierta parte de los engranajes está sumergida en el

lubricante; los mecanismos, en este caso engranajes o coronas, al girar se sumerge en el aceite y lo salpica como un fino rocío a todas las partes en movimiento. Este sistema de lubricación asegura la adecuada lubricación, pero tiene la desventaja de que arroja, constantemente, aceite sucio, partículas metálicas, contaminantes, entre otros, y sin colar y filtrar a las partes en movimiento.

Es importante que en estos sistemas cerrados los lubricantes posean características de resistencia a la oxidación y emulsibilidad y que el nivel del lubricante en la caja de engranajes sea el adecuado; si la lubricación es incompleta puede causar desgaste en las piezas; por el contrario, si la cantidad de aceite es excesiva, se produce una innecesaria agitación, lo que se traduce en generación de calor y pérdida de potencia. Muchos de los equipos lubricados por este sistema están provistos de enfriadores de aceite que son intercambiadores de calor, los cuales le bajan la temperatura al aceite por medio de agua circulante.

- Sistemas de lubricación por circulación: este método consiste en hacer llegar un suministro constante de aceite a los puntos que requieran lubricación. Estos sistemas no son los más comúnmente usados, dado su alto costo y se les utiliza en instalaciones de cierta importancia. El aceite utilizado debe poseer características de buena resistencia a la oxidación, emulsificantes y duración a largos períodos bajo severas condiciones de operación. Hay dos sistemas de lubricación por circulación de aceite a presión: el sistema de circulación-gravedad, en donde el aceite alimenta a los cojinetes y el de presión completa, en el cual se utiliza una bomba para suministrar la presión.

- Sistema de circulación-gravedad: consiste en dejar caer el aceite por gravedad por medio de tuberías, desde un depósito colocado a una altura superior a los cojinetes situados debajo. De la parte de abajo de los cojinetes cae el aceite hacia un recipiente inferior, desde donde es recogido por una bomba y enviado de regreso al tanque superior, para utilizarse de nuevo.
- Sistema de circulación a presión completa: en este sistema de lubricación un depósito de aceite grande mantiene un amplio suministro de aceite que es extraído a través de coladores por una o más bombas, y distribuido a todos los mecanismos por medio de un sistema de tuberías. El aceite penetra al mecanismo bajo la presión, y literalmente lo hace flotar en él. Un copioso suministro de aceite se encuentra disponible en todo momento, tanto para enfriamiento como para lubricación y los mecanismos equipados con este sistema funcionan, por lo tanto, muy fríos. Después de pasar por los cojinetes, el aceite cae de nuevo dentro del recipiente principal para su recirculación.

Muchos de los sistemas están equipados con enfriadores de aceite, en los cuales este pasa por tuberías rodeadas de agua fría. Mantener el aceite por este medio a baja temperatura, evita la rápida oxidación y mantiene sus condiciones durante largo tiempo.

4.1.2.2. Sistemas de aplicación de grasas

Actualmente, existen sistemas de aplicación de grasas muy modernos, desde los sistemas centralizados a los sistemas convencionales como las pistolas y las brochas.

A continuación se describen los diversos sistemas:

- Graseras de copa, para engrasado a presión: usualmente se utilizan en flechas de transmisión. Este método es un mejoramiento del método de aplicación directo, es la familiarizada copa de grasa, el cual es un pequeño recipiente adaptado al mecanismo con una tapa enroscada. La tapa y el recipiente se llenan con grasa, la cual es forzada entre los espacios libres del mecanismo al enroscar la tapa. Cuando la tapa no se aprieta el flujo de grasa al mecanismo cesa, y por lo tanto, la alimentación es intermitente y depende de la adición de la grasa al cojinete para proveer la lubricación. La copa de grasa de compresión por muelle provee un flujo continuo y automático, eliminando así la necesidad por parte del operador para darle vuelta, frecuentemente a la tapa de la copa.
- Pistolas para engrasado a presión: este tipo de dispositivo mecánico, es el más familiar a las diversas industrias. Consiste en una pistola de grasa portátil, en la cual la grasa es forzada a salir de la pistola por la presión que le es ejercida por un pistón dentro del cilindro que contiene la grasa. Estas pistolas de grasa están equipadas con un cheque de bola que evita que la grasa siga saliendo cuando se retira la pistola. También existe el tipo de pistola donde la bomba es accionada manualmente.

4.1.3. Sistemas de lubricación de la planta trituradora

En la tabla siguiente se describen los diversos sistemas de lubricación y su forma de aplicación.

Tabla V. **Cuadro de sistemas que se aplican en la planta**

1	Sistema de lubricación Dual Farval circuito cerrado	Se aplica en la trituradora cónica.
2	Sistema de lubricación por salpicadura o baño principal	Se aplica en los reductores de velocidad y en la criba.
3	Sistema de aplicación de grasa con pistolas a presión	Se aplica en todas las chumaceras y cojinetes.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Aceites y grasas lubricantes

Aceite es el término genérico con el cual se designan varias sustancias de estructuras y propiedades distintas, que tienen en común algunas características, tales como hallarse en estado líquido a la temperatura ordinaria, ser untuosas, menos densas que el agua, e insolubles en ellas. La grasa consiste en aceites minerales de petróleo espesados con jabón, el cual les da una consistencia plástica. Las propiedades de una grasa y de cualquier aditivo que se use, depende de las características del aceite base y de la manera como se fabrica la grasa.

4.2.1. Aceites lubricantes

El aceite lubricante como cualquier otro líquido está compuesto de partículas muy pequeñas incesantemente en movimiento, pero ejercen una atracción tal entre sí, que muy pocas se dispersan. El aceite lubricante es un hidrocarburo líquido, oleoso, de grandes propiedades lubricantes, resiste sin descomponerse a temperaturas elevadas.

4.2.1.1. Clases de aceites

Los aceites que más se manejan en el medio son: los minerales y los sintéticos.

- Aceite mineral: es el aceite que se obtiene de la destilación primaria y secundaria. Para su elaboración se aconsejan los crudos parafínicos y nafténicos, para luego pasarlos a la torre de destilación. El aceite mineral es puro, es decir, no tiene aditivos. Se usan en motores, locomotoras, cojinetes, sistemas hidráulicos, entre otros.
- Aceite sintético: esta clase de lubricantes tiene estrechamente reguladas sus propiedades físicas, por ejemplo, punto de fluencia o derrame, -53 grados centígrados, la volatilidad, la relación viscosidad/cambio de temperatura, y las propiedades límites de lubricación a temperaturas de 230 a 360 grados centígrados. Se utiliza en aplicaciones específicas en que no son satisfactorios los aceites a base de petróleo. Este aceite se obtiene del aceite mineral con la adición de siliconas y diésteres.

4.2.1.2. Tipos de aceites

- Parafínicos: hidrocarburo que pertenece al grupo de compuestos alifáticos y son del tipo de cadena. Son los más estables de todos y resisten la reacción con la mayoría de los agentes químicos, excepto el cloro y el bromo. No son susceptibles a la oxidación a temperaturas bajas, aunque oxidan cuando su temperatura se eleva. La oxidación en los compuestos parafínicos, debido a sus características de ser saturados y en cadena, se efectúa solamente por sustitución; es decir,

mediante el desalojo de hidrógeno para dar lugar a la combinación con el oxígeno.

- Nafténico: los compuestos nafténicos son saturados de forma de cadena cerrada o anillo, son más susceptibles a la modificación de su estructura. Si se calienta a temperatura elevadas el anillo se rompe, dejando en libertad valencias de carbono, es decir, formando compuestos no saturados fácilmente oxidables. La serie de hidrocarburos nafténicos, saturados y en cadena cerrada es también llamada polimetilénica o cicloparafínica. Contienen un alto porcentaje de asfalto. Tienden a ser menos estables a altas temperaturas que los parafínicos, por tanto, permanecen líquidos a temperaturas bajas.

4.2.1.3. Principales propiedades de los aceites

La capacidad de un aceite para cumplir con sus requisitos de lubricación depende de ciertas propiedades físicas o químicas del mismo. Entre estas se pueden mencionar las siguientes:

- Viscosidad.
- Índice de viscosidad.
- Resistencia a la oxidación, deterioro químico del lubricante.
- Protección de las partes metálicas contra la corrosión.
- Protección contra el desgaste.
- Detergencia.
- Dispersancia.
- Resistencia a la formación de espuma.
- Resistencia a la emulsificación: hay algunas otras propiedades importantes en los lubricantes como por ejemplo: color, demulsibilidad,

resistencia dieléctrica, punto de inflamación y combustión, capacidad para soportar cargas, puntos de escurrimiento y de enturbamiento, protección contra la herrumbre, entre otras.

- Viscosidad: es la resistencia que tiene un líquido a fluir y es probablemente la propiedad física más significativa de un aceite lubricante derivado del petróleo. También se puede decir que es la medida de la fricción interna de un fluido. La viscosidad de un fluido cambia con la temperatura:
 - Con el frío aumenta o sube la viscosidad, es decir, se engruesa o espesa.
 - Con el calor baja la viscosidad, es decir, se adelgaza.

La selección de la viscosidad adecuada está en función de las condiciones de carga, temperatura de operación y la velocidad relativa de las superficies deslizantes. Es decir, altas temperaturas, altas cargas y baja velocidad implican alta viscosidad; bajas temperaturas, bajas cargas y altas velocidades implican baja viscosidad. Es importante que el lubricante tenga la viscosidad adecuada, debido a que una viscosidad mayor a la necesaria dificulta el flujo del lubricante y el arranque; retrasa la llegada del lubricante a las piezas en el arranque, produciendo mayor desgaste; produce pérdidas de energía debido a la mayor fricción fluida. Una viscosidad menor a la requerida provoca que la película fluida no soporta la carga, produciéndose contacto de metal con metal.

- Índice de viscosidad: es un sistema empírico para expresar la razón de cambio de la viscosidad de un aceite con cambio de temperatura. Se puede decir en otras palabras que es la propiedad que tiene un aceite a

resistir o adelgazarse cuando se calienta y a espesarse cuando se enfría. Mientras más alto es el índice de viscosidad de un aceite, menos cambiará su viscosidad con cambios en la temperatura. Debe considerarse que los aceites con alto índice de viscosidad son de mayor costo que los usuales y pueden mencionarse algunos con alto índice a los aceites sintéticos.

- Resistencia o estabilidad a la oxidación: la oxidación es una reacción química de una materia con el oxígeno y es una forma de deterioro a la que están expuestos todos los aceites derivados del petróleo.
 - La oxidación es acelerada por altas temperaturas y catalizadores como el cobre y por la presencia de agua, ácidos o contaminantes sólidos.
 - El tiempo de servicio es otro parámetro que acelera la oxidación.
 - La estabilidad a la oxidación es un factor importante en la predicción del comportamiento del aceite y sin ella puede que la vida útil sea sumamente limitada. Las materias que se formen podrán ser corrosivas a los metales. Puede ser que se depositen lodos sobre las superficies deslizantes, haciendo que se peguen o desgasten o bien que se tapen filtros u orificios de paso del aceite. Esta propiedad es una condición muy importante en aceites que se utilizan en sistemas cerrados, en los que se hace circular el aceite durante largos períodos. Cuanto mayor sea la temperatura de operación, mayor será la estabilidad a la oxidación, especialmente si hay presencia de agua. Es muy importante

cuando se evalúa esta propiedad, determinar las condiciones en las que ha de utilizarse.

- **Color:** el color de un aceite no constituye, normalmente una indicación directa de sus propiedades lubricantes, excepto para señalar la presencia de contaminantes o para servir de pauta en lo que se atañe a la uniformidad del producto.
- **Demulsibilidad:** un aceite mineral puro, altamente refinado, resiste el emulsionamiento; tiende a separarse rápidamente de las mezclas con agua al estar en reposo. Con muchos otros productos, tales como aceites para turbinas o aceites para cárter, se requiere en cambio la característica opuesta, es decir, una buena emulsibilidad. El aceite lubricante está a menudo expuesto a contaminación con el agua condensada proveniente de la atmósfera. En el caso de los aceites para turbinas ocurre que el riesgo es mucho más severo ya que el aceite tiende a entrar en contacto con vapor de agua condensada. Los fluidos hidráulicos y los aceites para motores a gasolina, para engranajes, para motores diésel y los aislantes, todos ellos y muchos productos similares del petróleo tienen que resistir el emulsionamiento.
- **Punto de inflamación y de combustión:** el punto de inflamación de un lubricante, es la temperatura mínima a la cual se vaporiza suficiente líquido para crear una mezcla de combustible y aire que se combustionará al ser encendida. El punto de combustión que es algo más elevado, es la temperatura mínima a la cual se genera suficiente vapor como para mantener la combustión.

- Capacidad para soportar cargas: para piezas de maquinaria sometidas a elevadas cargas unitarias será necesario que el lubricante pueda mantener una película que impida el contacto de metal a metal, bajo las presiones extremas que están en juego; de lo contrario se producirá el rayado de las superficies y una posible falla de las piezas. Para semejantes aplicaciones se requieren lubricantes de extrema presión EP.
- Punto de escurrimiento: si se enfría suficientemente un aceite lubricante, este llega a una temperatura a la cual ya no seguirá fluyendo bajo la influencia de la gravedad. Este estado lo podrá causar ya sea el espesamiento del aceite que siempre acompaña a una reducción de temperatura, o bien la cristalización de las materias cerosas o parafinas sólidas contenidas en el aceite, lo que restringe el flujo de la porción fluida.
- El punto de escurrimiento de un aceite se aproxima a la temperatura más baja hasta la que se puede enfriar un aceite y seguirlo vertiendo desde un recipiente. Está relacionado con su capacidad para empezar a lubricar cuando se haga funcionar una máquina fría. Si el aceite no está realmente congelado, una agitación por medio de la bomba romperá cualquier estructura cristalina que se pueda haber formado, restaurando así la fluidez. Pero el aceite se suele suministrar a la bomba por gravedad y no es dable esperar que llegue a la bomba en dichas condiciones, si la temperatura es inferior al punto de escurrimiento.
- Protección contra la herrumbre: cuando el aceite lubricante de una turbina o de otro sistema se contamina con agua, puede producirse la formación de herrumbre. Las partículas de herrumbre en el aceite, pueden actuar como catalizadores para la oxidación del mismo.

Agregada a otros contaminantes en un sistema de circulación, la herrumbre puede obstruir los elementos que tengan poca holgura entre sus piezas, tales como: las servoválvulas, y también pueden tapar los filtros. Además, las partículas de herrumbre son abrasivas y causan desgaste y rayado de las piezas críticas.

- Punto de oscuridad: los aceites de petróleo cuando son enfriados se transforman en sólidos plásticos como resultado de una separación parcial de la parafina o de una congelación de los hidrocarburos que componen el aceite. Con algunos aceites, la separación de la parafina se hace visible a temperaturas ligeramente superiores al punto de solidificación

4.2.2. Grasas lubricantes

Al igual que con los aceites industriales, se necesitan muchos tipos de grasa para satisfacer la enorme variedad de máquinas y de condiciones operacionales que existen en toda la industria. Puede tratarse de un gran engranaje abierto expuesto al polvo o de un cojinete antifricción en una máquina de precisión. Para determinados fines de lubricación, los aceites no son adecuados porque no permanecen en el elemento lubricándolo, por varias razones, especialmente por alta temperatura; se necesita un lubricante que se quede en donde se coloca y es allí donde se utiliza la grasa.

La viscosidad del aceite base, el tipo de hidrocarburo y la volatilidad pueden influir en la estabilidad estructural, en la cualidad lubricadora, en el comportamiento a bajas y altas temperaturas y en el costo. El espesado es el principal factor que controla la resistencia al agua, las cualidades para altas temperaturas, la resistencia a la descomposición por uso continuo y la aptitud

de la grasa a permanecer en su sitio. El costo de la grasa lo determinan, en gran medida el tipo del espesado y otros aditivos. Las grasas más comunes para este estudio son las siguientes: grasas de usos múltiples y de extrema presión (EP).

- Grasas de usos múltiples: estas grasas tienen una buena resistencia al agua y se pueden utilizar a temperaturas relativamente elevadas (hasta 150 grados centígrados). Ofrecen en un solo producto una combinación de muchos de los beneficios que se esperan, ya que se reduce costos debido a las existencias.
- Grasas de extrema presión: estas se necesitan donde las presiones unitarias son altas o donde se pueden encontrar cargas por impacto. Los agentes EP (extrema presión), que comúnmente se usan son compuestos de azufre, fósforo, cloro y de plomo, ya sea en forma individual o en combinación. A veces se usa desulfuro de molibdeno, comúnmente llamado “moly” como un aditivo para lubricantes, especialmente en grasas automotrices. En ciertas condiciones ocurre que su adición a las grasas comunes mejorará el poder lubricante, las propiedades antidesgaste o la duración del mismo.

4.2.2.1. Principales propiedades de las grasas

- Punto de goteo: es la temperatura a la que cambia de un estado semisólido al líquido, cuando se hace la determinación de acuerdo con lo prescrito en ASTM. Las grasas de jabón de calcio o de cal tienen puntos de fusión inferiores a 93 grados centígrados; para puntos de goteo de 150 grados centígrados o más se usan grasas de jabón de sodio y para 200 grados centígrados o más, grasas de litio.

- Consistencia de la grasa, penetración: esta se define como su resistencia a la deformación al ser sometida a una fuerza aplicada; en otras palabras, su rigidez o dureza relativa. Esta propiedad es importante para determinar su idoneidad para la aplicación dada. La consistencia de una grasa no es un factor uniforme, varía a medida que es sometida a fricción interna similar a la que se produce en un cojinete, por lo que generalmente se ablanda. La consistencia se determina por la profundidad a la que penetra un cono en una muestra de grasa, en diferentes circunstancias. En esta prueba (ASTM D217), se deja que durante 5 segundos vaya penetrando por la acción de su peso en el producto, a una temperatura de 25 grados centígrados. La profundidad de caída resultante o penetración se mide en décimas de milímetro.

Tabla VI. **Grados de consistencia**

Apariencia	No. NLGI	Penetración a 25 grados centígrados
Suave	000	445-475
Más resistente	00	440-430
Semifluida	0	355-385
Blanda	1	310-340
Media	2	265-295
Medio dura	3	220-250
Dura	4	175-205
Muy dura	5	130-160
De tipo doble	6	85-115

Fuente: NGLI. *Clasificación de la National Lubricating Grease Institute*, p. 6.

4.3. Especificación de lubricantes

Las especificaciones de los lubricantes están dadas por las relaciones entre las asociaciones técnicas de la industria en el desarrollo de nuevas especificaciones de calidad para lubricantes.

- SAE. Asociación de ingenieros automotrices define las necesidades, y designa los grados de viscosidad para aceites de motor e industriales con base en su viscosidad a 100 grados centígrados y a sus propiedades en baja temperatura (W), que indica su preparación para servicio en invierno; por consiguiente se acentúa la capacidad de fluir en forma apropiada a temperaturas bajas. Los aceites multigrado se han formulado para tener un alto índice de viscosidad, en comparación con los aceites monogrados.
- API. Instituto americano del petróleo: el sistema de clasificación API está diseñado para describir la habilidad de un aceite para desempeñarse satisfactoriamente en los diferentes grados de operación de un motor, es decir que identifica la calidad, según se determina por el rendimiento por una serie de pruebas realizadas en motores estándar de laboratorio. En este método, se emplea en la denominación la letra "S" para motores encendidos por chispa y la letra "C" denota a los aceites para motores encendidos por compresión.
- ISO. Organización internacional estándar: es un sistema para designar los grados de viscosidad de los aceites industriales, principalmente en engranajes encerrados; cada grado se especifica por ISO VG, seguido de un número que es la viscosidad cinemática nominal, en CST, a 40 grados centígrados. Se enlistan dieciocho grados de viscosidad que

cubren el intervalo de 2 a 1500 CST, a 40 grados centígrados, en incrementos del 50 % poco más o menos.

- AGMA. Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes: indica los grados de viscosidad de los industriales, del 1 al 8, que abarca de manera aproximada la ISO VG 46 a 1000. Además la AGMA indica en dónde deben tenerse presentes compuestos grasos o aditivos EP.
- NLGI. Instituto Nacional de Grasas Lubricantes: las grasas se suelen identificar, en cuanto a su consistencia por el sistema de clasificación NLGI; esta medición es la más comúnmente usada para realizar comparaciones de consistencia de diferentes grasas.
- ASTM. Sociedad Americana de Pruebas y Materiales: define los métodos de prueba y objetivos de calidad.

4.4. Programa de lubricación

Identificar los puntos a lubricar de la planta trituradora permite distribuir con mayor facilidad la actividad de recolección de información de los compartimientos como el sistema de lubricación del cono, de la criba horizontal, motores eléctricos, reductores de velocidad, cojinetes de bolas y chumaceras.

4.4.1. Identificación de los puntos a lubricar, recolección de la información

Se deben seguir los siguientes pasos para la recolección de información:

- Ir al área física donde se encuentra ubicada la planta trituradora.

- Describir los puntos o componentes tomando en cuenta aspectos como marca, modelo, serie, revoluciones, temperatura normal de operación, promedio de varias tomas de temperatura y cualquier información adicional que se pueda observar, ya sea por la placa o experiencia.
- Tomar los datos de la placa del equipo, poniendo énfasis en información sobre la lubricación del mismo, regularmente, recomiendan un lubricante AGMA, caso especial de engranajes industriales. Podría también darse el caso que se den rangos de temperaturas de operación, indicando grados SAE, ISO a diferentes temperaturas.
- Describir los puntos de lubricación y características como algún tipo de indicador de nivel, ya que puede darse el caso que tenga o no. Debe también anotarse qué tipo de dispositivo de lubricación tiene, por ejemplo, si son graseras o si tienen depósito.
- Si la planta trituradora ya está en funcionamiento, anotar qué tipo de lubricante está utilizando, qué sistema de lubricación, frecuencia de aplicación y cantidades.
- Si la planta trituradora es nueva, antes de ponerle el aceite y hacerla funcionar se debe buscar el manual de operación, leer todo lo concerniente a su sistema de lubricación, establecer conversiones de un aceite a otro, por ejemplo de AGMA a ISO, marcas que recomiendan, entre otros.
- En el caso que por cualquier circunstancia no se tenga el manual de lubricación, se debe guiar por la placa del fabricante, o en su defecto comunicarse donde se adquirió la planta trituradora.

- Si en última instancia no se cuenta con ninguna de las opciones anteriores, debe buscarse la experiencia de un asesor técnico de lubricación, compañías petroleras, proveedores de lubricantes que tengan experiencia con equipos similares.
- Luego de obtener toda la información, se determina cuál es el lubricante más indicado, tomando en cuenta la recomendación del fabricante de la planta trituradora y las condiciones de operación.

4.4.2. Determinación de las propiedades de los lubricantes a utilizar en los diferentes puntos, cantidad, frecuencia y método de aplicación

Las condiciones de operación de la mayoría de los motores eléctricos son severas, especialmente cuando es prolongada o continua las 24 horas. Dentro de las propiedades más importantes del lubricante para los cojinetes del eje están:

- Ser un tipo de grasa diseñada, especialmente, para larga vida útil, al menos que su consistencia permanezca en similares condiciones durante períodos de operación continua;
- Ser resistente a elevadas temperaturas, en el caso de que el medio ambiente sea caluroso, principalmente en el verano;
- Su punto de goteo debe ser alto, es decir, se debe evitar que fluya a temperaturas bajas;

- Su rango de consistencia debe soportar temperaturas entre 40 y 100 grados centígrados;
- Este tipo de grasa no debe ser demasiado consistente, pues le causaría demasiado arrastre.
- Cantidad: debe aplicarse la cantidad que permita una fricción mínima entre los componentes del cojinete a grasa. La medida por experiencia que considere adecuada por cada departamento eléctrico.
- Frecuencia de aplicación y método: debe aplicarse cada seis meses como mínimo, con pistola a presión, pero cuando haya otro tipo de mantenimiento es recomendable lavar el cojinete y aplicar nueva grasa.

Para chumaceras y rodos el lubricante para cojinetes de bolas debe tener las siguientes propiedades:

- Una característica esencial de este tipo de grasa es que no cause arrastre en el rodamiento, es decir que la misma grasa cause fricción al rodar;
- Tiene que tener una excelente resistencia a la oxidación, es decir, que a medida que trabaje debido a contaminantes no se vuelva más viscosa y provoque fricción o arrastre al ser más gruesa;
- Debe ser resistente al agua y salpicaduras y ser resistente aunque en la planta trituradora haya vibración;
- Con base en su consistencia puede aplicarse con un sistema centralizado;

- Debe ser resistente a altas temperaturas, es decir que su consistencia sea la adecuada aún a altas temperaturas;
- Que posea excelente penetración y alto punto de goteo por lo menos 185 grados centígrados;
- Cantidad: debe aplicarse la cantidad de grasa, con base en las condiciones de operación, por ejemplo, temperatura, humedad, agentes contaminantes como el polvo, entre otras. No es recomendable saturar las chumaceras hasta ver que la grasa fluye o escapa por los costados, sino debe tenerse un parámetro de cantidad conforme opere.
- Frecuencia y método de aplicación: debe aplicarse cada 100 a 200 horas de operación de la planta trituradora, teniendo el cuidado de verificar si la lubricación, efectivamente se realizó. El método será aplicarlo por medio de pistola a presión, teniendo cuidado de que la pistola sea exclusivamente para aplicar el tipo de grasa recomendada.

Propiedades de los lubricantes para los reductores de velocidad marca Dodge y Vikingo, para engranajes, piñones y cojinetes de ejes:

- Debe ser resistente a altas temperaturas operacionales;
- Su punto de inflamación debe ser alto para evitar vapores inflamables al elevarse la temperatura;

- Deben mantener su viscosidad dentro de los rangos permisibles de temperatura en grados centígrados -15 °F a 125 °F (ver anexo cuadro para la selección del aceite lubricante);
- Ser fácilmente separables del agua y no ser corrosivos para el acero, el cobre y el bronce;
- Precipitar cualquier tipo de sedimento que se forme durante su operación;
- Poseer buena conductividad térmica para transferir el calor a las paredes y estas al ambiente.
- Cantidad: este parámetro es muy importante, debido a que los reductores vienen en distintas posiciones y tamaños y esta cantidad debe cubrir $\frac{3}{4}$ partes de los engranajes, para darle posibilidad de enfriarse en la parte restante (ver anexo de volúmenes para diversos tamaños de reductores). Los reductores más modernos ya traen incorporada una varilla indicadora de nivel.
- Frecuencia y método de aplicación: estos aceites regularmente deben cambiarse cada seis meses o 2 500 horas de operación, lo que ocurra primero, es decir si no están expuestos a contaminación, agua, polvo, entre otros; de lo contrario habría que chequear cómo están sus propiedades continuamente; si está contaminado, cambiarlo. Para aplicar el aceite se deben utilizar recipientes con medidas exactas, en galones/ litros o aplicación neumática con un contador por caudal.

Propiedades de los lubricantes de la trituradora cónica, cojinetes de agujas, engranajes, piñones y cojinetes de ejes:

- El lubricante debe ser a base de parafina (que no sea nafteno);
- Viscosidad de 135 CST a 40 grados centígrados, 13 CST o más a 100 grados centígrados, categoría ISO VG150.
- Que manifieste alta adherencia a las superficies metálicas, con propiedades físicas y químicas estables.
- Poseer propiedades de extrema presión(EP), tales como fósforo, azufre y otros componentes antisoldadura compatibles con el bronce, hierro forjado y el acero.
- Elevado índice de viscosidad de 90 o mayor, y una separación rápida del agua (demulsibilidad).
- Debe tener aditivos antioxidantes, anticorrosivos y antidesgaste, con rechazo a la oxigenación.
- Cantidad: es de suma importancia mantener el nivel del aceite, para que la bomba abastezca lo suficiente a las partes internas de la trituradora. La cantidad varía dependiendo de los modelos (capítulo I, trituradora cónica) el rango oscila entre 45 a 275 galones.
- Frecuencia y método de aplicación: cambiar el lubricante cada seis meses de operación de la planta trituradora, o como dicte la experiencia, ya que el tipo de material a triturar influye demasiado en la contaminación del aceite, el depósito debe limpiarse a fondo por acumulación de

sedimentos. Utilizar recipientes con medidas exactas en galones o aplicación neumática con un contador por caudal.

Propiedades de los lubricantes del sistema hidráulico, es decir que dan potencia hidráulica para mover componentes de la trituradora cónica:

- El lubricante debe ser a base de parafina.
- Que manifieste alta adherencia a las superficies metálicas, con propiedades físicas y químicas estables.
- Debe tener aditivos antioxidantes, anticorrosivos y antidesgaste, con rechazo a la oxigenación.
- Elevado índice de viscosidad de 140 o mayor, y una separación rápida del agua (demulsibilidad); y la viscosidad de 20 a 40 CST a 40 grados centígrados, 6 CST o más a 100 grados centígrados, categoría ISO VG 32.
- Cantidad: se debe mantener el nivel del lubricante a la mitad de la escala de vidrio indicador, siendo aproximadamente 208 litros (55 galones).
- Frecuencia y método de aplicación: debe cambiarse como mínimo una vez al año; durante este cambio el interior del depósito de dicho lubricante tendrá que limpiarse a fondo de toda acumulación de sedimentos. Utilizar recipientes con medidas exactas en litros/galones o aplicación neumática con un contador por caudal.

Propiedades de los lubricantes para la criba horizontal y cojinetes dobles de rodillos y engranajes:

- El aceite debe ser de alta calidad, un producto de petróleo no oxidante.
- No se deben usar aceites que contengan mejoradores de índice de viscosidad (viscosidad no múltiple).
- El aceite debe tener características de extrema presión.
- Debe tener cualidades de neutralización, lo que evitará que el aceite ataque a las superficies de los cojinetes altamente pulidas durante períodos prolongados de operación.
- Debe poseer agentes antiespumantes y apropiado para aplicaciones de vibración.
- No se recomienda el uso de aceites que contienen sólidos suspendidos, tales como grafito y/o bisulfuro de molibdeno (MoS_2), en el caso de equipos vibrantes como este.
- La viscosidad del aceite no debe ser inferior a 105 SSU en temperaturas de operación; para seleccionar el aceite lubricante apropiado se debe considerar además el tamaño de los cojinetes y la velocidad de operación (ver anexo, cuadro para la selección del aceite lubricante).
- Cantidad: las tapaderas de la unidad de vibración poseen un indicador de nivel, el cual debe mantenerse a la mitad o donde indique el flote, con

una cantidad aproximada de 4.5 cuartos de galones en cada compartimiento.

- Frecuencia y método de aplicación: cuando una planta es nueva, el aceite debe cambiarse después de 40 horas de operación, procedimiento que también debe ser seguido si la planta ha estado en receso, sin ser utilizada por un largo período de tiempo. Los cambios siguientes deben realizarse cada 300 a 500 horas de operación o cada 30 días, lo que ocurra primero.

Características de los lubricantes aplicados a la criba horizontal lubricada con grasa, y los cojinetes dobles de rodillos y engranajes:

- Debe ser con base en litio con aditivos EP.
- No tener separación del aceite base, formación de ácido o endurecimiento marcado de ningún grado.
- Debe ser suave, no fibrosa y completamente libre de ingredientes químicamente activos.
- Debe cubrir temperaturas de 10 °F a 100 °F y si la temperatura de operación de los cojinetes es mayor a los 190 °F, utilizar grasa sintética a 1 100 SSU a 100 °F y 144 SSU a 210 °F.
- Cantidad: este parámetro es muy importante, debe depositarse la cantidad especificada por el fabricante del equipo; la cantidad viene indicada en la placa del mismo. Si no se cuenta con datos de placas, habría que efectuar una medición de la cantidad requerida o en

comparaciones con equipos similares o asesores técnicos en lubricación.

- Frecuencia y método de aplicación: debe lubricarse por lo menos cada 10 horas de funcionamiento continuo de la planta trituradora, o una vez cada 8 horas de turno, con pistolas a presión, teniendo el cuidado de utilizar únicamente este tipo de grasa en el dispositivo. El cambio total de la grasa debe realizarse cada seis meses de operación o 1000 horas, lo que ocurra primero; este cambio es muy importante para obtener la vida máxima de los cojinetes.

4.4.3. Guía de lubricación de la planta trituradora

En la tabla siguiente se dan a conocer todos los pasos para la lubricación de la planta trituradora.

Tabla VII. Guía de lubricación

GUÍA DE LUBRICACIÓN DE LA PLANTA TRITURADORA CÓNICA HP						
Componente de la planta	Aplicación del lubricante	Producto recomendado	Frecuencia	Cantidad	Método	Observaciones
Motores eléctricos	Cojinetes de eje	Grasa 2 NLGI	6M1	SR	Pistola a presión	
Transportadores	Chumaceras	Grasa 2 NLGI, base litio	H2	SR	Pistola a presión	
	Rodillos	Grasa 2 NLGI, base litio, EP	H3	SR	Pistola a presión	
	Reductores de velocidad	S/intervalo de temperatura, Grados ISO	6M	SR	Pistola neumática/recipiente	Ver anexo
Trituradora cónica	Depósito	AGMA No. 4/ ISO VG 150	6M	55 galón	Pistola neumática/recipiente	Ver anexo
Sistema hidráulico	Depósito	ISO VG 32	A	SR	Pistola neumática/recipiente	
	Reductor de velocidad	80W90	H2	1.18 litro	Pistola neumática/recipiente	
	Freno	ATF	MN	0.06 litro	Pistola neumática/recipiente	
Criba horizontal	Unidad de vibración	S/intervalo de temperatura, AGMA/ISO	M	8.52 litro	Pistola neumática/recipiente	Lubricada con aceite/ver anexo
	Unidad de vibración	Grasa 2 NLGI EP	6M1 o H2	SR	Pistola neumática/recipiente	Lubricada con grasa

INTERVALO DE SERVICIO
D: diario (cada 8 o 10 horas)
MN: mantener nivel
M: mensual/300 a 500 Hrs.
3M: trimestral
6M: semestral o 2500 hrs.
6M1: semestral
A: anual
SR: según requerimiento

H1: cada 100 a 200 horas
H2: cada 1000 horas
H3: cada 3000 a 4000 horas

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección de lubricación. p. 8.*

Nota: para los puntos de lubricación que dependen de la temperatura, ver anexo del cuadro para selección de aceites.

4.4.4. Formatos de control de servicios

Los formatos de control de servicios son una herramienta útil y práctica para llevar la secuencia de controles de mantenimiento preventivo en cada uno de los compartimientos y componentes del equipo. (Ver apéndice 1).

Pueden utilizarse formatos para actividades específicas de servicios en las que se debe incluir información del componente, así como fechas, personas responsables de la actividad, y el estado en que se encuentra el componente que requiere el mantenimiento. (Ver apéndice 2).

5. PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

5.1. Mantenimiento

El mantenimiento es el conjunto de actividades desarrolladas con el fin de conservar los equipos, instalaciones, herramientas, edificios u otro activo, en condiciones de funcionamiento seguro, eficiente y económico para una empresa o entidad cualquiera.

El mantenimiento de las plantas trituradoras móviles cónicas HP Nordberg, incluye normas o métodos que regulan cada uno de los pasos durante su funcionamiento y en condiciones estáticas.

5.2. Tipos de mantenimiento

En el momento de inicio del funcionamiento de cualquier planta se sugiere que se comience a diseñar un programa de organización, planificación y ejecución del mantenimiento. Es de mucha ayuda tomar en cuenta toda la información que se pueda extraer de los manuales de maquinaria, ya que en estos se puede conocer más a fondo la estructura, funcionamiento y diseño de los equipos con los que cuentan.

En todo inicio de las actividades de mantenimiento se sufren inconvenientes debido al poco conocimiento que se tiene de los elementos de los equipos. En todo caso, es recomendable aprovechar toda la información que pueda ser recabada en este lapso, ya que se puede utilizar en el mejoramiento de la eficiencia de las actividades de mantenimiento.

Por lo anterior es necesario organizar el sistema de aplicación del mantenimiento de una manera adecuada, basándose en un sistema que permita controlar y verificar la ejecución de las actividades. El mantenimiento puede ser de varias clases: preventivo, correctivo y de oportunidad.

5.2.1. Preventivo

Este es el cúmulo de sistemas de mantenimiento organizado y planificado, el cual brinda beneficios secundarios.

El objetivo de este tipo de mantenimiento es encontrar técnicas que reduzcan el trabajo de las operaciones de mantenimiento de emergencia y que repercuten directamente en el proceso y en los costos de las empresas.

Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo y se divide en dos secciones:

5.2.1.1. Mantenimiento preventivo con base en el tiempo o en el uso

La frecuencia de fallas prematuras puede reducirse mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones promovidas por la medición del desempeño (recomendaciones de los manuales de fabricantes, como la periodicidad de servicios en los compartimientos).

5.2.1.2. Mantenimiento preventivo con base en las condiciones de operación del equipo

Si la falla no puede prevenirse, la inspección y la medición periódicas pueden ayudar a reducir la severidad de la falla y el posible efecto que dominó en otros componentes del sistema del equipo, mitigando de esta forma las consecuencias negativas para la seguridad, el ambiente o la capacidad de producción. Las presiones, amperajes, caudales, temperaturas, análisis de aceites, son algunos de los aspectos a considerar.

El programa de mantenimiento preventivo a utilizar en la planta de trituración se observa en las tablas VIII y IX.

Tabla VIII. Programa de inspección diaria de mantenimiento

PROGRAMA DE INSPECCIÓN DIARIO DE MANTENIMIENTO			
FECHA:			
Núm	Sección y descripción	Tiempo	Condición
1	<p>Sistema hidráulico</p> <p>Inspeccionar el nivel del depósito del aceite hidráulico. Cerciorarse de que el selector de ajuste y marcha esté en la posición de marcha.</p> <p>Inspeccionar la presión del aceite antes de realizar cualquier accionamiento en el sistema, para el mecanismo de liberación de la estopero de 1500 a 1700 psi y del mecanismo de sujeción de 2,400 a 2,800 psi.</p> <p>Inspeccionar la temperatura del lubricante.</p>		
2	<p>Rodamientos</p> <p>Inspeccionar que las partes o estructura que descansan sobre los rodamientos, se encuentran alineados para evitar sobrecargas sobre los mismos.</p> <p>Realizar la limpieza externa de los rodamientos, del polvo que puede convertirse en un abrasivo.</p> <p>Inspeccione la temperatura de las chumaceras y de los rodos de deslizamiento</p>		

Continuación de la tabla VIII.

<p>3</p>	<p>Trituradora cónica Inspeccionar el nivel del depósito del aceite lubricante. Inspeccionar las temperaturas de la admisión y el tubo de evacuación del lubricante, admisión de 100 °F a 120 °F, relación entre la evacuación y la admisión: de +3 °F a 9 °F. Inspeccionar la presión del lubricante en la caja del contra eje, de 15 a 30 psi. Inspeccionar la diferencia de presión del filtro del lubricante, de 5 a 35 psi. Inspeccionar el nivel de la cavidad y la presión del mecanismo de liberación de la cavidad, de 1,500 a 1700 psi. Inspeccionar la presión del mecanismo de sujeción, de 2,400 a 2,800 psi. Inspeccionar la distribución de la alimentación. Inspeccionar que la zona de descarga de la trituradora se encuentre libre de obstáculos. Eliminar toda acumulación en los brazos de palanca. Inspeccionar el revestimiento y la cubierta del contrapeso por si sufren desgaste. Inspeccionarse el tiempo hasta la detención total después de apagarse el motor, de 30 a 60 segundos. Inspeccionar la rotación de la cabeza. Inspeccionar si hay retenes y conexiones sueltos. Inspeccionar si hay ruidos anómalos, indicaciones de desgaste o esfuerzo desmedido en las piezas de la trituradora. Cuando los revestimientos de triturado (del manto y del tazón) se aproximen a su límite de desgaste, inspeccionarse si hay revestimientos flojos, agrietados o completamente gastados. Inspeccionar el desplazamiento del anillo de ajuste. Inspeccionar la circulación a la carcasa del colador del lubricante</p>		
<p>4</p>	<p>Criba horizontal Se sugiere que este mantenimiento sea a mitad de turno. Revisión del nivel de aceite. Revisión de filtración de aceite. Una filtración de aceite es una indicación que el sello se ha gastado; este debe ser reemplazado lo antes posible. Revisar las fajas para ver el desgaste y la tensión adecuada. La instalación de una nueva faja en la criba debe ser re tensionada después de cuatro horas de operación. Inspeccionar los pernos sueltos. Escuchar los sonidos inusuales, lo que podría indicar que algunas partes están sueltas, dañadas o gastadas y lubricar los cojinetes, en el caso de máquinas lubricadas con grasa.</p>		

Inspección realizada por: _____
 Supervisor de mantenimiento.

Supervisado por: _____
 Ingeniero de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Programa de inspección semanal de mantenimiento

PROGRAMA DE INSPECCIÓN SEMANAL DE MANTENIMIENTO			
FECHA:			
Núm.	Sección y descripción	Tiempo	Condición
1	<p>Sistema hidráulico</p> <p>Inspeccionar la correcta conexión de todas las mangueras.</p> <p>Inspeccionar que los guardapolvos de los cilindros de sujeción y de liberación de la estopera se encuentren en su lugar y en buen estado.</p> <p>Comprobar que en el interior del suministro hidráulico y la trituradora no exista fuga de aceite hidráulico.</p>		
2	<p>Rodamientos</p> <p>Revisar que los retenedores de grasa hagan su función evitando derrame de lubricante y contaminación.</p> <p>Inspeccionar que las bases tengan soporte o que las piezas se encuentren sujetadas correctamente</p>		
3	<p>Trituradora cónica</p> <p>Limpiar los respiraderos de la caja del contraeje y del depósito del lubricante.</p> <p>Inspeccionar el entubado por si tiene fugas de lubricante.</p> <p>Inspeccionar el revestimiento del tazón, la placa alimentadora y el manto por si experimentan tirantez o desgaste.</p> <p>Engrasarse las roscas del anillo de ajuste con el tazón desacoplado y luego, engrasarse con el tazón acoplado.</p> <p>Inspeccionar el colador del lubricante en el depósito por si muestra limaduras o cascarillas de metal.</p> <p>Inspeccionar si el anillo de ajuste se desplaza.</p> <p>Inspeccionar la tensión y alineado de las correas en cuna "V".</p> <p>Inspeccionar por si existen fugas de lubricante.</p> <p>Inspeccionar si las poleas por si hay grietas o tirantez del eje.</p> <p>Inspeccionar la tensión de los tornillos de casquete cuadrado de la placa alimentadora.</p> <p>Inspeccionar el funcionamiento de las lámparas piloto del puesto remoto de control mediante pulsadores.</p> <p>Inspeccionar por si se han desgastado, la caja del contra eje, cabeza y bastidor central.</p>		

Continuación de la tabla IX.

4	Criba horizontal Inspeccionar todos los revestidores, placas traseras, brocas de descarga, tela de la criba y los rieles que se remueven. Inspeccionar las correas en "V" por desgaste y apropiada tensión. Revisar la suspensión por cualquier resorte quebrado. Limpiar el material de los resortes de bobinas. Limpiar el material del guarda correas. Revisar el desgaste de los largueros de goma.		
---	--	--	--

Nota: la condición se diferencia en que fue realizada o que no fue realizada.

Inspección realizada por: _____
Supervisor de Mantenimiento

Supervisado por: _____
Ingeniero de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Además del mantenimiento diario y semanal, se realizan las siguientes actividades para realizar el mantenimiento preventivo mensual. (Ver tabla X).

Tabla X. **Programa de inspección mensual de mantenimiento**

PROGRAMA DE INSPECCIÓN MENSUAL DE MANTENIMIENTO			
FECHA:			
Núm.	Sección y descripción	Tiempo	Condición
1	Sistema hidráulico Inspeccionar la carga de nitrógeno de los acumuladores.		
2	Rodamientos Inspeccionar que las graseras se encuentren en condiciones óptimas de funcionamiento.		
3	Trituradora cónica Inspeccionar la presión preliminar a la carga del acumulador y añadirse nitrógeno por si hace falta, 1,200 psi. Inspeccionar par, ver que engrane el mecanismo de ajuste y el anillo impulsor en la tapa de ajuste. Ensayarse todas las alarmas, junto con sus lámparas y enclavamientos respectivos, tanto en el sistema de lubricación como en el hidráulico (interruptores en función de la presión, de la temperatura y de caudal). Inspeccionar el motor eléctrico y lubricarse conforme al programa de lubricación. Liberarse de su posición de triturado el conjunto del tazón y girarse en ambos sentidos. Inspeccionarse el lubricante por si contiene impurezas y sedimentos. Cambiarse si es necesario. Analizarse los niveles de contaminante del lubricante. Inspeccionar el desplazamiento axial.		
4	Criba horizontal Inspeccione el desgaste, deformación o soldaduras rotas del marco de la cubierta. Inspeccione el desgaste y daño de las planchas laterales. Verificar que el cambio de aceite de la unidad de vibración se haya realizado.		

Inspección realizada por: _____
Supervisor de Mantenimiento

Supervisado por: _____
Ingeniero de Mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

Para implementar el programa de mantenimiento preventivo anual se realizan todas las actividades de los programas de inspección de mantenimiento diario, semanal y mensual y las que se presentan en la tabla XI.

Tabla XI. **Programa de inspección anual de mantenimiento**

PROGRAMA DE INSPECCIÓN ANUAL DE MANTENIMIENTO			
FECHA:			
Núm.	Sección y descripción	Tiempo	Condición
1	Sistema hidráulico Verificar que el cambio del aceite del sistema se haya realizado.		
2	Reductores de velocidad Verificar que el cambiar el aceite del compartimiento se haya realizado.		
3	Trituradora cónica Desmontarse por completo la trituradora a fin de inspeccionarse por si sufren de desgaste todas las superficies de apoyo (bujes de la cabeza y de la excéntrica y revestimiento del casquillo) y las superficies del engranaje y del piñón. Inspeccionar el bastidor central, la cabeza y el tazón por si dan indicios de grietas procedentes de la fatiga (especialmente, en la brida de montaje del bastidor y en la base de las pestañas). Inspeccionar todos los botones y conexiones tubulares por si experimentan tirantes. Inspeccionar la esfera de la cabeza por si da muestras de desgaste. Inspeccionar los dientes del engranaje y del piñón por si están desgastándose. Inspeccionar el casco guardapolvo.		

Nota: la condición se diferencia en que fue realizada o que no fue realizada.

Observaciones: _____

Inspección realizada por: _____

Supervisor de mantenimiento

Supervisado por: _____

Ingeniero de mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

5.2.2. Correctivo

Es el mantenimiento que se hace cuando se tienen fallas repentinas o no esperadas, que se dan por la ausencia de las condiciones de operación del equipo.

Se basa en el funcionamiento de la maquinaria ininterrumpidamente, hasta que el equipo falla. En el momento de ocurrir la falla se acude a las labores de mantenimiento y no se le prestará importancia hasta que ocurra de nuevo la falla. Se debe minimizar en un departamento de mantenimiento, sin embargo, se puede llegar a dar.

5.2.3. De oportunidad

Cuando se opera el equipo pueden presentarse daños que aún permiten la operación del mismo; sin embargo cuando ocurre una falla mayor o una parada programada, se pueden resolver todos los problemas identificados con tiempo y se tiene la oportunidad de solucionarlos.

5.3. Programas de mantenimiento

El objetivo del programa de mantenimiento a utilizar es mantener las condiciones y el servicio de los equipos que serán utilizados para producir agregados para la construcción necesaria en la aplicación de la ingeniería. Se involucra a todo el personal que tiene relación alguna con el equipo existente, especialmente operadores (personal de producción) y personal del departamento de mantenimiento. Antes de realizar el programa de mantenimiento, se hará un enfoque general de las actividades que tenga

relación con el equipo, para poder establecer seguidamente las labores de mantenimiento y el personal que realizará la actividad.

Son definidos como trabajos de tipo I aquellos que los operadores son capaces de realizar ahora o después de un adiestramiento adecuado. Ejemplo de estas actividades son:

- Limpieza
- Lubricación
- Inspecciones generales
- Pruebas
- Ajustes menores, torques adecuados
- Servicios y reparaciones menores

Estas tareas normalmente toman un tiempo mínimo para su ejecución, y son actividades repetitivas que usualmente se basan en un número de rutinas y servicios que se realizarán diariamente, semanal, mensual o semestralmente.

Son definidos como trabajo tipo II aquellos trabajos que requieran habilidades y conocimientos profundos del equipo, para poder realizar el mantenimiento o reparación de la falla existente. Ejemplos de estas actividades son:

- Desarme parcial del equipo
- Uso de varias herramientas
- Reemplazo de partes o componentes
- Altos niveles de habilidad
- Mayor tiempo para las rutinas de mantenimiento
- Pruebas de operación del equipo

5.4. Implementación del programa de mantenimiento

Para implementar el programa de mantenimiento a las instalaciones, se debe conocer la clase de equipos existente, su historial de trabajos realizados y de las condiciones actuales de operación. Con lo anterior se logra conocer las características y condiciones actuales para elegir el tipo de mantenimiento que sea necesario.

Para las plantas móviles de trituración se considera que son adquiridas del fabricante, en condiciones nuevas de uso y con los contratos de primeros servicios vigentes. La relación inicial del personal de operación y mantenimientos será por medio de una capacitación proporcionada por el fabricante y por medio de los manuales de operación y mantenimiento. A continuación se ilustran las formas de control iniciales del equipo, las cuales van dirigidas a la creación e implementación del programa de mantenimiento.

5.4.1. Identificación de equipos

Se realizará una adecuada identificación de equipos para facilitar el conocimiento y operación. Se ilustra en apéndices 3 y 4.

5.4.2. Historial del equipo

Formas de control de todas las actividades de mantenimiento que se han realizado al equipo. Pueden ser utilizados para realizar análisis a nivel administrativo y de mantenimiento. Es una base para ajustar o modificar las actividades de mantenimiento que se han realizado hasta la fecha. (Ver historial en anexo 6). Como el equipo se adquirirá en nuevas condiciones, no existirá historial de trabajos realizados en el equipo. Sí se adquiere el equipo

después de una etapa de operación, es recomendable que el vendedor proporcione esta información, o también realizar por parte del departamento de mantenimiento una inspección y mantenimiento completo para iniciar un nuevo historial de equipo.

5.4.3. Condiciones del equipo

Para verificar las condiciones actuales del equipo se puede realizar una inspección de las condiciones que presenta el mismo. Seguidamente se hace una comparación de las condiciones detectadas, con una tabla escala-rango de condiciones- acciones, utilizadas al realizar las acciones de mejoramiento continuo del equipo. La tabla de análisis de condiciones del equipo se detalla en la tabla XII.

Tabla XII. **Guía de evaluación de mantenimiento del equipo**

ESCALA CLASIFICACIÓN	CONDICIÓN	ACCIONES POSIBLES
1. Mala calidad	Bajo todos los estándares Inoperable Muy baja efectividad del equipo No existen tolerancias No se hacen mejoras No hay seguridad para trabajar No existe mantenimiento preventivo Alto rango de desecho	Requiere atención inmediata desechar o reparar. Modificar operación. Mejorar funciones y medidas de seguridad. Aumentar actividades de limpieza y mejorar con renovación de pintura.
2. Justo	Condición mínima de aceptación Bajos estándares No hay facilidad en la operación Capacidad limitada Suciedad Baja efectividad general del equipo Alto grado de desecho Pequeño programa de mantenimiento preventivo.	Acciones iniciales Reconstrucción Mejorar funciones y medidas de seguridad. Mejorar el mantenimiento preventivo. Aumentar actividad de limpieza mejorar inspecciones.

Continuación de la tabla XII.

3. Promedio	Requerimientos encontrados Exposiciones confiables Mantenimiento preventivo realizado Equipo no se encuentra en buenas condiciones Algunas limitaciones de capacidad presentable Efectividad promedio del equipo Desechos promedio	Mejorar funciones Mejorar inspecciones Mejorar mantenimiento preventivo y correctivo Aumento de la limpieza No permitir deterioros
4. Bueno	Máquina confiable Buena apariencia Pocos desechos Realizados todos los programas de mantenimiento Mejoras realizadas Buena efectividad general del equipo Estándares alcanzados	Afinar los programas de mantenimiento. Mantener la inspección a los equipos. Mantener limpieza y lubricación Mejorar donde sea posible No permitir deterioros
5. Excelente	Condiciones perfectas Excelentes capacidades No existen desechos Equipos mejorados No existen paradas repentinas Realización perfecta de mantenimiento preventivo. Excelente efectividad general del equipo.	Usar como ejemplos Demostraciones para clientes No permitir deterioros Mantenimiento perfecto, récord en mantenimiento preventivo. Limpieza perfectamente alcanzada.

Fuente: elaboración propia.

5.4.4. Análisis de condición del equipo

Para realizar el análisis de la condición del equipo, se comparan las condiciones actuales determinadas después de una inspección con lo establecido en la tabla de escala rango y condición acción. Se determina la ponderación respectiva y se determinan los conceptos requeridos por la hoja de evaluación del análisis de condición del equipo, establecida por el programa de mantenimiento. El equipo es evaluado por:

- Confiabilidad
- Capacidad

- Condición general
 - Apariencia/limpieza
 - Facilidad de operación
 - Seguridad/Medio ambiente que rodea

Es posible utilizar para determinar la condición del equipo el anexo 7.

5.4.5. Listas de inspección

Son tareas estandarizadas que el operador realiza. Contienen específicamente actividades de limpieza, lubricación e inspección de las condiciones del equipo. Una lista de inspección a utilizar en el área, se detalla en la tabla XIII.

Tabla XIII. Programa de actividades de mantenimiento

Procedimientos de trabajo				Mantenimiento autónomo estandar limpieza,lubricación e inspección)		Efectivo hasta:				
Nombre	Depto. Trituración			Equipo No. 1		Período:				
No.	Localización	Criterio	Metodo	Herramientas	Tiempo	Intervalo			Responsable	
						D	S	M		
LIMPIEZA	1	Area de Trabajo y generacione s	Eliminar residuos, polvo y material no triturable	Sacudir, palear y extraer	Trapos, azadón, palas y cucharón de maquinaria	10 min.	X			Operador
	2	Pasarelas y transportadores (bandas)	Eliminar residuos y contaminantes	Palear	Palas	10 min.	X			Operador
	3	Trituradora Cónica	Eliminar material de la camara de trituracion	Liberacion de la estopera	Sistema Hidráulico	2 min.	X			Operador
	4	Criba	Eliminar materiales no triturables	Cribar, agua a presion, raspar	Rociadores, espátulas y accionamiento del cribado	5 min.	X			Operador
	5	Respiraderos	Eliminar sólidos y polvo	Manualmente o aire comprimido	Trapos, compresor de aire y soplete	5 min.		X		Operador
	6	Tableros de control y conexiones electricas externas	Eliminar polvo, humedad y aislantes	Manualmente y mezcla de limpia contactos con aire comprimido	Brochas, trapos, compresor y pistola de mezcla (aire-liquido)	30 min.			X	Operador
	7	Fajas de transmision de potencia	Eliminar material triturado, humedad	Manualmente y aire comprimido	Trapos o compresor de aire	5 min.		X		Operador
	8	Exterior de chumaceras	Eliminar residuos de grasa	Manualmente	Trapos	3 min.	X			Operador

Continuación de la tabla XIII.

Procedimientos de trabajo			Mantenimiento autónomo estándar (limpieza, lubricación e inspección)		Efectivo hasta:					
Nombre		Depto. Trituración		Equipo No. 1		Período:				
No.	Punto de Lubricación	Criterio	Método/Tipo de Lubricante	Herramientas	Tiempo	Intervalo			Responsable	
						Día	S	M		
LUBRICACIÓN	1	Sistema de lubricación del cono	Suministrar y mantener el nivel requerido	Aceite especificado según el fabricante	Recipientes lubricadores	3 min.			X	Operador
	2	Sistema Hidráulico del cono	Suministrar y mantener el nivel requerido	Aceite especificado según el fabricante	Recipientes lubricadores	3 min.			X	Operador
	3	Reductores de velocidad	Suministrar y mantener el nivel	Aceite especificado según el fabricante	Recipientes lubricadores	10 min.			X	Operador
	4	Chumaceras de transportadores	Suministrar cantidad necesaria	Grasa según fabricante	Engrasadoras y lubricadores	10 min.	X			Operador
	5	Cojinetes de Motores Eléctricos	Suministrar cantidad necesaria	Grasa según fabricante	Engrasadoras y lubricadores	10 min.			X	Operador
	6	Criba Horizontal	Suministrar e y mantener nivel	Aceite especificado según el fabricante	Recipientes lubricadores	5 min.	X			Operador

Continuación de la tabla XIII.

Procedimientos de trabajo				Mantenimiento autónomo estándar (limpieza, lubricación e inspección)		Efectivo hasta:					
Nombre	Depto. Trituración			Equipo No. 1		Período:					
INSPECCIÓN	No.	Localización	Criterio	Método	Acción	Tiempo	Intervalo			Responsable	
							D	S	M		
	1	Presión de aceite en el sistema de lubricación del cono	15 a 30 Psi.	Inspección visual	Verificar	0.5 min.	X				Operador
	2	Temperatura de aceite en el sistema de lubricación del cono	100 F a 120 F, relación admisión, evacuación +3F a 9F	Inspección visual	Verificar	0.5 min.	X				Operador
	3	Presión de aceite en el sistema hidráulico, mecanismo de liberación de la cavidad	1500 a 1700 psi	Inspección visual	Verificar	0.5 min.	X				Operador
	4	Presión de aceite en el sistema hidráulico, mecanismo de sujeción	2400 a 2800 psi	Inspección visual	Verificar	0.5 min.	X				Operador
	5	Vibración en las bases de la planta móvil, de transportadores, chifles de descarga, bases de motores eléctricos, bombas, zarandas	Desajustadas, mal apretadas, gastadas	Inspección visual	Nivelar, apretar tornillos de bases y tensores	3 min.		X			Operador
	6	Temperatura en rodamientos (chumaceras)	Dentro del rango establecido	Toma de temperatura	Comparar con estándar	1 min.		X			

Continuación de la tabla XIII.

	7	Nivelación, alineación y tracción en la estructura de transportadores	Dentro del rango establecido, posiciones, tensiones y uniones en bandas, rodos accionando en deslizamientos y tracción, sin daños severos	Inspección visual y contacto directo	Verificar y corregir	5 min.			X		Operador
--	---	---	---	--------------------------------------	----------------------	--------	--	--	---	--	----------

Realizado por: _____

Revisado por: _____

Ingeniero de mantenimiento

Fuente: elaboración propia, basado en la tesis de JUÁREZ PÉREZ, Julio César. *Diseño de una red de vapor para el curado del bloque de piedra pómez*. p.16.

5.4.6. Órdenes de trabajo

Es la parte final de las actividades de que el operador realiza al ser involucrado en la actividad de mantenimiento. Se utiliza para asignar un trabajo al departamento de mantenimiento, el cual fue determinado al realizar las listas de inspección por los operadores. Estos trabajos asignados a mantenimiento se evalúan y se determina a qué tipo de mantenimiento se asignará, el cual puede ser tomado para un mantenimiento preventivo o correctivo. Puede observarse en el anexo 8.

CONCLUSIONES

1. La selección adecuada de las bases de soporte de la planta de trituración permite un correcto montaje sobre su plataforma. Proporciona la estabilidad que disminuye los inconvenientes durante la operación, permitiendo que los trabajos de mantenimiento correctivo sean mínimos.
2. La selección adecuada de los aceites y la aplicación correcta de la frecuencia y métodos a utilizar en los compartimientos de la planta de trituración contribuye al control que permite disminuir los efectos de la fricción, manteniendo el equipo en condiciones óptimas de operación.
3. Los programas de mantenimiento preventivo por medio de la inspección y la medición periódica contribuyen a la disminución de fallas y los efectos que conllevan en otros componentes, mitigando de esta forma el efecto negativo para los fines de producción, medio ambiente y costos para las empresas.
4. La implementación de los programas de mantenimiento involucra a todo el personal que tiene relación alguna con el equipo, especialmente operadores, responsables de mantener las condiciones y servicios, reportando en las órdenes de trabajo los inconvenientes que ocurren en la operación, las cuales son evaluadas por el Departamento de Mantenimiento para aplicar las tareas correspondientes.

RECOMENDACIONES

1. Para el montaje de la planta de trituración se deben realizar correctamente las pruebas de laboratorio para verificar los niveles de compactación en la plataforma destinada al montaje, para evitar hundimientos y desbalances que se transmiten en todo sentido y generan una mala operación del equipo.
2. Verificar que la madera o bases de soporte tengan las medidas adecuadas, evitar al máximo las imperfecciones y realizar el curado necesario para evitar fracturas por las cargas a las que son sometidas, principalmente durante la operación.
3. Utilizar la guía de lubricación estipulada en el capítulo 5, y aplicar los métodos adecuados para realizar los servicios de mantenimiento preventivo de los compartimientos que lo requieran.
4. Capacitar a los supervisores de mantenimiento para realizar la inspección que se requiere con la implementación de los formatos de inspección, diaria, semanal mensual y anual, según sea el caso, evitando en mínima parte aplicar el mantenimiento correctivo.
5. Utilizar en el departamento de mantenimiento una base de datos, la cual deberá incluir: los historiales del equipo, programas de mantenimiento preventivo, programas de mantenimiento correctivo, órdenes de trabajo y reportes, aspectos que sirven para mantener la información actualizada y de fácil acceso para el personal encargado del mantenimiento.

6. Analizar la viabilidad del área en la que se realizará la plataforma de montaje de la planta de trituración, incluyendo todos los factores que puedan incidir en el aumento del costo de los productos que se obtienen en la trituración, para asegurar que la inversión realizada sea recuperada en el tiempo establecido.
7. Mantener limpia el área de trabajo, principalmente de finos que se desprenden de las bandas transportadoras y los alrededores de la planta, para transitar fácilmente y poder inspeccionar los componentes, o para actuar con libertad en caso de cualquier emergencia.
8. Realizar los chequeos de los acumuladores que conforman los cilindros de sujeción del tazón cada seis meses, para mantener la absorción de las cargas, y evitar la vibración que provoca fracturas en los componentes de ajuste.

BIBLIOGRAFÍA

1. ESCALANTE PASTOR, Pedro Ignacio. *Diseño e implementación del programa de mantenimiento preventivo de tractores agrícolas de ingenio Guadalupe, S. A., La Gomera Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999. 121 p.
2. GARCÍA ANLEU, Edwin Oswaldo. *Mantenimiento de equipos que componen la zona I críticas en la fábrica del ingenio Trinidad, Masagua Escuintla*. Guatemala. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1998. 145 p.
3. JUAREZ PÉREZ, Julio Cesar. *Diseño de una red de vapor para el curado del bloque de piedra pómez*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999. 147 p.
4. NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada*. Milwaukee, 1998. 696 p.
5. RECINOS MARTÍNEZ, Jorge Alfredo. *Montaje y mantenimiento del virador móvil del ingenio Santa Ana S. A., ubicado en finca cerritos Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 2002. 96 p.

6. SALGUERO Castillo, Edwin Danilo. *Diseño e implementación de un programa de lubricación, parte de un programa de mantenimiento preventivo en un ingenio azucarero y su aplicación práctica en el ingenio Guadalupe*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1996. 117 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Control de cambios de aceite lubricante

CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO TRITURADORA NORDBERG HP

Aceites: Reductor de velocidad = SAE 50
 Cono = EP 150
 Criba = EP 220
 Horómetro Sservicio = HS
 Horómetro próximo servicio = HPS
Nota: se toma el horómetro del generador de energía eléctrica

FECHA	TRITURADORA CÓNICA		CRIBA		REDUCTORES DE VELOCIDAD		CHUMACERAS		COJINETES	
	HS	HPS	HS	HP S	HS	HPS	HS	HPS	HS	HPS

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Tarjeta de control de equipo**

TARJETA DE CONTROL DE EQUIPO

Código del equipo:		
Nombre del equipo:		
Marca:	Modelo:	Núm. de serie:
Clasificación	Potencia	Fecha de fabricación:
Fecha de Adquisición:	Costo:	Capacidad de Producción:
Características eléctricas del tablero de mando:		
Voltaje:	Fases:	
Amperaje:	Consumo máximo KVA	

Observaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Tarjeta de control de componentes equipo**

TARJETA DE CONTROL DE COMPONENTES DEL EQUIPO

Código de equipo:		
Nombre del componente:		
Modelo:	Serie:	
Potencia de motor eléctrico:	Capacidad:	
Voltaje:	Fases:	Frecuencia:
Consumo max KVA:		

Obaervaciones: _____

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Fabricantes de aceites que se utilizan en trituradoras Nordberg HP

Fabricantes de Aceites que se utilizan en Trituradoras Nordberg HP				
Lubricante AGMA	Marca Comercial	Fabricante	Antigua Designación	Nueva Designación ISO
No. 2 EP	Permagear	Amoco	50	68
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-50	HD-68
	Mobilgear	Mobil Oil	626	68
	Gear Pro 2/EP	Non Fluid	EP2	68
	Omala	Shell Oil	Grade 33	68
	Sunep	Sun Oil	1050	68
	Meropa	Texaco	-	68
	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	EP2	68
No.3 EP	Permagear	Amoco	60	100
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-60	HD-100
	Mobilgear	Mobil Oil	627	100
	Gear Pro 3/EP	Non Fluid	EP3	100
	Omala	Shell Oil	Grade 41	Grade 100
No. 4 EP	Permagear	Amoco	70	150
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-70	HD-150
	Mobilgear	Mobil Oil	629	150
	Gear Pro 4/EP	Non Fluid	4EP	150
	Omala	Shell Oil	Grade 69	Grade 150
	Sunep	Texaco	1060	150
	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	4EP	150
No. 5 EP	Permagear	Amoco	90	220
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-100	HD-220
	Mobilgear	Mobil Oil	630	220
	Gear Pro 5/EP	Non Fluid	5EP	220
	Omala	Shell Oil	Grade 71	Grade 220
	Sunep	Sun Oil	1070	220
	Meropa	Texaco	220	220
	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	5EP	220
No. 6 EP	Permagear	Amoco	110	320
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-120	HD-320
	Mobilgear	Mobil Oil	632	320
	Gear Pro 6/EP	Non Fluid	6EP	320
	Omala	Shell Oil	Grade 75	Grade 320
	Sunep	Sun Oil	1090	320
	Meropa	Texaco	320	320

Continuación del anexo 1.

	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	6EP	320
No. 7 EP	Permagear	Amoco	140	460
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-150	HD-460
	Mobilgear	Mobil Oil	634	460
	Gear Pro 7/EP	Non Fluid	7EP	460
	Omala	Shell Oil	Grade 77	Grade 460
	Sunep	Sun Oil	1110/1120	460
	Meropa	Texaco	460	460
	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	7EP	460
No. 8 EP	Permagear	Amoco	160	680
	Gulf EP Lubricant	Gulf Oil	S-180	HD-680
	Mobilgear	Mobil Oil	636	680
	Omala	Shell Oil	Grade 81	680
	Sunep	Sun Oil	1150	680
	Meropa	Texaco	680	680
	Union Extra Duty Gear Lube	Union Oil	8EP	680

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección de lubricación. p. 9.*

Anexo 2. **Selección de aceites utilizados en trituradoras Nordberg HP**

Selección de aceites que se utilizan en trituradoras Nordberg HP				
Cojinetes	Rango de velocidad de operación	Temperatura ambiente (F)	Temperatura máxima del aceite	Número de grado AGMA
65	1500 a 3000	-30 a 10	100	DN600 o SHC624
		10 a 20	150	EP-2
		20 a 40	165	EP-3
		40 a 60	185	EP-4
		60 a 80	200	EP-5
		80 a 90	215	EP-6
		90 a 100	225	EP-7
40 a 60	1150 a 1350	-30 a 10	100	DN600 o SHC624
		10 a 30	165	EP-3
		30 a 50	185	EP-4
		50 a 70	200	EP-5
		70 a 90	215	EP-6
		90 a 100	225	EP-7
		100 a 110	240	EP-8
65 a 95	800 a 1150	-30 a 10	100	DN600 o SHC624
		10 a 30	165	EP-3
		30 a 50	185	EP-4
		50 a 70	200	EP-5
		70 a 90	215	EP-6
		90 a 100	225	EP-7
		100 a 110	240	EP-8
110 a 120	650 a 1050	-30 a 10	115	DN600 o SHC624
		10 a 30	165	EP-3
		30 a 50	185	EP-4
		50 a 70	200	EP-5
		70 a 90	215	EP-6
		90 a 100	225	EP-7
		100 a 110	240	EP-8
140	750 a 900	-30 a 10	125	DN600 o SHC624
		10 a 30	165	EP-3
		30 a 50	185	EP-4
		50 a 70	200	EP-5
		70 a 90	215	EP-6
		90 a 100	225	EP-7
		100 a 115	240	EP-8
160 a 200	650 a 810	-30 a 10	135	DN600 o SHC624
		10 a 30	185	EP-4
		30 a 60	200	EP-5
		60 a 80	215	EP-6
		80 a 100	225	EP-7
		100 a 115	240	EP-8

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección de lubricación. p. 4.*

Anexo 3. Selección de aceite en grados ISO

Tabla selección de aceite en grados ISO

Temperatura ambiente de 15 a 60 grados fahrenheit														
RPM	Tamaño de Reductor de Velocidad/ Aceite recomendado para condiciones normales de operación.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
301 a 400	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
201 a 300	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
151 a 200	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
126 a 150	220	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
101 a 125	220	220	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
81 a 100	220	220	220	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150
41 a 80	220	220	220	220	220	150	150	150	150	150	150	150	150	150
11 a 40	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	150	150	150	150
1 a 10	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220

Temperatura ambiente de 50 a 125 grados Fahrenheit														
RPM	Tamaño de Reductor de Velocidad/ Aceite recomendado para condiciones normales de operación.													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15
301 a 400	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
201 a 300	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
151 a 200	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
126 a 150	320	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
101 a 125	320	320	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
81 a 100	320	320	320	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220
41 a 80	320	320	320	320	320	220	220	220	220	220	220	220	220	220
11 a 40	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	220	220	220	220
1 a 10	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	320	220

Abajo de -23 grados Fahrenheit llamar a servicio de ingeniería
 20 grados a -22 grados Fahrenheit Use mobil SHC-627
 20 grados a -22 grados Fahrenheit Use mobil SHC-627

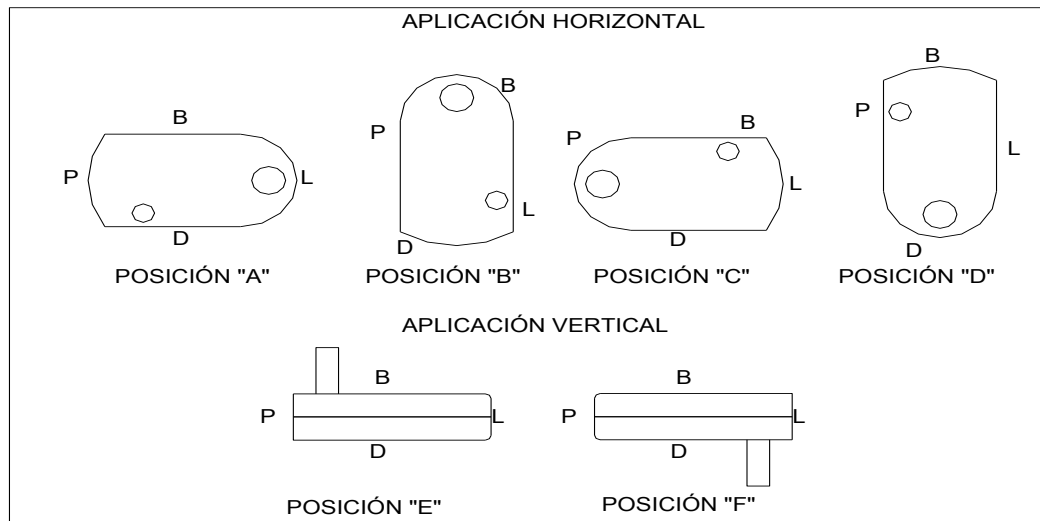
Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada.* p. 3.

Anexo 4. Capacidad de aceite recomendado para reductores de velocidad marca Dodge

Cantidades aproximadas de aceite para reductores de velocidad Dodge									
Tamaño del reductor	Posicion A			Posicion B			Posicion C		
	Onzas	Cuartos/g l.	litros	Onzas	Cuartos/g l.	litros	Onzas	Cuartos/g l.	litros
TXT309A	48	1.5	1.42	48	1.5	1.42	24	0.75	0.71
TXT315A									
TXT325A									
TXT409A	60	1.88	1.77	72	2.25	2.13	40	1.25	1.18
TXT415A									
TXT425A									
TXT509B	104	325	308	128	4	3.79	104	3.25	3.08
TXT515B									
TXT525B									
Cantidades aproximadas de aceite para reductores de velocidad Dodge									
Tamaño del reductor	Posicion D			Posicion E			Posicion F		
	Onzas	Cuartos/g l.	litros	Onzas	Cuartos/g l.	litros	Onzas	Cuartos/g l.	litros
TXT309A	72	2.25	2.13	84	2.63	2.48	96	2.63	2.48
TXT315A									
TXT325A									
TXT409A	56	1.75	1.66	108	3.38	3.19	135	4.25	4.02
TXT415A									
TXT425A									
TXT509B	128	4	3.79	224	7	6.62	272	8.5	8.03
TXT515B									
TXT525B									

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección de lubricación. p. 3.*

Anexo 5. Posiciones de los reductores de velocidad marca Dodge



B: respiradero; D: drenaje; L: tapón de nivel de aceite; P: tapón

Fuente: NORDBERG. *Manual de instrucciones y partes de plantas de trituración con criba incorporada. Sección de lubricación. p. 2.*

Anexo 6. Formato 5: Historial del equipo

Código:								
Núm. de equipo:		Descripción:				Clasificación: _____		
Fecha de adquisición:		Costo:		Costo de Reemplazo:				
Fecha	Núm. orden trabajo	Descripción de la acción	Mano de obra		Costo	Costo	Costo	% del costo activo fijo
			Horas	Costo	Repuestos	Total	Acumulado	

Fuente: JUÁREZ PÉREZ, Julio César. Diseño de una red de vapor para el curado del bloque de piedra pómez. p. 130.

Anexo 7. Formato 6: Ficha de análisis de condición de equipo

Núm. equipo: _____		Descripción de equipo: _____				
Fecha: _____		Evaluado por: _____				
1. Mala calidad	2. Justo	3. Promedio	4. Bueno	5. Excelente	Calificación Completa	
1_____	2_____	3_____	4_____	5_____		
1. Confiabilidad						
Comentarios:						
2. Capacidad:						
Comentarios:						
3. Condición General						
Apariencia/limpieza						
Facilidad de Operación						
Seguridad/medio ambiente						
Comentarios:						

Fuente: JUÁREZ PÉREZ, Julio César. Diseño de una red de vapor para el curado del bloque de piedra pómez. p. 133.

Anexo 8. **Formato 7: Orden de trabajo o requisición de servicios**

Descripción del equipo: _____ Código No. _____
Fecha _____ Tiempo _____ Operador _____
1. Describir la falla:
2. Qué piensa el operador que causó la falla:
3. ¿Qué se debe hacer para eliminar la falla? Para prevenir paradas imprevistas del mismo tipo:

Fuente: JUÁREZ PÉREZ, Julio César. Diseño de una red de vapor para el curado del bloque de piedra pómez. p. 137.