



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

**PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE  
ALUMINIO PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

**Abner Obed Yucuté Noj**

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, marzo de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ABNER OBED YUCUTÉ NOJ**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Herbert Samuel Figueroa Avendaño
EXAMINADOR	Ing. Jorge Iván Cifuentes Castillo
EXAMINADOR	ing. Carlos Snell Chicol Morales
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 4 de noviembre de 2019.

**Abner Obed Yucuté Noj**

Guatemala, 12 de febrero de 2020

Ingeniero

Gilberto Enrique Morales Baiza

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica

Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Morales

Por este medio comunico que he revisado, a completa satisfacción, el trabajo de graduación del estudiante Abner Obed Yucuté Noj, quien se identifica con registro académico 201504056 y CUI 2587893010101, perteneciente a la carrera de ingeniería mecánica, el cual lleva por título "**PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO PARA JUGOS DE 300 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**", asesorado por el suscrito.

El trabajo se desarrolló bajo mi supervisión y cuenta con mi total aprobación por cumplir con los objetivos que se planteó y aportar resultado de suma utilidad en beneficio de la industria alimenticia. Por tal motivo, solicito darle el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me suscribo atentamente,



Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL  
Colegiado 3071

Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Ingeniero Mecánico Industrial

Colegiado No. 3071

ASESOR



**USAC**

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.045.2020

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: **PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO, PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA** presentado por el estudiante **Abner Obed Yucuté Noj**, CUI **2587893010101** y Reg. Académico No. **201504056** recomienda su aprobación.

*"Id y Enseñad a Todos"*

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



Guatemala, febrero 2020



# USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.046.2021

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: **PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO, PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA** del estudiante **Abner Obed Yucuté Noj**, CUI **2587893010101**, Reg. Académico **201504056** y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**



Ing. Gilberto Enrique Morales Baiza  
Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, marzo de 2021

/aej

DTG. 108.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE GESTIÓN TRIBOLÓGICA PARA UNA LÍNEA DE LLENADO DE LATAS DE ALUMINIO PARA JUGOS DE 330 MILILITROS EN UNA INDUSTRIA ALIMENTICIA**, presentado por el estudiante universitario: **Abner Obed Yucuté Noj**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
DECANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
★

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, marzo de 2021.

AACE/asga

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme la vida, sabiduría y fuerza de poder llegar hasta este día.
<b>Mis padres</b>	Oscar Yucuté y Clara Noj de Yucuté. Por su amor incondicional, que es un regalo que llevaré para toda mi vida.
<b>Mi hermana</b>	Por ser un apoyo en mi carrera y brindarme ayuda en los momentos que más la necesité.
<b>Mi familia</b>	Por brindarme su amistad y apoyo en los buenos momentos.
<b>Kern's</b>	Por ser la primera escuela en mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser parte de una familia de profesionales para mi país.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por brindarme los conocimiento adquiridos en mi carrera.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por brindarme su amistad y apoyo en todas las etapas de este trabajo.
<b>Ing. Carlos Pérez</b>	Por ser una persona que me acompañado en el proceso de este trabajo de graduación.
<b>Inga. Vera Marroquín</b>	Por ser una persona que me motivo e inspiro a seguir en la carrera.
<b>Señor Abel Yax</b>	Por ser una importante persona de influencia espiritual.
<b>Mis amigos</b>	Por estar siempre motivándome a terminar mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. MARCO TEÓRICO REFERENTE A LOS LUBRICANTES Y LUBRICACIÓN INDUSTRIAL.....	1
1.1. Fricción.....	1
1.1.1. Factores que condicionan la fricción.....	2
1.1.2. Estados de fricción .....	3
1.1.3. Desgaste de elementos .....	5
1.1.4. Tipos de desgaste .....	6
1.1.5. Problemas ocasionados por el desgaste .....	9
1.2. Lubricación .....	10
1.2.1. Regímenes de lubricación .....	10
1.2.2. Factores que influyen en la lubricación.....	12
1.3. Lubricantes y su clasificación .....	13
1.4. Lubricantes líquidos.....	16
1.4.1. Especificaciones técnicas de los aceites lubricantes .....	18
1.4.2. Viscosidad .....	18
1.4.3. Índice de viscosidad .....	20
1.4.4. Densidad .....	21

1.4.5.	Número de neutralización.....	22
2.	GESTIÓN EN EL PROCESO DE LUBRICACIÓN .....	25
2.1.	Factores que influyen en la elección de un lubricante.....	25
2.1.1.	Condiciones de operación .....	26
2.1.2.	Requerimientos del equipo.....	30
2.2.	Método de selección de lubricante para elementos de la línea .....	32
2.2.1.	Método de lubricantes para cadenas .....	33
2.2.2.	Método de lubricante para cojinetes.....	35
2.2.3.	Método de lubricante para engranaje.....	39
2.3.	Método de aplicación de un lubricante determinado .....	41
2.4.	Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante .....	42
3.	PROGRAMA DE LUBRICACIÓN.....	45
3.1.	Chequeos de las rutinas de lubricación existente .....	45
3.2.	Identificación de los lubricantes en la planta .....	48
3.3.	Elaboración del formato para el programa de lubricación .....	49
3.5.	Almacenaje y manipulación del lubricante .....	57
3.5.1.	Manipulación de los lubricantes .....	59
3.5.2.	Almacenamiento de los lubricantes.....	60
4.	PROPUESTA DE MEJORA .....	63
4.1.	Procedimiento general de lubricación .....	63
4.2.	Reingeniería en rutinas de lubricación .....	66
4.3.	Codificación por colores (gestión visual) .....	70
4.4.	Análisis de la carga de trabajo de la rutina de lubricación.....	72
4.5.	Análisis económico de la implementación de la rutina .....	74
4.6.	Indicadores para medir la gestión de lubricación .....	81

CONCLUSIONES .....	85
RECOMENDACIONES.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89
APÉNDICE.....	91



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Desgaste adhesivo.....	6
2.	Desgaste abrasivo.....	7
3.	Desgaste corrosivo.....	8
4.	Erosivo .....	8
5.	Desgaste por fatiga superficial .....	9
6.	Deducción de la fórmula para lubricación de cojinetes .....	31
7.	Gráfico T vs. dn.....	36
8.	Gráfica de equivalencias aproximadas de los distintos sistemas de grados de viscosidad.....	38
9.	Plan de lubricación.....	66
10.	Tapones para grasera .....	70
11.	Puntos de engrase identificados con tapones de colores .....	71
12.	Etiquetas autoadhesivas para identificación de depósitos de aceite y grasa .....	72
13.	KPI de gestión de trabajo .....	82
14.	KPI de tareas vencidas .....	83

### TABLAS

I.	Selección de aceites para cadenas.....	34
II.	Aditivos necesarios para los lubricantes de engranajes.....	40
III.	Clasificación de viscosidades para lubricantes de engranajes.....	40
IV.	Lubricantes por utilizar en distintas condiciones .....	42

V.	Registro de lubricantes, descripción comercial .....	48
VI.	Lubricantes de grado alimenticio .....	49
VII.	Propuesta del programa de lubricación .....	50
VIII.	Despaletizadora .....	53
IX.	Banda entrada llenadora y cerradora.....	53
X.	Llenadora y cerradora .....	54
XI.	Banda entrada pasteurizadora.....	54
XII.	Pasteurizadora.....	54
XIII.	Banda salida pasturizadora .....	55
XIV.	Trasportador triple a ordenador .....	55
XV.	Embandejadora.....	56
XVI.	Banda trasportadora a emplastadora .....	56
XVII.	Emplastadora .....	56
XVIII.	Banda entrada al horno .....	57
XIX.	Horno .....	57
XX.	Trasportador a entarimado .....	57
XXI.	Código de colores .....	71
XXII.	Comparación de precios .....	75
XXIII.	Lubricante Molub Alloy 860/220-2.....	76
XXIV.	Lubricante Molub Alloy CH 22 .....	77
XXV.	Lubricante SAE 80 W 90.....	78
XXVI.	Lubricante Bel-Ray .....	78
XXVII.	Lubricante Optigear 1100/220 .....	78
XXVIII.	Lubricante Optileb GR grado alimenticio .....	79
XXIX.	Lubricante Optileb HY 150.....	79
XXX.	Ondina 68 .....	80
XXXI.	Lubricante Go 90/140 .....	80
XXXII.	Lubricante Gear 80 W 140.....	80
XXXIII.	Costo de la rutina de lubricación.....	81

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>PTFE</b>	Descripción de politetrafluoretileno
<b>sCt</b>	Equivale a la centésima parte de un <i>stokes</i> y se emplea mucho en el caso de aceite lubricantes
<b>g</b>	Gramos
<b>HH</b>	Horas hombre
<b>KPI</b>	Indicador clave de desempeño
<b>°E</b>	Instrumento empleado para la medida de la viscosidad de los lubricantes
<b>Lb</b>	Libras
<b>L</b>	Litros
<b>ml</b>	Mililitros
<b>oz</b>	Onzas
<b>RPM</b>	Revoluciones por minuto
<b>TLP</b>	Tareas de lubricación programadas
<b>TLC</b>	Tareas de lubricación terminas
<b>L Tvenc</b>	Tareas de lubricación vencida



## GLOSARIO

<b>Agma</b>	Grupo comercial de las empresas de fabricación de engranajes.
<b>API</b>	Son las siglas en inglés del Instituto Americano del Petróleo.
<b>ASTM</b>	Siglas de la <i>American Society for Testing and Materials</i> .
<b>BACKLOG</b>	Acumulación de las órdenes de trabajo no realizadas.
<b>EP</b>	Aditivos especiales para aceites y grasas que se usan para la lubricación de engranajes muy cargados a presiones elevadas.
<b>ISO</b>	Establece una temperatura y viscosidad estándar de confiabilidad de trabajo.
<b>NGLI</b>	Instituto nacional de grasa de lubricación.
<b>SAE</b>	Es el índice de clasificación de la viscosidad de la <i>Society of Automotive Engineers</i> .

<b>SAP</b>	Sistema de administración de productos y procesos utilizados por Kern's S.A para la administración de materiales y otros.
<b>Sprocket</b>	En mecánica, se denomina piñón a la rueda de un meca mecanismo de cremallera o a la rueda de un par de ruedas dentadas.
<b>Stock</b>	Conjunto de producto de lubricante almacenado en espera.
<b>Stribeck</b>	Es utilizada en tribología para explicar ciertos fenómenos de lubricación.
<b>VOSO</b>	Chequeos de inspección en donde se visualiza, oye, siente y olfatea.

## **RESUMEN**

En este trabajo de graduación se da a conocer el análisis del costo de la implementación y reingeniería del programa de lubricación en la planta Kern´s y Cía, SCA. Este rediseño contiene toda la información necesaria para la correcta lubricación de los diferentes equipos que conforman las áreas de llenado de latas de aluminio para jugos de 330 mililitros.

Se da a conocer cómo se elaboró el diseño del formato para el programa de lubricación y cómo se establecen cada uno de los parámetros que forman parte del mismo.

Para que el programa sea lo más claro y preciso, se menciona cada uno de los puntos por lubricar, lo que ayudará a identificar cada elemento de máquina. De esta manera, se evitará confusiones que impliquen mezclas de lubricantes o la aplicación de lubricantes inadecuados a los componentes.

Se da a conocer cómo se realizó la selección de lubricante en cada equipo almacenaje y manipulación del lubricante.

Se describe también los indicadores para medir la gestión de lubricación, la cual medirá el desempeño que nos indicará qué tan cerca estamos del objetivo de cumplimiento en las órdenes de trabajo para mejorar.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Desarrollar una propuesta para un sistema de gestión tribológica para una línea de llenado de latas de aluminio para jugos de 330 mililitros en una industria alimenticia.

### **Específicos**

1. Elaborar un procedimiento general de lubricación.
2. Realizar una reingeniería en las rutinas de lubricación.
3. Elaborar una propuesta para el almacenaje y manipulación de los lubricantes.
4. Realizar el análisis económico de la implementación de la rutina de lubricación.



## INTRODUCCIÓN

Industrias alimenticias Kern's y Cia, SCA, tiene una gran cantidad de elementos de máquinas. La línea de llenado de jugos no es la excepción. Para mantener estos equipos operando en condiciones aceptables y bajo los requerimientos productivos de la planta, es necesario realizar rutinas de mantenimiento preventivo, dentro de la cual se encuentra lubricar cada uno de sus componentes mecánicos.

Para realizar sin ningún problema esta tarea, es necesario conocer los requerimientos técnicos de cada componente, en cuanto a lubricación se refiere. En las rutinas de lubricación existen muchos elementos de máquina similares, por lo que deben cumplir a cabalidad para que la maquinaria no falle. Por eso es necesario contar con un programa de lubricación que incluya una lista de los equipos y elementos mecánicos bien detallada, así como el lubricante necesario, cantidad del mismo y la frecuencia de relubricación. Este programa debe ser lo más claro y preciso para evitar confusiones que impliquen mezclas de lubricantes, ya que se necesita que el producto sea inocuo.

En este trabajo de investigación se incluye una propuesta que ayudará a que el programa de lubricación sea un poco más práctico. Esto se logró por medio de una gestión visual de puntos a lubricar.

Además, se define cómo se deben almacenar y manipular los lubricantes dentro de la empresa, atendiendo las recomendaciones de los fabricantes de

los lubricantes, para que, cuando se haga uso del lubricante, este tenga la calidad necesaria para lubricar los equipos.

# 1. MARCO TEÓRICO REFERENTE A LOS LUBRICANTES Y LUBRICACIÓN INDUSTRIAL

## 1.1. Fricción

Fricción es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos cuerpos, específicamente de sus zonas materiales en contacto. Estas zonas materiales pueden ser partículas de un mismo cuerpo, caso en el que hablaría de fricción interna o pueden ser cuerpos diferentes donde se habla de fricción externa.

En términos generales, la fricción es un acontecimiento no deseado, pues representa una pérdida de energía, no obstante, existen casos específicos en que su existencia se toma imprescindible.

Algunas formas de reducir la fricción de los elementos pueden ser puliendo las superficies, cambiando el deslizamiento lineal por rodamiento o interponiendo un lubricante entre ambas superficies. En la práctica, la fricción externa que puede ser estática, móvil o de choque se clasifica en los siguientes tres grupos.

- Fricción de deslizamiento: se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico, que se conoce como un sistema natural o artificial de elementos materiales, por lo menos de dos, donde se presenta fricción y en casos extremos desgaste.

- Fricción de rodamiento: se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos en un sistema tribológico. Por ejemplo, un tren sobre rieles.
- Fricción de rotación: se presenta durante el movimiento relativo entre los elementos sólidos de un sistema tribológico, como la rotación de un eje sobre sus descansos.

El tipo de fricción más conocido en los sistemas tribotécnicos (sistema particular o grupo funcional, donde existen varios puntos de fricción, los cuales tienen la función de transmitir energía o movimiento) es el de fricción por deslizamiento. Sin embargo, en la práctica se puede presentar dos movimientos relativos, que actúan al mismo tiempo, lo que origina dos formas mixtas de los tipos de fricción.

### **1.1.1. Factores que condicionan la fricción**

Algunos de los parámetros que influyen en la fricción de elementos de máquina son:

- Carga: es un factor que no se puede controlar porque es parte de todo el mecanismo. Está constituida por su propio peso y por la fuerza que este transmite. Espaciar en toda la tesis.
- Naturaleza de los materiales: dependiendo de los materiales y de la estructura molecular, dos cuerpos presentan mayor o menor fricción.

- Acabado superficial: entre más rugosas sean las superficies, mayor es la fricción. Esto disminuye si las superficies están más pulidas. Esencialmente, existen dos tipos de rugosidades:

### **1.1.2. Estados de fricción**

Existen diferentes formas de fricción dependiendo del estado físico del sistema o condiciones en que se presenta el movimiento relativo entre las partes en contacto. Son las siguientes.

- Fricción metal-metal: esta forma de fricción se produce cuando en un elemento lubricado, como consecuencia del rompimiento de la película límite o por agotamiento de los aditivos antidesgaste del lubricante, las superficies metálicas constitutivas del elemento entran en contacto directo. La fricción metal-metal por deslizamiento presenta las siguientes características:
  - Es directamente proporcional al peso o la carga del elemento que desliza.
  - Es indispensable del área aparente de la superficie en contacto.
  - Depende de la velocidad de deslizamiento.
  - Varía según la naturaleza de los materiales y del acabado superficial.
- Fricción pura: se presenta cuando las rugosidades de dos superficies metálicas interactúan sin la presencia absoluta de un tercer elemento. En

la práctica industrial raras veces se encuentra este estado de fricción, ya que solo se puede obtener en el laboratorio donde es factible garantizar que las superficies metálicas están libres de cualquier tipo de película contaminante. Los coeficientes de fricción en este caso se encuentran entre 0,8 a 1,0 y más. Se entiende por coeficiente de fricción el parámetro que depende de muchos factores, entre otros, el material del que están compuestos los elementos, la humedad, la velocidad etc. El valor de este coeficiente se desprende de la relación entre la fuerza necesaria para sacar al cuerpo del reposo y su peso, pero cuando se trata de roce cinético será la fuerza necesaria para mantener el cuerpo en movimiento la que se dividirá por el peso del cuerpo.

- Fricción sólida: constituida por tres elementos que presentan características de cuerpos sólidos. El tercer elemento en forma de capas se encuentra adherido al metal base; sus coeficientes de roce varían entre 0,2 y 0,8.
- Fricción fluida: es un estado de fricción constituido por lo menos por tres elementos, los cuales presentan propiedades líquidas. La obtención de la fricción fluida está condicionada a la existencia de un lubricante líquido que separa las superficies de los elementos sólidos.
- Fricción hidrodinámica: estado de fricción en el cual las condiciones hidrodinámicas se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, cuando se encuentra sometido a determinadas condiciones de velocidad y de carga. En este caso es muy importante la viscosidad del lubricante empleado.

- Fricción hidrostática: es un estado de fricción que se presenta en aquellos mecanismos que giran a bajas velocidades y que soportan altas cargas y donde para formar la película hidrodinámica es necesario inyectar aceite a presión, antes y durante el movimiento del mecanismo.
- Fricción gaseosa: sistema constituido por no menos de tres elementos donde uno de ellos presenta propiedades gaseosas. Una de las formas más difundidas es la que utiliza aire como elemento gaseoso para separar las superficies de los elementos sólidos.
- Fricción mixta: estado de fricción en el cual se presentan simultáneamente por los menos dos estados de fricción. Los estados de fricción sólida y fluida son comunes en la industria sobre en sistemas de bajas velocidades y grandes cargas. Durante la fricción mixta las propiedades de los materiales (elasticidad entre otras) que constituyen la unión juegan un papel muy importante.

### **1.1.3. Desgaste de elementos**

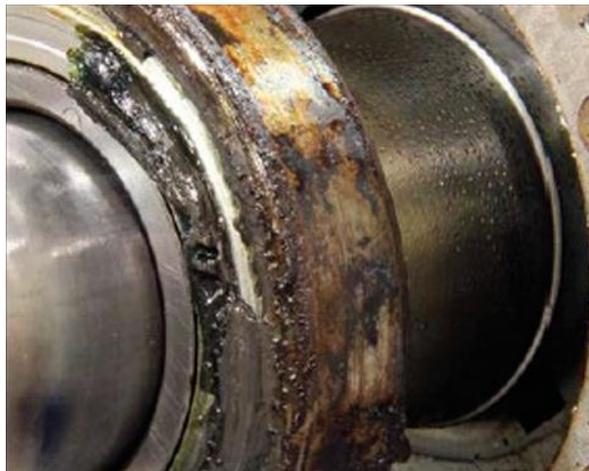
El desgaste es consecuencia directa de la fricción especialmente de la del tipo metal-metal y se define como el deterioro sufrido por ellas a causa de la intensidad de la interacción de las rugosidades superficiales. El desgaste puede llegar a ser crítico y ocasionar que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y queden inservibles, causando costosos daños y elevadas pérdidas de producción. Una de las funciones básicas que debe tener toda sustancia que se emplee como lubricante es la de reducir la fricción sólida y, por lo tanto, el desgaste a los valores más bajos posibles.

#### 1.1.4. Tipos de desgaste

En este trabajo, los tipos de desgaste se han agrupado en cinco formas: adhesivo, adhesivo, abrasivo, corrosivo, erosivo y por tensión superficial. Las características principales de cada uno, son:

- Desgaste adhesivo o por contacto metal-metal: se presentan en todos los mecanismos lubricados o no, cuando las superficies no están separadas completamente por una película de aceite.

Figura 1. **Desgaste adhesivo**

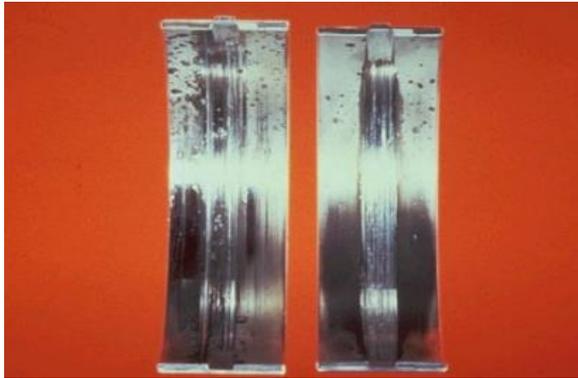


Fuente: elaboración propia.

- Desgaste abrasivo: ocasiona el desgaste mecánico como resultado de la presencia de partículas extrañas entre las superficies en movimiento relativo de igual o mayor dureza que estas últimas. Es de mucha importancia filtrar las partículas, ya que de no ser así, el número de estas aumenta rápidamente por causa del mismo desgaste generado. Esto se

conoce como acción en cadena y la única forma de cortar esta reacción es la filtración del fluido lubricante.

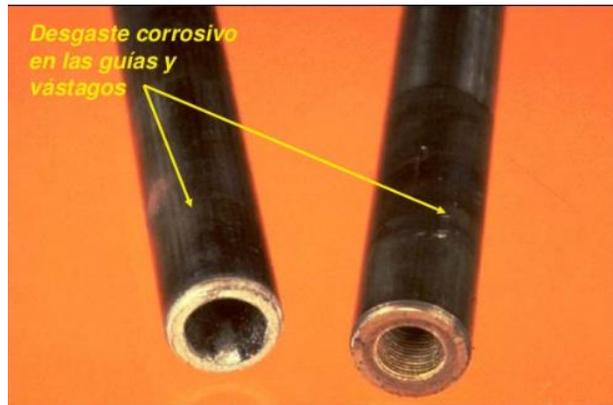
Figura 2. **Desgaste abrasivo**



Fuente: elaboración propia.

- **Desgaste corrosivo:** es la remoción progresiva del material de una superficie en frotación. Es producida por la combinación de un ataque químico y una acción mecánica y causada por una reacción química que mueve material de la superficie de un componente. Generalmente, es un resultado directo de la oxidación, corrientes eléctricas aleatorias que producen corrosión o picaduras en la superficie. También la presencia de agua o de productos de la combustión fomenta este tipo de desgaste.

Figura 3. **Desgaste corrosivo**



Fuente: elaboración propia.

- Desgaste erosivo: es cuando por un fluido a alta presión y con partículas sólidas en suspensión, al impactar sobre las superficies arrancan material de ellas, debido a los efectos de choque de las partículas con el elemento lubricado. La pérdida de material puede ser significativa y provocar roturas por fatiga.

Figura 4. **Erosivo**



Fuente: elaboración propia.

- **Desgaste por fatiga superficial:** se presenta como consecuencia de los esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzo cortante sobre una superficie, los cuales dan resultado grietas profundas de fatiga que causan finalmente la aparición de picaduras y de escamas. El desgaste por el mecanismo de fatiga es el resultado de esfuerzos cíclicos entre las asperezas de dos superficies en contacto.

Figura 5. **Desgaste por fatiga superficial**



Fuente: elaboración propia.

### **1.1.5. Problemas ocasionados por el desgaste**

El desgaste en los elementos de máquina produce una serie de problemas, como un mayor consumo de repuestos por aumento en las reparaciones y en el mantenimiento, además de una disminución en la producción, ya que baja la eficiencia de la maquinaria. Reduce también la vida útil del equipo y es un factor de riesgo de accidentes, ya que existe un peligro de rotura de piezas al sobrepasar su límite de diseño.

Existen formas para reducir el desgaste en la maquinaria. Esto se puede lograr al utilizar los lubricantes más apropiados para las diferentes condiciones de operación y determinar los límites de frecuencia de lubricación adecuados para cada equipo en particular. También se puede disminuir el desgaste de los elementos con programas de mantenimiento de prevención que incluyen limpieza o cambio de filtros de aceite y no someter los equipos a condiciones diferentes a las de diseño.

## **1.2. Lubricación**

La lubricación es la reducción de fricción, roce o desgaste que se genera en las superficies de cuerpos en contacto, que pueden encontrarse en reposo o con movimiento relativo, por la aplicación de algún elemento que se denomina lubricante.

Cada vez que un cuerpo se mueve, inmediatamente se genera una fuerza contraria que se opone al desplazamiento; solo una vez que se haya vencido esta fuerza, el cuerpo se pondrá en movimiento. El roce es un tipo de fuerza que disipa y genera calor y gasto de energía e incrementa el desgaste, por lo tanto, hace los procesos más ineficientes y reduce la vida útil de los equipos.

### **1.2.1. Regímenes de lubricación**

Cuando un elemento empieza a moverse sobre otro, se puede presentar una de las dos situaciones siguientes:

- **Movimiento inicial:** es cuando el elemento móvil inicia su desplazamiento sobre otro y el lubricante interpuesto comienza a deformarse en pequeñas

láminas, las unas con las otras. Inicialmente estas son paralelas y no existe una completa separación, se presenta contacto metal-metal.

- Movimiento uniforme: a medida que el movimiento móvil alcanza su velocidad de funcionamiento, se incrementa la acción de bombeo hasta alcanzar el flujo apropiado de lubricante que permite la completa separación de las superficies. La película convergente formada se conoce como acción hidrodinámica o cuña hidráulica y es la base de la lubricación por película fluida. Existen varios tipos de regímenes de lubricación, los cuales pueden clasificarse como sigue:
  - Lubricación hidrodinámica: la condición en la cual la forma y el movimiento relativo de las superficies en desplazamiento causan la formación de una película fluida continua, bajo una presión suficiente como para prevenir cualquier contacto entre ambas superficies. Comúnmente se le llama lubricación por película fluida.
  - Lubricación límite: es la condición en la cual la película de lubricante se hace demasiado delgada para dar una separación completa por la interposición del fluido entre las dos superficies en rozamiento y, como resultado, las asperezas de dichas superficies entran en contacto. Por lo tanto, las cualidades de la protección contra la fricción y el desgaste están determinados más por la naturaleza química del lubricante que por sus propiedades físicas.
  - Lubricación mixta: este régimen se presenta en estado intermedio entre lubricación límite e hidrodinámica por el cual todo el mecanismo pasa antes de alcanzar esta última condición. Una selección incorrecta de aceite, al igual que una disminución de

viscosidad, puede dar lugar a que el mecanismo quede funcionando bajo estas condiciones. En este caso, el espesor de la película lubricante es igual a la rugosidad promedio de ambas superficies y no se alcanza obtener un flujo laminar.

- Lubricación elastohidrodinámica (EHL): es la condición en la cual las superficies de elementos de máquina fuertemente cargados están o completamente o parcialmente por una muy delgada película de lubricante. La deformación elástica de las superficies en contacto atrapa al lubricante, sometiéndolo a elevada presión, lo cual incrementa su viscosidad y su capacidad de transportar carga o soportar resistencia. Es muy importante que el personal de mantenimiento y lubricación de las máquinas rotativas tengan muy claro cuando la lubricación es fluida y EHL. Un aceite para condiciones de lubricación EHL.

### **1.2.2. Factores que influyen en la lubricación**

Existen varios factores que influyen en una buena lubricación de maquinaria, algunos de estos son los siguientes:

- Viscosidad del lubricante: es el factor más importante, ya que si es demasiado baja, significa que el lubricante es muy delgado y no será capaz de formar una cuña de aceite adecuada. Esto significa que será imposible generar suficiente presión para separar las superficies móviles. Si, por otro lado, la viscosidad es demasiado alta, el espesor de la película lubricante puede restringir el movimiento relativo entre las dos superficies.

- El diseño del elemento de máquina: las formas de las superficies lubricadas debe favorecer la formación de una cuña de aceite. Por lo tanto, debe haber un espacio adecuado entre las superficies móviles para la correcta lubricación de esta.
- Alimentación del lubricante: claramente, la lubricación hidrodinámica no se puede desarrollar si hay falta de lubricante. El método de alimentación, ya sea por algún otro sistema de lubricación (automático, centralizado, baño, niebla, por goteo, etc.), debe ser el adecuado.
- La carga de trabajo: a cualquier fuerza dada, un incremento de la carga tenderá a disminuir la película de aceite. Una carga excesiva tiende a incrementar la fricción y, por ende, el desgaste de los elementos constitutivos de los equipos.
- Condiciones del medio de trabajo: se le llama condiciones del medio de trabajo a las distintas amenazas en contra del lubricante producidas por el medio en que se encuentran, ya sea por el polvo del medio, el lavado por agua de los elementos de máquina, entre otros.

### **1.3. Lubricantes y su clasificación**

Lubricante corresponde a cualquier sustancia que se utilice para reducir el rozamiento entre dos superficies. Los lubricantes se clasifican, en general, como gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos.

El lubricante es un elemento vital para el funcionamiento de las máquinas y es el responsable de mantener con vida el proceso productivo de las empresas. Una mala elección del lubricante o la ausencia del mismo, puede

generar problemas graves que se manifiestan, entre otras, en costosas reparaciones, paradas improductivas, elevación en los costos de mano de obra, cambio de repuestos o necesidad de reposición de las máquinas y pérdida de calidad del producto. Es decir, pueden tornar los procesos productivos de una empresa en ineficaces e ineficientes.

Todo equipo industrial tiene una vida útil durante la cual la empresa obtiene una producción determinada. Un papel importante del lubricante es lograr que el equipo cumpla su vida útil o, en el mejor de los casos, la supere. Lamentablemente, en algunas industrias se presta poca atención a estos hechos y se mira el proceso de lubricación como la simple labor de poner aceite y grasa a las máquinas. Deja de lado todas aquellas consideraciones que pueden convertirlo en un factor importante para mejorar la productividad de la organización.

Para analizar estas consideraciones se puede decir que lubricar es encontrar la mejor manera de aplicar el lubricante apropiado, en el lugar requerido, en la cantidad correcta, en el momento preciso, al menor costo y con el mayor valor añadido posible.

Los lubricantes realizan diversas funciones, entre las cuales se pueden mencionar:

- Reducir la fricción y el desgaste de la maquinaria en movimiento.
- Proteger la superficie de metal contra la corrosión.
- Controlan la temperatura y actúan como agentes de transferencia de calor.

- Envolver y arrastrar los contaminantes.
- Absorber y amortiguar choques y vibraciones.
- Formar sellos.
- Informar a través de los análisis de aceite.

Como se señaló, los lubricantes se clasifican de acuerdo a su estado físico en gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos. Sus características básicas se indican a continuación.

Industrialmente, los lubricantes líquidos y semisólidos son los más utilizados y los restantes tienen una ocupación más específica en determinados procesos.

- Gaseosos: como su nombre lo indica, estos lubricantes se encuentran en su estado gaseoso. El más utilizado es el aire a presión y forma un colchón entre los elementos en movimiento, pero además se utiliza el helio y el neón.
- Líquidos: los más utilizados son los derivados del petróleo. Están constituidos por un aceite base al que le agregan aditivos, para lograr características específicas. Dentro de los lubricantes líquidos se encuentran cuatro grupos, de acuerdo al origen base del aceite base, que son los lubricantes minerales, grasos, compuestos y sintéticos.
- Semisólidos: normalmente poseen una viscosidad mayor que los lubricantes líquidos, se generan de un aceite base y se les incorpora

jabones espesantes que le dan una mayor consistencia, por lo que la película lubricante permanece por más tiempo sobre la superficie lubricada. Esta clase de lubricantes engloba principalmente a las grasas.

- Sólidos: generan películas lubricantes fuertemente unidas a las superficies metálicas, dando lugar a coeficientes de fricción muy bajos. Están constituidos por minerales, tales como grafito, desulfuro de molibdeno, la mica y el talco.

#### **1.4. Lubricantes líquidos**

Un lubricante líquido está compuesto por un aceite base, más un porcentaje de aditivo. En la práctica, la cantidad de aceite que posee el lubricante oscila entre los 80 % y 95 % mientras el aditivo es el complemento del cien por ciento, es decir varía del 5 % al 20 %.

Como se señaló, el aceite cumple con las propiedades básicas del lubricante, es decir, disminuir el rozamiento entre las superficies en contacto, mientras que los aditivos entregan propiedades adicionales al lubricante para mejorar sus propiedades.

Los lubricantes líquidos, como se señaló, pueden clasificarse a partir de las características u origen de aceite base. Es así como hay lubricantes comúnmente llamados aceites, minerales, grasos, compuestos y sintéticos.

- Aceites minerales: proceden del petróleo y son elaborados después de múltiples procesos en las plantas de producción o refinerías. A la fecha, este tipo de lubricante es el más utilizado industrialmente, no obstante el avance que han experimentado en su uso los aceites sintéticos. En la

práctica, la selección es en donde se deben conjugar dos factores: uno es el costo operacional y el otro, las propiedades y ventajas tecnológicas de los lubricantes.

- Aceites grasos: son aceites de origen vegetal y animal. Fueron los primeros lubricantes utilizados por el hombre y se sustituyeron por los aceites minerales como resultado del desarrollo científico tecnológico. Los aceites grasos presentan baja resistencia a la oxidación, esto es, se ponen rancios con facilidad, dando origen a la formación de residuos gomosos. Su calidad no siempre es uniforme. De acuerdo a su origen, los aceites grasos pueden clasificarse en aceites de origen vegetal y aceites de origen animal.
- Aceites compuestos: un aceite de petróleo al que se le han agregado otras sustancias químicas, especialmente aceites grasos. Como se mencionó, consisten en una mezcla de aceites grasos y minerales, sin embargo la adición de aceite graso normalmente no supera el 30%. Los aceites compuestos presentan buenas características para reducir la fricción. En otros casos se emplean para facilitar la formación de emulsiones en presencia de vapor de agua.
- Aceites sintéticos: los aceites sintéticos son un tipo de lubricante no producido por el refinamiento de petróleo (su base no es de origen mineral), sino está formado principalmente por moléculas de petróleo y otras materias combinadas de forma artificial.

El uso de los aceites sintéticos ha experimentado una creciente demanda para procesos en los cuales existen altas exigencias que deben cumplir los lubricantes, lo que implica un amplio conjunto de aplicaciones.

Existen varios tipos de aceites sintéticos se clasifican principalmente en hidrocarburos sintetizados, que son productos sintetizados a partir del petróleo crudo; los esteres orgánicos, que se forman a partir de la reacción química de ácidos y alcoholes y, por último, los esteres de fosfato y ácido fosfórico, que se formulan a través de la reacción de fenoles o alcoholes con anhídridos de ácido fosfórico.

#### **1.4.1. Especificaciones técnicas de los aceites lubricantes**

Las diversas propiedades físico químicas de los aceites definen y caracterizan el uso de estos. Por lo tanto, se hace necesario uniformar criterios tanto de medición de sus especificaciones, como de su clasificación y denominación. Es así como organismos internacionales tales como SAE, API y ASTM se han preocupado de normalizar las denominaciones, caracterización y medición de propiedades de los lubricantes. A continuación, se detalla las características más importantes de los lubricantes.

#### **1.4.2. Viscosidad**

Es la resistencia del aceite al fluir. Es la cantidad singular más importante por tener en cuenta para la selección del aceite.

Existen dos tipos de viscosidad: uno es la absoluta y la otra es la cinética. La absoluta representa la viscosidad real de un líquido y se mide por el tiempo de demora de un lubricante al fluir por una serie de tubos capilares estrechos a una temperatura dada. Las unidades de viscosidad absoluta más utilizadas son las siguientes.

- Poise ( en sistema métrico):  $1 \text{ poise} = \text{dina} * \text{s}/\text{cm}^2$

- Reyn ( en sistema ingles ):  $1 \text{ Reyn} = \text{lbf} \cdot \text{s}/\text{pulg}^2$

La viscosidad cinemática es la más utilizada para expresar esta propiedad del fluido. Equivale a la viscosidad absoluta dividida por su densidad (ambas propiedades bajo las mismas condiciones de temperatura y las mismas unidades). La unidad más utilizada para expresar la viscosidad cinemática es el centistoke. En general, la viscosidad de un aceite se puede especificar en alguna de las siguientes unidades:

- Segundos Saybolt Universal (SSU)
- Segundos Saybolt Furol (SSF) para aceites de mayor viscosidad
- Centistokes (Cst)
- Segundos Redwood No. 1, Universal
- Segundos Redwood No. 2, Admiralty
- Grados Engler ( $^{\circ} \text{E}$ )

Los lubricantes que fluyen libremente se dice que tienen baja viscosidad y puede que no soporten cargas entre los elementos. En cambio, los que tienen alta resistencia al fluir, se dice que tienen alta viscosidad; este, sin embargo, en algunos casos no es capaz de llegar a todos los intersticios. La viscosidad de todos los lubricantes decrece con la temperatura, pero no de la misma manera. Como la fricción interna actúa como resistencia contra las modificaciones de la posición de las moléculas, al actuar sobre ellas una tensión de cizallamiento. La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y la temperatura. La viscosidad necesaria para lubricar un equipo depende de las condiciones a que estén expuestos los equipos y sus distintos elementos.

### 1.4.3. Índice de viscosidad

El índice de viscosidad se considera como una importante característica para la selección de un aceite lubricante (en ocasiones conocido como VI). Las variaciones de temperatura afectan a la viscosidad del lubricante y genera cambios en esta, lo que implica que altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas, aumenta.

Es especialmente útil cuando se trabaja con aceites lubricantes y fluidos hidráulicos utilizados en equipos que deben operar a extremos amplios de temperatura.

Un fluido con un índice de viscosidad alto muestra un cambio pequeño en su viscosidad con la temperatura. Un fluido con índice de viscosidad bajo muestra un cambio grande en su viscosidad con la temperatura.

El índice de viscosidad está determinado por la medición de la medición de la viscosidad cinemática de la muestra de flujo a 40 °C y a 100 °C (104°F y 212 °F), y con la comparación de estos valores con los de ciertos fluidos de referencia a los que se asignaron valores VI de 0 a 100. El estándar ASTM D 2270 proporciona el método.

La forma general de la ecuación para calcular el índice de viscosidad de un aceite con valor menor o igual a 100 es la siguiente (todos los valores de viscosidad cinemática tienen la unidad  $mm^2/s$ )

$$VI = \frac{L - U}{L - H} * 100$$

Donde:

- U= Viscosidad cinemática del aceite de prueba a 40 °C
- L= Viscosidad cinemática de un aceite estándar a 40 °C con VI de cero, y que a 100 °C tiene la misma viscosidad que el aceite de prueba.
- H= viscosidad cinemática de un aceite estándar a 40 °C con VI de cien, y que a 100 °C tiene la misma viscosidad que el aceite de prueba.

Los valores de L y H se encuentran en una tabla estándar ASMT D 2270 para aceites con viscosidades entre  $2,0 \text{ mm}^2/\text{s}$  y  $70 \text{ mm}^2/\text{s}$  a 100 °C. Este rango comprende la mayor parte de los aceites prácticos que se utilizan como combustibles o lubricante.

Para aceites con  $VI > 100$ , el estándar ASTM D 2270 proporciona un método de cálculo alternativo, que también depende de la obtención de valores en la tabla del estándar.

#### **1.4.4. Densidad**

También se le conoce como gravedad API (Instituto Americano de Petróleo). Está definida como la masa de un aceite lubricante por unidad de volumen de la misma, a determinada temperatura. Para medir la densidad de un aceite existe un método de ensayo de la norma ASTM D 1298-12 b. La densidad de la mayoría de los aceites fluctúa entre 700 y 950 kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ). Por definición, el agua tiene una densidad de  $1\,000 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Esto significa que la mayoría de los aceites flotarían en el agua, ya que son más ligeros. Aunque este no es siempre el caso, ya que algunos pueden tener una densidad mayor que la del agua, haciendo que esta última flote sobre el aceite.

Conforme aumenta la densidad también incrementa el potencial erosivo del fluido. En regiones de alta velocidad o alta turbulencia de un sistema, el fluido comienza a erosionar tuberías, válvulas o cualquier otra superficie que se encuentre a su paso.

No solo las partículas sólidas afectan a la densidad del fluido, también lo hacen otros contaminantes, como el aire y el agua. Ambos tienen un marcado impacto en la densidad. La oxidación influye también en la densidad del fluido. Conforme esta avanza, se incrementa la densidad del aceite.

#### **1.4.5. Número de neutralización**

Es una medida de la acidez o alcalinidad de un aceite y puede expresarse de cuatro posibles formas:

- Número de ácido total (TAN): es la cantidad de hidróxido potásico en magnesio necesaria para neutralizar todos los ácidos de una muestra de un gramo de aceite.
- Número de ácido fuerte (SAN): es la cantidad de hidróxido en magnesio necesario para neutralizar los ácidos fuertes (inorgánicos) presentes en una muestra de aceite de un gramo. Este valor corresponde al valor de la acidez mineral. La diferencia entre TAN y SAN corresponde al valor de la acidez orgánica (ácidos débiles). Estos valores nos indican el nivel de acidez de aceite.
- Número de base total (TBN): es la cantidad de ácido clorhídrico en magnesio necesario para neutralizar los componentes alcalinos de una muestra de un gramo de aceite.

- Número de base fuerte (SBN): es la cantidad de hidróxido de potasio en magnesio para llevar una muestra de un gramo de aceite ácido.



## **2. GESTIÓN EN EL PROCESO DE LUBRICACIÓN**

### **2.1. Factores que influyen en la elección de un lubricante**

Son múltiples los factores que deben tenerse en consideración al momento de seleccionar el lubricante para rodamientos, chumaceras, cadenas y equipo, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Empleo de catálogos del fabricante: las recomendaciones que entrega el fabricante de los elementos de máquina y equipo es la información más relevante a la hora de seleccionar el lubricante. No obstante, siempre debe tenerse presente que las recomendaciones que efectúan los fabricantes, se hacen considerando condiciones normales de operación del equipo o elementos de máquina; por lo tanto, para casos especiales en los cuales se trabaje bajo condiciones extremas se debe, en lo posible, consultar al fabricante sobre si mantiene sus sugerencias iniciales.
- Asesoría: en algunos casos, cuando la información del fabricante no existe o es insuficiente y en la empresa no se cuenta con personal técnico con experiencia en el tema de lubricación, se debe recurrir a especialistas externos. Al respecto, en este punto la planta ha tenido asesoría de TRITECH, quien ha hecho estudios de los puntos a lubricar en la línea, sobre el tipo de lubricante tiempo de cambio y cantidad que debe llevar cada punto.
- Uniformidad de marcas: se debe tratar de unificar las marcas de los lubricantes, tanto de fabricantes como de tipo de lubricante, con la idea de

evitar la diversidad de aceites y grasa. Esto conlleva una serie de situaciones que tiende a encarecer los procesos y a aumentar los riesgos de contaminación en la manipulación y almacenaje. Además, demanda más espacio físico en el almacenaje. Es más económico.

- Factores varios: además de los factores indicados existen otros, que también son importantes y deben tomarse en cuenta al momento de seleccionar un lubricante. Son la velocidad de operación, tipo de roce, naturaleza de los materiales a lubricar, condiciones de las superficies, métodos de lubricación del lubricación

### **2.1.1. Condiciones de operación**

Cundo no se cuenta con las recomendaciones del fabricante se debe identificar el sistema tribológico. Este incluye tipo de movimiento, velocidad, temperatura, carga y ambiente de operación.

Una vez que estos parámetros son identificados se pueden utilizar diferentes químicas de lubricante para seleccionar el producto que optimizará el desempeño en dicha aplicación, debido a que cada química tiene sus ventajas y desventajas. Es importante seleccionar la más apropiada para cumplir con los parámetros del sistema tribológico.

Además, el ingeniero de mantenimiento debe analizar la aplicación basado en el sistema tribológico identificado. El análisis incluye elementos tales como factores de velocidad, lubricación elastohidrodinámica y cálculo de vida de los rodamientos.

- Tipo de movimiento: el primer parámetro del sistema tribológico involucra el tipo de movimiento. Este puede ser deslizante, el cual requiere de la teoría de lubricación hidrodinámica para su análisis, o por rodadura, en cuyo caso se debe aplicar la teoría de la lubricación elastohidrodinámica para su análisis. En ciertos rodamientos de rodillos cónicos se puede presentar una combinación de rodamiento y deslizamiento como una forma de movimiento. El deslizamiento puede ocurrir en el área del alojamiento, mientras que en la superficie de la pista ocurre el rodamiento de los rodillos. La protección del lubricante para estos tipos de movimientos puede ser optimizada con químicas específicas. Algunas químicas pueden ser efectivas en contactos deslizantes pero no desempeñarse tan bien en contactos de rodadura.
- Velocidad: la velocidad es el segundo parámetro del sistema tribológico. La velocidad de los elementos rodantes de un rodamiento se puede dividir en los siguientes rangos: alta, moderada y baja. Los rangos específicos para cada categoría de velocidad pueden ser determinados utilizando el factor velocidad como se define en la siguiente ecuación.

$$\text{factor de velocidad} = n \cdot dm$$

Donde:

- $n$ = velocidad de operación, rpm
- $dm$ = diámetro promedio del rodamiento=  $(ID + OD)/2$
- $ID$ = diámetro interior, mm
- $OD$ = diámetro exterior, MM

La curva de Stribeck es una gráfica que muestra la relación entre el coeficiente de fricción y el número adimensional  $h\eta/P$ , donde  $h$  es la viscosidad dinámica  $\eta$  la velocidad y  $P$  la carga por unidad de área proyectada. De acuerdo a esta curva, hay una velocidad óptima para el contacto lubricado. Conociendo la velocidad de contacto se puede seleccionar el lubricante con los óptimos atributos físicos para minimizar la fricción.

- Temperatura: el tercer parámetro tribológico es la temperatura. Todos los lubricantes tienen un rango de temperatura específica para un óptimo desempeño. Muchos tienen un amplio rango de temperatura de operación; sin embargo, algunos son más apropiados para bajas temperaturas. Por ejemplo, existen algunas grasas a base de hidrocarburos sintéticos y espesantes de complejo de bario que pueden operar a temperaturas tan bajas con  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Otros están diseñados para aplicaciones a altas temperaturas, como por ejemplo una grasa formulada con aceite base tipo éter alifático perfluorinado y un espesante de politetrafluoretileno (PTFE) que puede lubricar por más de 15 000 horas los rodamientos de la cadena de una banda de entrada pasteurizadora de la línea de llenado de jugos que opera a  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 15 segundos. Conocer la temperatura del sistema tribológico le permite al ingeniero de mantenimiento seleccionar un lubricante que pueda proveer un óptimo desempeño y vida operacional a la temperatura de operación.
- Carga: es un factor importante que afecta los requerimientos de lubricación. Una carga ligera puede indicar que la aplicación es sensible al par de fricción y el lubricante seleccionado servirá para minimizar la fricción del fluido y proveer suficiente protección para evitar la fricción generada por el contacto metal-metal. Por otro lado, una aplicación de alta

carga puede requerir aditivos específicos para ayudar a proteger contra el picado, rayado y la extrema presión.

Ambiente operacional: el último parámetro de un sistema tribológico es el ambiente operacional. En la línea de llenado de jugos está la humedad en los rodamientos, cadenas y chumaceras en algunos puntos, por lo que el lubricante debe tener buenas propiedades anticorrosivas, resistencia al lavado y contaminación con agua. Si el equipo opera en vacío total o parcial, la presión atmosférica del equipo debe estar entre los límites de operación del lubricante y por encima de su presión de vapor a la temperatura de operación.

Si los elementos mecánicos y equipo están en presencia de vapores, el lubricante seleccionado deber ser resistente a estas condiciones. Los cinco parámetros del sistema tribológico deben ser tomados en consideración y analizados para seleccionar el mejor lubricante para el equipo. Sin embargo, la información obtenida al definir los parámetros del sistema tribológico también suministra datos para técnicas analíticas más profundas.

Muchos elementos mecánicos y equipos tienen requerimientos especiales que van más allá del sistema tribológico y que deben ser tomadas en consideración. Algunos elementos mecánicos y equipos están limitados a usar aceite, mientras que otros requieren grasa. Las aplicaciones que requieren el uso de cojinetes sinterizados o con arreglos especiales en los sellos requieren de análisis adicionales. La compatibilidad de los materiales es otro aspecto de relativa importancia.

### 2.1.2. Requerimientos del equipo

- Cojinetes: para la relubricación de cojinetes, en el departamento de mantenimiento se puede trabajar en conjunto con las diferentes áreas apoyadas en el estudio de TRITECH, que se hizo para la línea de llenado de jugos. Se puede realizar un plan de frecuencias para la planificar el mantenimiento de cada semana del año, con el cual se sabe qué áreas de la línea necesitarán inspección para lubricar. Con esto no se interfiere en los procesos de producción de la línea.

Para la relubricación de cojinetes y chumaceras, la cantidad de lubricante que se propone es en base a la siguiente fórmula:

$$Cg = x * D * B$$

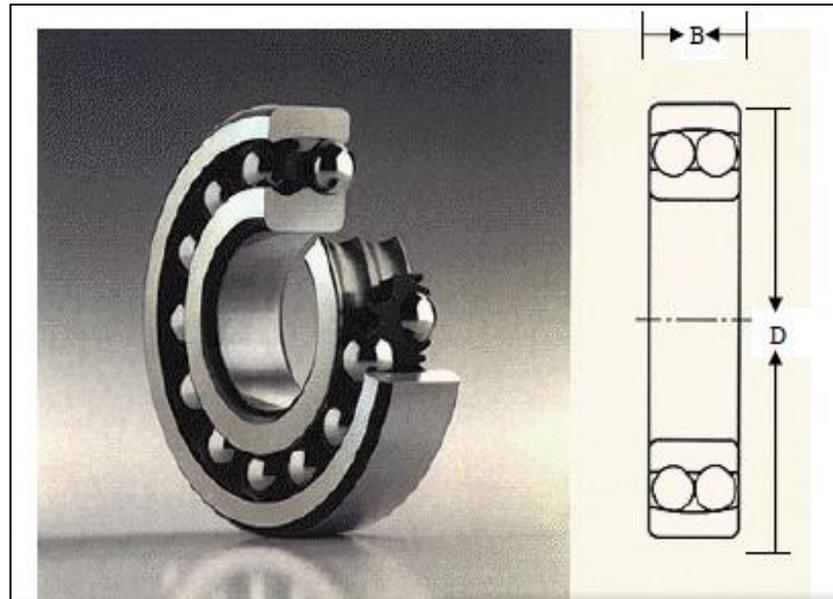
Donde:

- $Cg$  = cantidad de grasa (gramos)
- $X$  = factor de reengrase que depende de la frecuencia de relubricación
- $D$  = diámetro exterior del cojinete (milímetros)
- $B$  = ancho del cojinete (milímetros)

El factor  $x$  puede tener los siguientes valores:

- 0,001: diario
- 0,002: semanal
- 0,003: mensual
- 0,004: anual
- 0,005: cada 2 a 3 años

Figura 6. **Deducción de la fórmula para lubricación de cojinetes**



Fuente: TRITECH. *Manual técnico para lubricantes*. p. 25.

En este caso se utilizará el factor  $x= 0,002$  ya que la relubricación de la mayoría de cojinetes será semanal.

El engrase de los cojinetes se hace por medio de una pistola engrasadora. Para saber qué cantidad de grasa dosifica la grasería por bombazo, se mide la cantidad que aplica una grasería en buen estado por bombazo. Un bombazo es generalmente aceptado como un solo golpe de la pistola. Sin embargo, la cantidad despachada por las pistolas de engrase puede variar ampliamente (generalmente de 2 a 3 gramos por bombazo). En la planta las pistolas tienen una capacidad de 3 gramos, es por esto, que la unidad de medida para las chumaceras, panel de graserías, puntos extractor, puntos de rodos, aparece como bombazo en los puntos por lubricar en la rutina de lubricación.

- Cajas reductoras: son uno de los principales medios utilizados en la industria para la transmisión de potencia. El objetivo es cuidar los engranajes para mantenerlos en una operación confiable de problemas e imprevistos durante largos años en la línea de llenado de jugos; sin embargo, las altas cargas continuas y de impacto, la contaminación, fluctuaciones en velocidad y temperatura evitan que se llegue al objetivo. El costo de una falla en un engranaje va más allá de una inmediata reparación o del costo mismo del reemplazo de las piezas; la falla de tan solo un engrane puede interrumpir los planes de producción y poner en riesgo la producción entera de la planta.

Con la asesoría de TRITECH en el mantenimiento de cajas reductoras y el análisis realizado en la inspección VOSO se determinó que el mantenimiento de dichas cajas se realizará mensualmente en su cambio de aceite, con un llenado de aceite de un litro según el fabricante.

Para la lubricación de cadenas, puntos de rodos, bushings, correderas y ejes se solicitó la asesoría de TRITECH. Se se determinó que el cambio de lubricante para cadenas será semanalmente; los puntos de rodos, semanalmente; bushings, correderas y ejes, cada mes.

## **2.2. Método de selección de lubricante para elementos de la línea**

En esta se darán a conocer algunos parámetros y técnicas para la selección de lubricantes de los elementos de máquina más comunes en la línea de llenado de jugos, como cojinetes, cadenas, chumaceras.

En esta parte es importante mencionar que la selección de lubricantes no es una tarea fácil, pues tiene mucho de prueba y ensayo. Esto quiere decir que

se selecciona un lubricante y este puede que no dé los resultados esperados, por lo que se debe seleccionar otro, tomando en cuenta las consideraciones de operación y los resultados que se obtuvieron del lubricante anterior. Con la experiencia cada vez se hace más sencilla la selección del medio de lubricación adecuado. En esta sección se entregan métodos para realizar la elección, mediante estos se puede probar hasta elegir el lubricante ideal. Si la aplicación es muy específica, en términos que el lubricante estará sometido a cargas y temperaturas fuera de las normales, se sugiere recurrir a los propios proveedores de lubricantes, quienes normalmente poseen un departamento técnico e ingenieros consultores que puedan sugerir con base en estudios realizados de su producto y así obtener mejores soluciones. Otra alternativa, si se requiere mayor independencia de una marca, es la de solicitar a empresas dedicadas a la asesoría del rubro de la lubricación, Esta alternativa tiene un costo mayor para la empresa solicitante del servicio.

### **2.2.1. Método de lubricantes para cadenas**

Los principales factores que influyen en la selección del lubricante para cadenas son la carga transmitida y la velocidad. La selección también se puede realizar con base en la temperatura de trabajo y otros parámetros. El lubricante adecuado para esta aplicación debe cumplir ciertas características:

- Baja viscosidad para que fluya hacia superficies interiores de la cadena.
- Capacidad de mantener una película bajo las presiones de los cojinetes lisos que conforman la cadena.
- Ausencia que causen corrosión.

- Capacidad de mantener las características bajo condiciones de trabajo con temperatura, polvo y humedad, entre otros.

La vida útil de la cadena depende, en gran medida, de la lubricación de esta y el método de lubricación. Algunos de los lubricantes recomendados para cadenas son los que aparecen en la tabla I. Las cadenas requieren que los lubricantes se adhieran a sus elementos para no ser expulsados por la acción de su movimiento. En la tabla I se relaciona el paso de la cadena con la velocidad del piñón motor y la viscosidad del aceite en número ISO.

Tabla I. **Selección de aceites para cadenas**

PASO CADENA		VELOCIDAD NORMAL MAX. DEL PIÑÓN	VISCOSIDAD	TEMPERATURA
mm	Plg.	R.P.M.	ISO	°C
9,525	3/8	5000	46	-6 a 4
12,7	1/2	3750	46	-6 a 4
15,875	5/8	2750	46	-6 a 4
19,05	3/4	2000	68-100	4 a 40
25,4	1	1500	68-100	4 a 40
31,75	1 1/4	1200	100	4 a 40
38,1	1 1/2	900	100	40 a 50
44,45	1 3/4	700	150	40 a 50
50,8	2	550	150	40 a 50
63,5	2 1/4	450	150	50

Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

En cuanto a la aplicación de lubricante existen varias formas de aplicación de cadena, como lubricación manual (que es la que se hace en la línea de llenado de jugos, generalmente con una brocha), por goteo y por baño, en donde se dispone un recipiente lleno de aceite. La parte baja de la cadena debe transitar por este conducto para ser lubricada constantemente.

Un ejemplo común en la selección de lubricante para cadenas es el siguiente: se tiene una cadena con un paso de 1/2 pulgada cuya velocidad del piñón es de 1 400 RPM. Su temperatura de trabajo varía de 4 a 30 °C.

Si se observa la tabla I, se puede apreciar que en la quinta fila se encuentra el rango más cercano a la velocidad (1 500 RPM), también corresponde aproximadamente la temperatura de trabajo (4 a 40 °C). A este le corresponde un número ISO de 68 o 100, lo que coincide es el rango del paso de la cadena que se encuentra en la segunda fila (1/2 "). El primer parámetro a tomar en cuenta en este caso es la velocidad del piñón, luego la temperatura de trabajo y finalmente el paso de la cadena. Con base en esto, seleccionamos un aceite ISO 68 o 100. Si la cadena tiene un paso de 1/2 " y a este corresponde un ISO 46, se selecciona el 68, ya que es el número menor (más cercano al ISO 46) de los escogidos con base en la velocidad del piñón motriz.

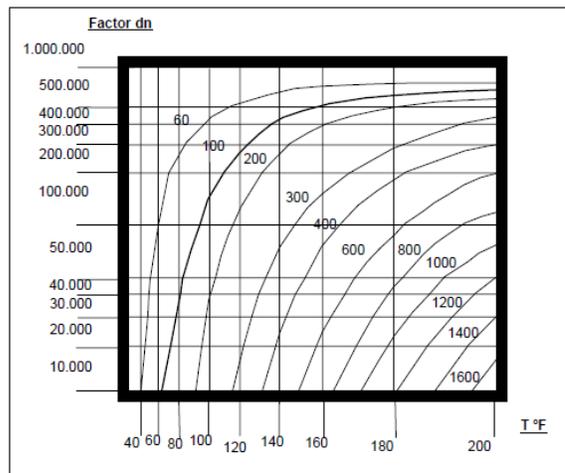
### **2.2.2. Método de lubricante para cojinetes**

Existen varios parámetros que se utilizan para la selección del lubricante de un cojinete de cualquier tipo. Esto varía dependiendo del fabricante, ya que en sus catálogos se encuentran algunos lineamientos generales con respecto a la lubricación de sus productos.

Generalmente se recomiendan aceites de alta calidad de inhibidores de herrumbre y oxidación, en especial cuando las condiciones de altas temperaturas pueden oxidar el aceite y llevar a la formación de contaminantes. En el caso de la grasa, esta se elige en ocasiones en donde el cojinete trabaja a bajas velocidades y en áreas en donde es poco probable que reciba atención. Para seleccionar la viscosidad adecuada del lubricante de un cojinete se utiliza la figura 7, la cual relaciona el diámetro del eje, la velocidad y la temperatura de

trabajo. Con estos antecedentes se puede obtener una viscosidad con la cual se selecciona el lubricante adecuado.

Figura 7. Gráfico T vs. dn



Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

Si se supone un rodamiento con diámetro de eje de 80 mm girando a 200 RPM y a una temperatura de trabajo de 90 °C, la viscosidad correcta será:

$$\text{Factor dn} = 80 * 200 = 16\ 000$$

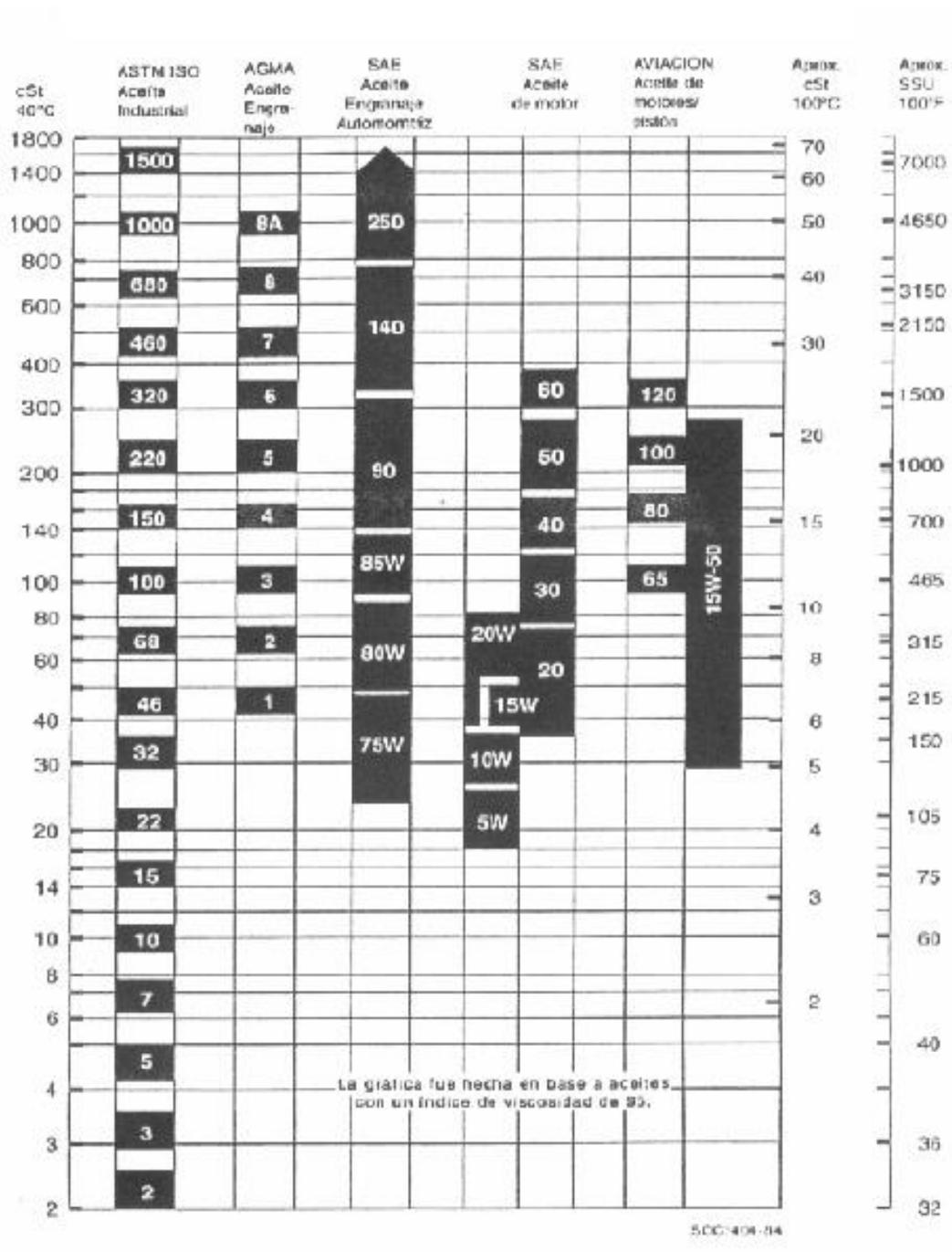
En el gráfico se toma la línea horizontal de los 16 000 hasta el punto de intersección con los 90 °C transformados a grados Fahrenheit. Esto sería 194 °F. Este punto se encuentra entre las curvas de viscosidad de 1 400 y 1 600 SSU (viscosidad universal Saybolt). Aproximadamente 1 500 SSU equivalente a un grado ISO 320, según la gráfica de equivalencias de grados de viscosidad que

tenga además inhibidores e herrumbre y oxidación. Estas características son deseables en los lubricantes de cojinetes.

En caso de que la carga no se conozca, es recomendable utilizar un aceite por lo menos que tenga la siguiente viscosidad de la que se obtiene con la temperatura (procedimiento antes efectuado). En este caso específico sería un ISO 460, 460 EP o 460 C, dependiendo de la aplicación.

En caso que se quiera utilizar grasa es importante elegir la más blanda. Podría ser una de grado NGLI 1 (Instituto Nacional de Grasas Lubricantes) que es la más utilizada en la industria y así probar hasta NGLI 3, ya que estas son las más empleadas para lubricar cojinetes. Además, se debe tomar en cuenta que deben estar compuestas por una base jabonosa de alto grado y un aceite refinado libre de ácidos.

Figura 8. Gráfica de equivalencias aproximadas de los distintos sistemas de grados de viscosidad



Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

### **2.2.3. Método de lubricante para engranaje**

Los lubricantes que serán elegidos para engranajes deben poseer ciertas características, como por ejemplo, deben ser neutrales en su corrosión, contener propiedades antiespumantes, no contener partículas sólidas abrasivas, no precipitar sedimentos ni separarse a temperaturas de menos de 150 °C, además de tener cualidades de resistencia a la humedad.

Si el elemento opera a elevadas temperaturas será necesaria una buena resistencia a la oxidación. Para bajas temperaturas será necesaria una buena resistencia a la oxidación y se necesitará un aceite con un bajo punto de congelación. Cuando las condiciones de temperatura varían en un rango amplio será necesario un lubricante con alto índice de viscosidad. Para mecanismos sometidos a choques o grandes cargas se debe utilizar lubricantes de extrema presión. La viscosidad de estos deberá ser semejante a la de los lubricantes. Además, la selección de lubricante dependerá también del método de lubricación, ya sea este por baño, manual o por goteo.

En la tabla 2 se muestra algunos de los aditivos que deben poseer los aceites para engranajes.

Tabla II. **Aditivos necesarios para los lubricantes de engranajes**

ADITIVOS	TIPO DE ENGRANAJE		
	SINFIN	HIPOIDAL	OTROS
ANTIHERRUMBRE		X	X
ANTICORROSION	X	X	X
ANTIOXIDANTE			X
PARA BAJAR PTO. DE CONGELACIÓN	X	X	X
ANTIESPUMA	X	X	X
EP	X	X	
DE ADHERENCIA	X		

Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

Tabla III. **Clasificación de viscosidades para lubricantes de engranajes**

ENGRANAJES CERRADOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NUMERO AGMA
46	41,4 - 50,6	1
68	61,2 - 47,8	2, 2EP
100	90 - 110	3, 3EP
150	135 - 165	4, 4EP
220	198 - 242	5, 5EP
320	288 - 352	6, 6EP
460	414 - 506	7 COMP, 7EP
680	612 - 748	8 COMP, 8EP
1000	900 - 1100	8A COMP, 8AEP
ENGRANAJES ABIERTOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NUMERO AGMA
1500	1350-1650	9, 9EP
-	2880-3520	10, 10EP
-	4140-5060	11, 11EP
-	6120-7480	12
-	25000-38400	13
COMPUESTOS RESIDUALES cSt 100°C		
-	428 - 857	14 R
-	587 - 1714	15 R
EP: EXTREMA PRESION		
R: COMPUESTOS RESIDUALES		

Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

En el caso de necesitar grasa para la lubricación de engranajes abiertos, esta debe poseer propiedades adhesivas especiales para mantener el lubricante sobre la superficie y evitar daños por efecto del agua, humedad o polvo. El lubricante puede ser aplicado con brocha o espátula.

En el caso de los engranajes cerrados deben poseer cualidades adhesivas. En estos casos, la grasa se mantiene dentro, aun si la calidad de los sellos es mal. La aplicación del lubricante se hace por graseras con pistola manual o por las tapas de acceso.

### **2.3. Método de aplicación de un lubricante determinado**

El primer factor a tener en cuenta para la aplicación es si el equipo debe utilizar grasa o aceite para su lubricación. Generalmente, los rodamientos se lubrican con grasa, ya que no reciben mucho mantenimiento de parte del personal o están ubicados en sectores de difícil acceso. En estos casos se utiliza un lubricante semisólido para su lubricación, ya que se adhiere a los elementos constituyentes del rodamiento y lo mantienen lubricado sin problemas por periodos prolongados. Por otro lado, se tienen los reductores, que se lubrican generalmente con aceite porque debido a las cargas y velocidades se producen altas temperaturas en sus elementos constituyentes y estos trabajan mejor en medio líquido.

Para una correcta selección del medio lubricador se debe tener claro las condiciones a las cuales será expuesto el lubricante. En la siguiente tabla se indica la selección de viscosidad que debe tener el lubricante bajo algunas situaciones de trabajo.

Tabla IV. **Lubricantes por utilizar en distintas condiciones**

<b>Condiciones</b>	<b>Usar lubricante de:</b>
<i>Mayor Velocidad</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Menor Velocidad</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Carga Ligera</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Carga Pesada</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Baja Temperatura</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Alta Temperatura</i>	<i>Viscosidad alta</i>

Fuente: Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. <https://www.shell.com.gt/>.

Consulta: septiembre de 2019.

También se obtiene mucha información acerca de la aplicación de los lubricantes si se consulta con el proveedor, en nuestro caso, TRITECH, que posee catálogos completos de todos los tipos de lubricantes que tienen a la venta y en estos se puede apreciar la aplicación para cada tipo de lubricante.

#### **2.4. Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante**

Puede darse el caso que se tengan incongruencias con los resultados en la selección del lubricante. Puede suceder que el equipo esté bajo dos condiciones que indican viscosidades distintas; por ejemplo, si la unidad trabaja a altas velocidades y bajo cargas pesadas, el lubricador deberá tomar una decisión y vislumbrar qué condición es más crítica para el equipo y tomar una resolución en base a esto último.

Si después de un periodo de utilización del lubricante seleccionado, este no resulta adecuado para la aplicación, lo que se realiza generalmente es cambiar el lubricante por otro de características similares al anterior. A esto se le denomina pruebas de ensayo y error. Por ejemplo, si se selecciona una grasa grado NGLI 2 y se aprecia que el elemento se calienta de manera anormal, esto

puede suceder porque este tipo de grasa es muy viscosa y dificulta el movimiento del elemento. Lo que se hace en este caso, es cambiar solamente el grado de la grasa, o sea, utilizar uno de grado NGLI 0 o NGLI 1, ya que estas son menos viscosas, lo que favorece el movimiento de las partes constitutivas del equipo. Para tener una mejor visión de lo que está sucediendo con el lubricante se le debe realizar un seguimiento periódico, para así vislumbrar su comportamiento a través del tiempo. La selección del medio de lubricación adecuado, cuando no se tiene ninguna información acerca del lubricante que utiliza el elemento o equipo, suele depender de la experiencia y conocimientos que el profesional tenga en el tema. No existe una fórmula precisa que indique qué o cuál lubricante utilizar para distintas situaciones, ya que esto depende de una cantidad de factores, como la carga, temperatura, condiciones ambientales, condiciones de trabajo, periodos de trabajo, estaciones del año, lugar geográfico, operador del equipo, etc. Tomando en cuenta los factores los agentes relevantes, el ingeniero debe tomar una decisión acerca del medio de lubricación que debe utilizar.



### **3. PROGRAMA DE LUBRICACIÓN**

#### **3.1. Chequeos de las rutinas de lubricación existente**

La condición actual en la planta es buena en sus rutinas, pero el propósito de toda empresa es tener los estándares más elevados en cuanto a producción se trata, la finalidad de este trabajo de graduación es llegar a la excelencia en la propuesta de la gestión tribológica de la misma, las cuales dan pie a implementar mejoras.

La línea de llenado de jugos se divide por áreas, entre las cuales están la llenadora, selladora, exhasuter, empacadora, empacadora (sistema de vacío), empacadora (sistema de arrastre de corrugado) y horno. Estas tienen rutinas de mantenimiento semanal, quincenal y mensual, entre las cuales hay rutinas de lubricación.

Las responsabilidades del cumplimiento de las actividades de lubricación radican en el supervisor del área de bebidas, quien se encarga de mantener el programa en ruta asesorando por el área de lubricación.

La cantidad del personal lubricador es el correcto, ellos comprenden la importancia de su labor, facilitando que las actividades de lubricación sean efectuadas sin sobrecargas.

En la línea de llenado de jugos no existen registros del consumo de lubricante por equipo; por ende, el supervisor de la línea se encuentra estableciendo un formato donde pueda llevar estos registros. Al lograr esto

último se podrá medir la efectividad de los procesos a través de indicadores de gestión de lubricación.

No se cuenta con un procedimiento escrito que garantice la ausencia de la contaminación al momento de efectuar los cambios de aceite o grasas; la única garantía es que son lubricantes de grado alimenticio. La debilidad es el almacenaje de las grasas y aceites de grado alimenticio porque están ubicados en la misma estantería con los demás lubricantes que no lo son.

Cabe mencionar que todas las grasas cuentan con su propia bomba, tanto para grasas como para aceites, para evitar la contaminación cruzada producto de la utilización de una bomba en común al momento de trasvasijar diferentes lubricantes.

En la línea de llenado de jugos se maneja un procedimiento escrito, donde se establece el retiro de desechos lubricantes, los cuales deben ser almacenados en la bodega de residuos peligrosos.

Uno de los puntos más débiles radica en los elementos de aplicación utilizados, para los cuales el personal de lubricación adapta botellas que generalmente se encuentran contaminadas.

Entre la rutina del Departamento de Lubricación se cuenta con una adecuada organización de tambores designados con la identificación del lubricante contenido. Cada tambor tiene su propia bomba pero no posee filtros de venteos, por lo tanto, al momento de realizar trasvasijos el lubricante queda expuesto a la atmósfera al momento de sacar la boquilla.

La formulación del programa de lubricación presenta falencias respecto a frecuencias y actualizaciones de tareas. Se deben establecer límites a los parámetros operativos que influyen sobre la lubricación como temperaturas, presiones, límites de contaminación, además de incorporar procedimientos de aplicación de lubricantes, por ejemplo. Cuando el programa de lubricación esté formulado de buena forma, se debe generar un sistema de control del cumplimiento de las tareas de lubricación.

Otro punto con buena calificación en este chequeo corresponde a la confiabilidad de la lubricación, en la cual existe comunicación directa entre el área de lubricación y mantenimiento para asesorías y trabajos de lubricación a los elementos de máquina; sin embargo, se debe formalizar las responsabilidades de operación frente a la lubricación de sus máquinas. Los cambios de aceite se realizan a través de análisis predictivos y según programación, y quedan registros de los cambios de aceites por parte del personal de lubricación. Se debe establecer un sistema formal para registrar consumos de lubricantes por equipo. Cabe destacar que el personal ejecutor de lubricación controla y da aviso de anomalías evidentes de forma oportuna para posteriores inspecciones.

Para el manejo de residuos de aceite existe un procedimiento no escrito donde se establece el retiro de desechos lubricantes, los que deben ser almacenados en sector dispuesto para residuos peligrosos; sin embargo, no existe una documentación que acredite dicha actividad.

Los tambores almacenados se encuentran claramente identificados, se requiere almacenar los tambores en forma vertical y utilizar bombas para el trasvasije.

Los lubricantes son elegidos por el área de lubricación considerando recomendaciones de los fabricantes y buscando la economía de estos, para generar confiabilidad para su aplicación.

### 3.2. Identificación de los lubricantes en la planta

El objetivo principal del programa de lubricación es brindar la información necesaria para el correcto entendimiento de cómo se debe lubricar cada equipo de la planta.

Para identificar los lubricantes, el Departamento de Lubricación posee un registro de los diferentes lubricantes que existen en la planta, con el cual se puede obtener información sobre el *stock* que posee el almacén. En este registro también están programados *stocks* de seguridad para cada uno de los lubricantes, ya que con esto se garantiza que siempre habrá las cantidades necesarias. Cada lubricante está definido según el elemento de máquina correspondiente.

Tabla V. **Registro de lubricantes, descripción comercial**

<b>Lubricante</b>	<b>Puntos a lubricar</b>
Molub Alloy 860/220-2	Chumaceras
Molub Alloy CH 22	Cadenas
Aceite SAE80W90	Motoreductor
Grasa Bel-Ray	Guías
Aceite Optigear 1100/220	Reductor Transportador
Optileb GR 823-2	Puntos de rodos
Optileb HY 150	Deposito
Ondina 68	Unidad de mantenimiento
GO 90/140	Reductor embandejadora
Gear 80W140	Reductor emplastificadora

Fuente: elaboración propia.

La tabla VI describe los lubricantes de grado alimenticio existentes en la planta.

Tabla VI. **Lubricantes de grado alimenticio**

Descripción
ACEITE CASTROL TRIBOL 878/150
GRASA MOLUB-ALLOY 823-2
ACEITE ALTO RENDIMIENTO TRIBOL 1800/460
ACEITE GUARDIAN USP WHITE OIL 9
ACEITE ALTO R. MINERAL G/A TRIBOL 878/46
FOOD GRADE LUBRICANT DLT 333 (2X5 LT.)
CASSIDA FM GEAR OIL TLS 150

Fuente: Departamento de Lubricación

### **3.3. Elaboración del formato para el programa de lubricación**

El diseño del formato para el programa de lubricación se toma en cuenta todos los factores que ayudan a definir el programa, ya que se trata de brindar una información clara y precisa de cada uno para evitar confusiones.

En el encabezado del formato debe ir el logo de la empresa, el nombre y el título del documento, la fecha para llevar el control de que se esté utilizando la versión más actualizada. También es necesario identificarlo con algún código para que sea más fácil de ubicar. En el pie de la página deberá llevar el nombre o cargo de las personas que participaron tanto en la elaboración como en la revisión y aprobación, de acuerdo al orden jerárquico de la organización. Se recomienda que al publicar cualquier procedimiento, tanto encabezado como las firmas de autorización aparezcan en cada una de las páginas para evitar cambio sin autorización y llevar un mejor control de la documentación.

A continuación se presenta la propuesta del programa de lubricación para los elementos de máquina. La intención es que sea la etapa de inicio, para que luego se pueda aplicar este procedimiento a cualquier área de aplicación de las líneas de la planta.

Tabla VII. **Propuesta del programa de lubricación**

	<b>Florida bebidas S.A.</b>  <b>Área de aplicación división refrescos y lácteos planta cristal</b>	<b>PROGRAMA DE LUBRICACIÓN</b>	<b>Código: Versión:</b>  <b>Fecha:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Propósito</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Cumplir con los programas de lubricación establecidos para tener los puntos lubricados de los equipos en cada línea de producción.</li> <li>○ Facilitar a los lubricadores cómo y cuándo hacer el cambio de lubricante en los equipos de las líneas.</li> <li>○ Mantener nuestros equipos con el debido cuidado de preservación y funcionalidad en cada punto lubricado.</li> <li>○ Mantener nuestros equipos con el debido cuidado de preservación y funcionalidad en cada punto lubricado.</li> </ul> </li> <li>• <b>Alcance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Disminuir el rozamiento</li> <li>○ Reducir el desgaste</li> <li>○ Evacuar el calor (refrigerar)</li> <li>○ Reducir la formación de depósitos duros</li> </ul> </li> <li>• <b>Términos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rozamiento: acción de rozar o rozarse, especialmente dos cuerpos en movimiento.</li> <li>○ Desgaste: desgastes y roturas surgen debido a la acción de las fuerzas de fricción, de las cargas elevadas, a consecuencia del agrietamiento del metal, de la alta temperatura que rodea el medio.</li> <li>○ Calor: energía que se manifiesta por un aumento de temperatura y procede de la transformación de otras energías.</li> <li>○ Depósitos duros: es la formación en estado sólido de la grasa que lubrica los puntos de las maquinas.</li> </ul> </li> </ul>			

Continuación de la tabla VII.

	<b>Florida bebidas S.A.</b>	<b>PROGRAMA DE LUBRICACIÓN</b>	<b>Código:</b>
	<b>Área de aplicación división refrescos y lácteos planta cristal</b>		<b>Versión:</b>  <b>Fecha:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsabilidades <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Técnico de lubricación: encargado de cumplir las órdenes de trabajo de lubricación, planificadas en cada equipo</li> <li>○ Supervisor de mantenimiento: encargado de inspeccionar que las órdenes de trabajo se hayan realizado en el equipo</li> <li>○ Jefe de turno de mantenimiento: encargado de mantenimiento que visualiza el estado del equipo y detecta tendencias anómalas del funcionamiento en el turno que se encuentre el jefe de mantenimiento</li> <li>○ Gestor de mantenimiento: encargado de dirigir, administrar que el mantenimiento de lubricación se lleve a cabo.</li> <li>○ Jefe de mantenimiento: encargado de aprobar las órdenes de trabajo que se ejecutaron.</li> </ul> </li> <li>• Identificación de proceso de lubricación <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Identificación de la máquina: es la descripción de un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular y realizar un trabajo con un fin determinado, que hay en cada línea de producción, identificado por el nombre de la máquina y sus partes.</li> <li>○ Maquinaria, parada o producción: describe si el equipo debe estar en funcionamiento o parado. Según el formato de Excel, si está de color gris claro, nos describe que el equipo está en funcionamiento; si esta de color blanco, describe que el equipo es parado.</li> <li>○ Producto utilizado: es la descripción del tipo de lubricante que se va a utilizar, grasa o aceite, según lleve cada pieza asignado en el formato de Excel de la máquina, de sus partes por lubricar.</li> <li>○ Número de puntos: identifica la cantidad de partes o puntos que se debe lubricar en cada equipo para que la maquinaria en cada línea de producción funcione de una manera eficiente y cubra cada parte de la máquina, para su funcionamiento.</li> </ul> </li> </ul>			

Continuación de la tabla VII.

	<b>Florida bebidas S.A.</b>	<b>PROGRAMA DE LUBRICACIÓN</b>	<b>Código:</b>
	<b>Área de aplicación división refrescos y lácteos planta cristal</b>		<b>Versión:</b>
<p>○ Método de aplicación: existe un código de los métodos de aplicación del lubricante que se encuentra en la parte superior de las ordenes de trabajo que se denomina “Códigos métodos de aplicación”, que describe cómo colocar el lubricante adecuadamente en los puntos de lubricación.</p> <p>○ Capacidad: es la cantidad de lubricante (grasa, aceite) que debe llevar cada punto de lubricación para que tenga una buena lubricación en los puntos de lubricación.</p> <p>○ Cambio de ciclo: es el tiempo estipulado o establecido que el lubricante debe ser reemplazado (grasa, aceite) en los puntos de lubricación.</p> <p>○ Chequeo: inspección, mensual, semanal o diaria de los puntos de lubricación, en la líneas de producción, marcando con una “x” según sea el día asignado.</p> <p>○ Observaciones: es el espacio donde se pueden realizar comentarios de cualquier anomalía, del equipo en función de problemas del tema de lubricación con su respectiva fecha.</p>			
Elaboró: Lubricador	Revisó: Supervisor	Aprobó: Gestor de mantenimiento	

Fuente: elaboración propia.

### 3.4. Identificación de puntos por lubricar

Con la revisión en campo de cada uno de los equipos para identificar la ubicación de los elementos de máquina, se logró identificar los puntos de lubricación de la línea.

Para establecer la cantidad y tipo de lubricante que utilizan los elementos de máquina, nos apoyamos en:

- Manuales de lubricación.
- Manuales de los fabricantes de lubricantes *TRIBOL, MOLUB ALLOY, CASTROL Y MOBIL.*
- Criterio de ingeniería.
- Personal del Departamento de Lubricación.
- Asesoría de *TRITECH.*

A continuación describiremos los puntos a lubricar en la línea de llenado de jugos.

Tabla VIII. **Despaletizadora**

	Descripción	Núm. de puntos	Lubricante recomendado	Capacidad	Método de aplicación	Ciclo de Relubricación
1	Chumaceras	12	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Semanal
2	Cadenas	3	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Semanal
3	Reductor	3	SAE 80W90	2	Revisar nivel mensual	Mensual
4	Motoreductor	1	Aceite SAE 80W90	1	Revisar nivel mensual	Mensual
5	Cadena	1	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Semanal
6	Guías	2	Grasa Bel-Ray	20	Brocha	15 días
7	Cadenas grandes	4	Molub Alloy CH 22	150 c/u	Brocha o spray	Semanal

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Banda entrada llenadora y cerradora**

	Descripción	Núm. de Puntos	Lubricante recomendado	Capacidad	Método de aplicación	Ciclo de relubricación
1	Chumaceras	8	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
2	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Mensual
3	Reductores	2	Aceite Optigear 1100/220	2	Revisar nivel Mensual	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Llenadora y cerradora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de Puntos</b>	<b>Lubricante Recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Chumaceras	3	Optileb GR 823-2 Grado alimenticio	3 c/u	Engrasadora	Semanal
2	Puntos de rodos	12	Optileb GR 823-2 Grado alimenticio	3 c/u	Engrasadora	Semanal
3	Puntos de Lubricacion	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
4	Punto de lubricación	1	Molub Alloy 860/220-2	3	Engrasadora	Mensual
5	Deposito principal	1	Optileb HY 150	4	Revisar Nivel	15 días
6	Unidad de Mantenimiento	1	Ondina 68	¼	Revisar nivel y fugas	Semanal
7	Reductor	1	GO 90/140	2	Revisar Nivel Mensual	Mensual
8	Reductor	1	GO 90/140	2	Revisar Nivel Mensual	Mensual
9	Ptos de Lubricación	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
10	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Banda entrada pasteurizadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Mensual
2	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel Mensual	Mensual
3	Chumaceras	4	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Pasteurizadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
2	Puntos extractor	2	Molub Alloy 860/220-2	15 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIII. Banda salida pasturizadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel mensual	Mensual
2	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Mensual
3	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel mensual	Mensual
4	Puntos	2	Molub Alloy 860/220-2	15 c/u	Engrasadora	Mensual
5	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
6	Chumaceras Grandes	2	Molub Alloy 860/220-2	5 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XIV. Transportador triple a ordenador**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Chumaceras	8	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
2	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Mensual
3	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel mensual	Mensual
4	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel mensual	Mensual
5	Reductor	1	SAE 80W90	3	Revisar nivel mensual	Mensual
6	Cadenas	1	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	Mensual
7	Puntos	2	Molub Alloy 860/220-2	15 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XV. Embandejadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	150 c/u	Brocha o spray	15 días
2	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
3	Reductor	1	GO 90/140	3	Revisar nivel mensual	Mensual
4	Panel de graseras	12	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
5	Reductor	1	Optigear 1100/220	1	Revisar nivel mensual	Mensual
6	Cadenas	5	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
7	Chumaceras	4	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
8	Reductor	1	GO 90/140	2	Revisar nivel mensual	Mensual
9	Cadenas Superiores	4	Molub Alloy CH 22	150 c/u	Brocha o spray	15 días

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVI. Banda transportadora a emplastadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
2	Reductor	1	Gear 80W/140	2	Revisar nivel mensual	Mensual

Fuente: elaboración propia.

**Tabla XVII. Emplastadora**

	<b>Descripción</b>	<b>Núm. de puntos</b>	<b>Lubricante recomendado</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Método de aplicación</b>	<b>Ciclo de relubricación</b>
1	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	150 c/u	Brocha o spray	15 días
2	Reductor	1	Optigear 1100/220	2	Revisar nivel mensual	Mensual
3	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual
4	Cadenas Superiores	2	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
5	Cadenas transportadoras	4	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
6	Unidad de Mantenimiento	1	Ondina 68	¼	Revisar nivel y fugas	semanal

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Banda entrada al horno**

	Descripción	Núm. de puntos	Lubricante recomendado	Capacidad	Método de aplicación	Ciclo de relubricación
1	Reductor	1	Optigear 1100/220	2	Revisar nivel mensual	Mensual
2	Cadenas	1	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
3	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Horno**

	Descripción	Núm. de puntos	Lubricante recomendado	Capacidad	Método de aplicación	Ciclo de relubricación
1	Reductor	1	Optigear 1100/220	2	Revisar nivel mensual	Mensual
2	Cadenas	1	Molub Alloy CH 22	50 c/u	Brocha o spray	15 días
3	Chumaceras	2	Molub Alloy 860/220-2	3 c/u	Engrasadora	Mensual

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Trasportador a entarimado**

	Descripción	Núm. de puntos	Lubricante recomendado	Capacidad	Método de Aplicación	Ciclo de Relubricación
1	Reductor	1	Optigear 1100/220	3	Revisar nivel mensual	Mensual
2	Cadenas	2	Molub Alloy CH 22	150 c/u	Brocha o spray	15 días

Fuente: elaboración propia.

### 3.5. Almacenaje y manipulación del lubricante

Un adecuado almacenamiento y manipulación de los lubricantes evitará los residuos provocados por daños al producto o contaminación del mismo dentro de su contenedor, por escapes o derrames del producto. Una buena gestión de lubricante en este ámbito tendrá como resultado un mejor control, una mejora de calidad de la producción y evitar contaminación cruzada. Antes

de llevar a cabo las tareas inherentes a esta delicada función, es importante señalar que los lubricadores tienen la responsabilidad dentro de la organización. El número e identidad de estos responsables dependerá también de que no haya contaminación en el lubricante. Para una gestión eficaz se tomó en cuenta la existencia de los lubricantes logrando un equilibrio entre ambas.

La contaminación de los lubricantes es uno de los modos de falla más comunes en la maquinaria. La misma puede ocurrir durante el transporte, el almacenamiento, manipulación y aplicación en el equipo a menos que se tomen algunos cuidados.

Es fundamental cumplir con las mínimas medidas de seguridad y respeto al medio ambiente. Los lubricantes sintéticos y minerales son compuestos químicos mezclados con otros productos que tienen diferentes riesgos cuando se trata de su contacto e ingestión por personas.

Es muy importante asegurarse que las personas que utilizan este tipo de productos conozcan con detalle los riesgos inherentes a su uso y manipulación. Un operario de lubricación bien capacitado le puede representar a cualquier empresa un ahorro de cuantiosas sumas de dinero por menor consumo de repuestos, lubricantes, paros de máquina.

El personal destinado a la lubricación de los equipos debe poseer ciertas características así como ciertos conocimientos y habilidades. Algunas de estas aptitudes deben ser las siguientes:

- Un buen nivel de formación técnica.
- Conocimiento en detalle de su trabajo.

- Conocimiento de sus obligaciones y responsabilidades.
- Conocimiento en detalle del equipo a lubricar, su funcionamiento y las piezas de más cuidado o delicadas.
- Conocimientos de los principios básicos de lubricación.

### **3.5.1. Manipulación de los lubricantes**

Se debe verificar que la cubeta no posea algún residuo. El manejo incorrecto de cubetas, baldes y recipientes donde vienen los lubricantes trae como consecuencia que las tapaderas se deformen o se rompan, causando derrame de aceite o de grasa, con pérdidas considerables de los mismos. Un tambor de 55 galones lleno de grasa o aceite pesa aproximadamente 450 libras, es por ello que de ningún modo debe ser manipulado por una sola persona, sin alguna ayuda mecánica adicional.

Se debe evitar transportar un tambor de aceite al hacerlo rodar por el piso y, mucho menos, arrastrándolo porque su estructura se debilita y se puede romper. Además, las marcas que identifican su contenido se pueden borrar total o parcialmente y ocasionar errores en su aplicación. Para transportar un tambor se debe utilizar un montacargas o una carreta de mano. Para el vaciado de lubricantes en cubetas para luego aplicarlos a un equipo, se debe tener en cuenta que:

- De otro lubricante que se haya transportado en ella.
- La cubeta esté en buen estado y no posea grietas en las cuales se pueda fugar el aceite.

- La cubeta no posea algún agente contaminante.

### **3.5.2. Almacenamiento de los lubricantes**

Los lubricantes deberán almacenarse bajo techo o al menos cubiertos del viento, la lluvia, polvo, entre otros. En el caso que los tambores se almacenen en posición vertical y a la intemperie, existe una alta probabilidad de contaminación especialmente por el agua de lluvia.

Los lubricantes son sensibles a las temperaturas extremas, es así como pueden verse afectados por las altas o bajas temperaturas, por lo que deberá evitarse someterlos a variaciones extremas de temperatura durante su almacenamiento. Además, como en los tambores siempre se mantiene una parte con aire, puede ocurrir que la humedad de dicho aire, producto de los cambios de temperatura, se condense y contamine el aceite almacenado.

Para que los lubricantes se mantengan en una buena condición he propuesto que estén térmicamente aislados en el lugar donde se encuentren. Que estén bien ubicados, para minimizar su transporte dentro de la planta; de este modo, se reducen los riesgos asociados al transporte y la accesibilidad se hace más fácil.

Las cubetas deben almacenarse de forma vertical y en estanterías y lejos de cualquier contaminación de agua. Si en algún dado caso las cubetas no se pueden almacenar en estantes se pueden utilizar plataformas para mantenerlos alejados del agua de superficie. En caso que los contenedores se almacenen en posición vertical se deben comprobar que las etiquetas sean visibles y que exista rotación de las existencias.

La mejor propuesta de almacenamiento que he propuesto y que algunas cumplen, son:

- Pisos de cemento
- Iluminación en todas las áreas
- Ventilación adecuada
- Control de temperatura y humedad
- Evitar el almacenamiento junto a solventes y otros productos químicos

Cuando sea necesario economizar espacio en la bodega, el almacenamiento de las cubetas requiere la utilización de estructuras metálicas resistentes. Se debe tomar en cuenta que las cubetas se pueden almacenar fácilmente y que las existencias más antiguas sean las primeras en ser despachadas para consumo. Esto evitará que algunos lubricantes se dañen por permanecer almacenados por durante largos periodos de tiempo.

En la bodega se debe inspeccionar periódicamente todas las cubetas que posean lubricantes, para evitar que haya fugas sin control y que las marcas de identificación permanezcan legibles.



## **4. PROPUESTA DE MEJORA**

### **4.1. Procedimiento general de lubricación**

Para la elaboración del procedimiento de lubricación en los elementos de máquina se debe tener un conocimiento previo del equipo. Una manera de obtener esta información es analizar en terreno cada elemento de máquina o, simplemente, consultar en los catálogos correspondientes. Normalmente, los equipos traen consigo una carta de lubricación en donde se indica la cantidad y la periodicidad de lubricación, pero esto generalmente es insuficiente porque la carta de lubricación está elaborada bajo condiciones estándares, las cuales muchas veces no corresponden a la realidad de las condiciones y solicitudes a que están sometidos los equipos en planta.

Como se dijo con anterioridad, se debe realizar en una primera instancia con base en lo que sugiere el fabricante del equipo; si esto no da resultado o se tiene problemas de lubricación, puede utilizarse algunas de las técnicas analizadas en el presente trabajo o utilizar los servicios de las empresas especializadas en el tema.

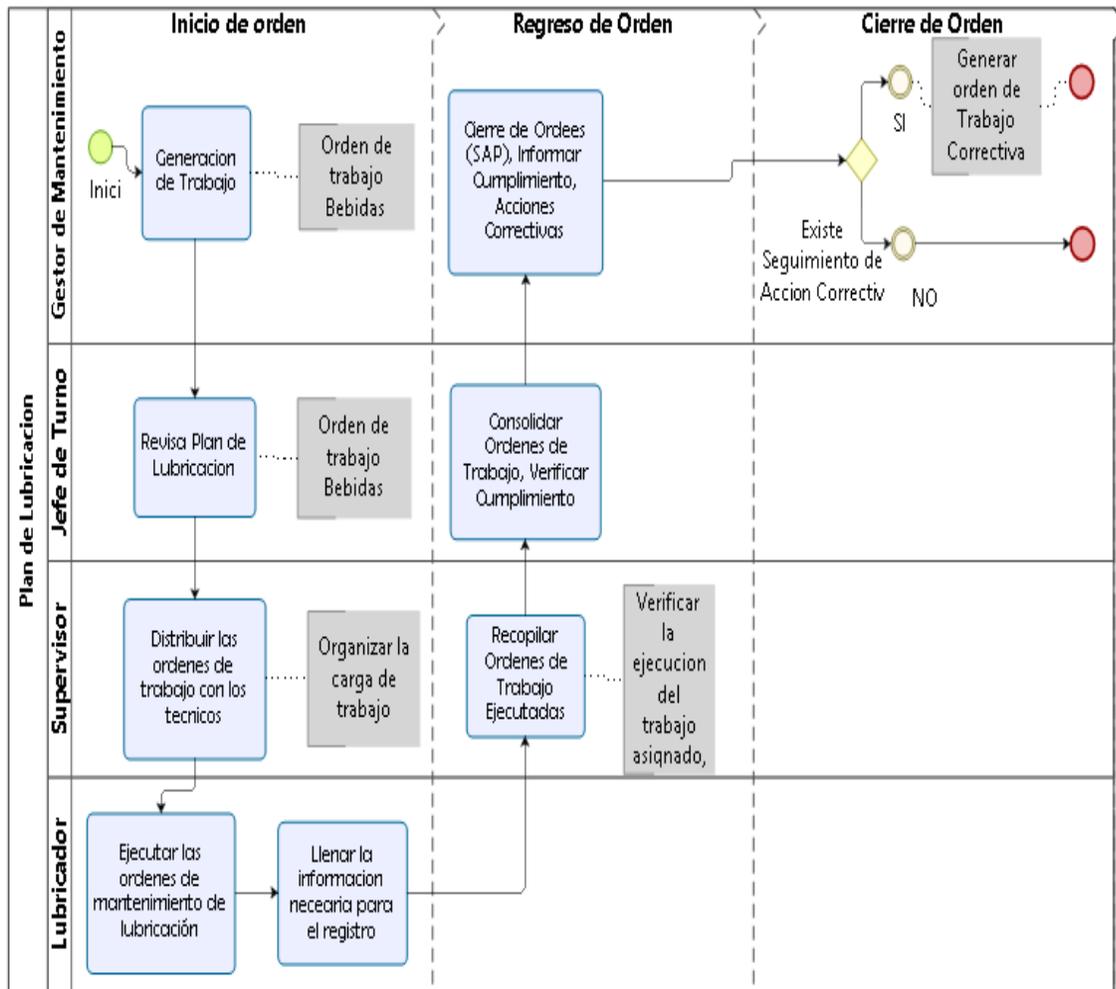
A continuación se darán los pasos lógicos a seguir para la elaboración de un plan de lubricación:

- Conocer el equipo: su funcionamiento, su modo de operar y los elementos que lo componen.

- Identificar los puntos de lubricación: como rodamiento, reductores, engranajes, cadenas de transmisión, sprocket, rodillos, bushings, entre otros.
- Identificar el tipo de lubricante que se utilizara en cada punto: puede ser grasa, aceite u otro, además se debe identificar el nombre comercial, marca y sus características.
- Determinar el consumo: se refiere a cuánto lubricante en litros, bombazos, gramos u otra unidad que se necesitara para lubricar.
- Determinar el tiempo de ejecución: se debe determinar será el tiempo de demora aproximado para la lubricación de cada punto, ya que algunos puntos son más difíciles de lubricar que otros por su disposición en el equipo.
- Frecuencia de lubricación de los equipos: eso se determina en primera instancia según lo que indique el fabricante del equipo. La frecuencia puede variar en el tiempo ya que una vez puesto en marcha el plan sufre algunos ajustes. Además, se puede utilizar algunos elementos como los análisis de aceite, los cuales nos indican en la mayoría de las veces que los periodos de lubricación propuestos en la ruta deben ser más extensos que los calculados. Esto se debe generalmente a las condiciones de trabajo a las cuales está sometido el lubricante.
- Rutas de lubricación: las rutas de lubricación que le asignen al lubricador deben ser coherentes y claras con lo que se ejecutará. El tiempo de lubricación de cada punto deber ser la base para la fabricación de la hoja de ruta diaria del lubricador, junto con las órdenes de trabajo.

- Ingreso en el sistema: con toda la información obtenida siguiendo los pasos anteriormente descritos, se ingresará al sistema (SAP) y este podrá entregar las respectivas órdenes de trabajo al lubricador.
- Puesta en marcha: una vez implementado el plan de lubricación en la línea de llenado de jugos de la planta, debe ser evaluado para corregir las deficiencias que se detecten, ya sea en lo relativo a la ruta, a los tiempos, puntos de lubricación y otros, con el objeto de optimizar el plan de lubricación. Todas estas modificaciones se deben realizar después de una evaluación relativamente prolongada en el tiempo, con el objeto de no realizar cambios continuamente.

Figura 9. Plan de lubricación



Fuente: elaboración propia.

#### 4.2. Reingeniería en rutinas de lubricación

En esta etapa se evalúan las actividades que se hacen bien, así como las que se requieren ser mejoradas.

- Organización y planeación: esta etapa asegura que todas las tareas de lubricación de la planta sean ejecutadas completamente en el tiempo

correcto, con el lubricante adecuado y en la cantidad justa, utilizando el procedimiento más efectivo. Para lograrlo, debemos apoyarnos en el control y seguimiento de las actividades y en la realización de las auditorías de lubricación que midan y comparen los estándares que se establecerán.

- **Identificación:** es para asegurarse que en el equipo se coloque el aceite correcto, es necesario implementar un sistema de identificación. Esto es motivado porque en la industria alimenticia no puede haber una mezcla por la inocuidad que debe tener el producto así que para evitar errores por mezcla de lubricantes. Es necesario implementar un buen sistema de identificación de lubricantes.
- **Suministro de lubricantes dentro de la planta:** se debe conocer el tiempo de respuesta de los lubricantes, identificar el *stock* de uso y almacenar la cantidad necesaria de lubricantes críticos. Los contenedores y equipos de despacho deben ser seguros, estar limpios y cerrados. Dentro de la planta el suministro desde la bodega central debe realizarse en tambores nuevos sellados.
- **Herramientas para el engrasado:** colocar grasa a un equipo es considerado por la mayoría como una tarea de lubricación. Por tanto, es esencial disponer de herramientas eficientes y prácticas para el análisis de aceites usados y libres de contaminación. Las pistolas manuales de engrase deben estar identificadas y usadas con un solo tipo de grasa. De igual forma, los elementos para relleno y trasvasije de lubricantes deben ser los adecuados, herméticos, libres de contaminación, debidamente identificados y usados como un solo lubricante, para evitar la

contaminación cruzada. Muchas veces se da la incompatibilidad de lubricantes perjudiciales para la vida de estos.

- Control ambiental: los aceites usados que ya cumplieron su vida útil deben ser retirados porque son considerados residuos peligrosos y su manejo debe adoptar criterios como tal. Se debe establecer procedimientos de almacenamientos en sitios de despachos y evitar toda posibilidad de daño al medio ambiente. Los aceites usados pueden usarse como combustibles.
- Gestión del conocimiento: la gestión del conocimiento se está convirtiendo en algo crítico para la industria de hoy, sobre todo en el ámbito del mantenimiento. Los lubricadores deben tener la experiencia y conocer los beneficios que derivan de unas buenas prácticas de lubricación. Además, con la creciente de los beneficios que se obtienen de utilizar una estrategia de mantenimiento basada en la confiabilidad, el entrenamiento básico del personal debe ser elevado al nivel de las mejores prácticas de confiabilidad utilizadas por la organización.
- Peligros asociados con la implementación de las mejores prácticas: implementar estrategias en confiabilidad que pueden ser exitosas a largo plazo no es una tarea fácil. Muchas estrategias fallan porque son vistas como proyectos y no como procesos para cambiar la cultura de trabajo del personal involucrado.

Una implementación efectiva requiere de un cambio en la cultura existente dentro de la planta para que el proceso sea aceptado, seguido y sustentado en el tiempo. Para lograr cambiar la cultura es necesario que se entiendan las

causas que originan las fallas de los equipos y cómo prevenir que estos factores entren en juego durante la implementación del proceso.

A fin de obtener el mayor éxito en cualquier proyecto y asegurarse de que la nueva manera de trabajar será sustentable en el tiempo, es necesario abordar y cambiar la forma en que los empleados hacen su trabajo habitualmente.

- Control de limpieza: la contaminación del aceite es la mayor causa del desgaste de los componentes y de fallas de los activos. Luego es importante que solo se utilice un lubricante limpio durante la operación de los activos. En el almacenamiento de los lubricantes se debe asegurar que el lubricante se almacene en forma segura, se mantenga limpio y sea transferido a contenedores en un ambiente libre de contaminantes

Las mejores prácticas para el control de la limpieza incluyen:

- Utilizar contenedores completamente sellados (herméticos).
- Colocar filtros de venteos en todos los contenedores para prevenir el ingreso de agua y otros contaminantes de la atmosfera.
- Filtrar todos los aceites en cada etapa del proceso de lubricación.
- Usar contenedores libres de contaminación.

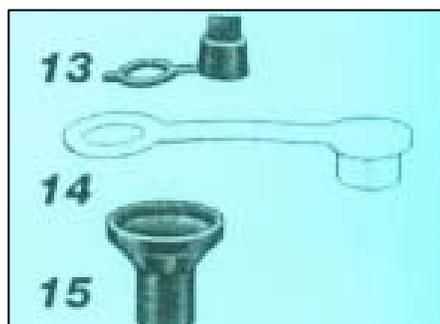
### 4.3. Codificación por colores (gestión visual)

Para tener un mejor control del uso y aplicación correcta, se hace la propuesta de la identificación de puntos, con el objetivo de reducir los problemas de mezclas de lubricantes.

Para la identificación de puntos de engrase se propone los tapones de grasera, los cuales existen de diferentes tamaños y colores en el mercado. Su objetivo es, además de mantener libres de contaminación a las grasas, identificar por medio de un código de colores el tipo de grasa que utiliza cada elemento de máquina.

Es primordial proteger los puntos de lubricación por grasa. La mayor parte de graseras normalmente se encuentran desprotegidas del medio ambiente y humedad, por lo que si no se cuenta con los cuidados o prácticas de lubricación correcta, cada vez que se engrase un equipo estaremos agregando contaminantes. Por tanto, es importante implementar tapones de graseras para protección e identificación de las mismas.

Figura 10. **Tapones para grasera**



Fuente: McMASTER-CARR. *Catálogo*. p. 106.

- Propuesta del código de colores para puntos de engrase

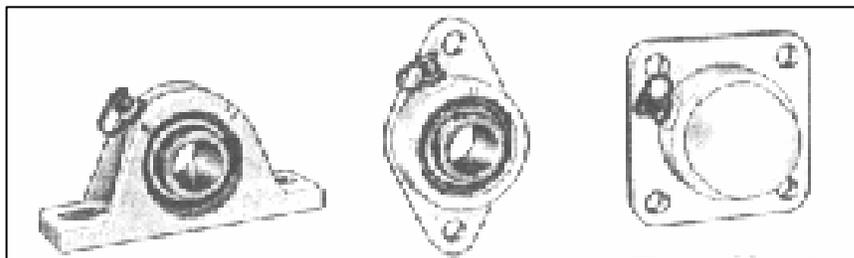
Para implementar el código de colores se hace por medio de las diferentes grasas que se aplican a los diferentes equipos, se propone lo siguiente:

Tabla XXI. **Código de colores**

<b>Nombre de la grasa</b>	<b>Color de tapón de grasera</b>
Molub Alloy 860/220-2	Rojo
Bel-Ray	Café
Optileb GR 823-2 Grado Alimenticio	Amarillo

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Puntos de engrase identificados con tapones de colores**



Fuente: McMASTER-CARR. *Catálogo*. p. 106.

Para la identificación de depósitos de aceite o grasa se propone usar etiquetas autoadhesivas en las que se identifique el nombre y la cantidad de lubricante que se debe aplicar a los depósitos. Estas etiquetas son proporcionados por los proveedores de lubricantes; por ejemplo los proveedores de TRITECH brindan a sus clientes etiquetas como las que se muestran a continuación.

Figura 12. **Etiquetas autoadhesivas para identificación de depósitos de aceite y grasa**



Fuente: TRITECH. *Curso de lubricantes*. <https://grupotritech.com/>. Consulta: septiembre de 2019.

Estas etiquetas están hechas de un material resistente a altas temperaturas, lavado con agua y otros tipos de contaminantes. Pueden ser utilizadas para identificación de depósitos de sistemas hidráulicos, reductores, sistemas centralizados de engrase, chumaceras, entre otros.

Con esta identificación se logra reducir los problemas de aplicación de cantidades y mezclas de lubricantes inadecuados, a la vez que se tendrá mejor identificado cada equipo y elemento de máquina.

#### **4.4. Análisis de la carga de trabajo de la rutina de lubricación**

El manejo de la carga de trabajo a través del uso eficiente del personal para completar a tiempo las tareas que aportan valor a la organización es uno de los principales objetivos de un sistema de planificación. Mantener un balance perfecto entre la carga de trabajo y los recursos disponibles que eviten que los trabajos diferidos se incrementen progresivamente y generen situaciones de deterioro y desorden en la línea.

Hoy se puede encontrar una serie de indicadores que permiten hacer un seguimiento y evaluar la eficiencia de la carga de trabajo. El *backlog* es uno de los más importantes y es la clave para poder manejar cualquier iniciativa de este tipo.

*Backlog* en inglés significa acumulación de trabajo no completado; este no es más que el trabajo que ha sido planificado pero que no se ha programado.

Para calcular la carga de trabajo, se debe ver las órdenes atrasadas de trabajo que tienen los lubricadores, ya que este índice nos permitirá evaluar al personal en términos de horas hombre en jornadas de trabajo estándar de la línea de llenado de jugos (generalmente jornadas de ocho horas al día). Para calcular las órdenes de trabajo atrasadas requerimos determinar la capacidad laboral y estimar los tiempos de ejecución de las órdenes de trabajo planificadas.

En este caso, las actividades de lubricación se toma como un mantenimiento preventivo la estimación se hace mucho más fácil, ya que, por ser trabajos rutinarios y específicos, es fácil hacer ajustes rápidamente.

Para hacer esta estimación se tiene que considerar la capacidad laboral bruta, que es el tiempo laboral disponible en un periodo de tiempo dado multiplicado por la fuerza laboral en condiciones estándar.

A continuación, se realizare el análisis de la carga de trabajo en la rutina de lubricación en la línea de llenado de jugos. Fue la estimación en cuanto a la ejecución de la misma. Tomando en cuenta que la fuerza laboral es de 15 lubricadores de mantenimiento y los lubricadores están de lunes a viernes en

su jornada de 8 horas, tenemos disponibles a la semana 40 horas de trabajo, entonces hay una capacidad laboral bruta de 600 HH/semana.

Al realizar el análisis en las órdenes se encontró que había 110 órdenes pendientes, que acumularon un tiempo estimado de ejecución de 880 HH. Entonces el *backlog* será:

$$\text{Backlog} = (880\text{HH}) / (600\text{HH/semana}) = 1,5 \text{ semanas}$$

En pocas palabras, significa que se necesita una semana y media de trabajo para ejecutar y completar las 110 órdenes de trabajo atrasadas, con una fuerza de trabajo de 15 lubricadores en condiciones estándar.

#### **4.5. Análisis económico de la implementación de la rutina**

Con base en el estudio realizado en la línea de llenado de jugos, tomando en cuenta cada elemento de máquina y los puntos por lubricar, se determinó el costo de la implementación de la rutina. Para obtener un parámetro se realizó una consulta de precios comparando el precio de los lubricantes CASTROL vs FUCHS que a continuación se presenta.

Tabla XXII. **Comparación de precios**

Castrol			Fuchs		
Descripcion	Presentacion	Venta	Descripcion	Presentacion	Venta
Grasa Castrol M.A. 860/220-2	37 libras	Q840.21	Renolit Replex 2	37 libras	Q850.00
SAE 80 W 90	37 litros	Q896.37	Cassida Fluid GL 460	35 litros	Q900.00
Grasa BEL-RAY	35 libras	Q462.06	Renolin CLP 150	37 libras	Q470.00
Ondina 68	37 litros	Q210.92	Superla White 10	37 libras	Q210.90
Optileb GR 823-2 Cb	39 libras	Q928.93	Cassida Grease EPS 2	35 libras	Q950.00
Molub-Alloy CH 22	20 litros	Q450.00	STABYLAN G 1000 SPRAY	15 litros	Q410.00
Optigear 1100/220	37 litros	Q901.27	Renolin HighGear 220	37 litros	Q910.00
Optileb HY 150	35 litros	Q720.73	Cassida 150 Oil LTS	35 litros	Q735.00
GO 90/140	37 litros	Q880.50	Renolin HighGear 150	37 litros	Q890.10
Gear 80 W 140	40 litros	Q1,608.51	Cassida Grease EPS 00	35 litros	Q1,600.50
	Total	Q7,899.50		Total	Q7,926.50

Fuente: TRITECH. *Curso de lubricantes*. <https://grupotritech.com/>. Consulta: septiembre de 2019.

Al realizar la consulta y comparar el costo de los lubricantes entre estas dos marcas se concluyó que el precio es favorable con la marca CASTROL. Con base en este dato se realizó el análisis y los cálculos del gasto de lubricante para cada elemento de máquina.

La descripción de cada tabla se rige a según el total de bombazos que sería el número de puntos, multiplicado por la capacidad que está dada en bombazos, mililitros y litros.

La capacidad de la pistola de engrase, el tiempo de relubricación es dada semanal, mensual o quincenal, y el total dado en libras y litros.

Este cálculo fue realizado en base a un año de trabajo. A continuación se presenta el cálculo realizado por cada lubricante.

Tabla XXIII. Lubricante Molub Alloy 860/220-2

Total (bombazos)	Capacidad pistola de engrase (g)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (g)	Total (lb)
<b>Despaletizadora</b>					
36	3	52	semanas	5 616	12,370044
<b>Banda entrada llenadora y cerradora</b>					
24	3	12	Meses	864	1,9030837
<b>Llenadora y cerradora</b>					
6	3	12	Meses	216	0,4757709
3	3	12	Meses	108	0,2378855
6	3	12	Meses	216	0,4757709
6	3	12	Meses	216	0,4757709
<b>Banda entrada y pasteurizadora</b>					
12	3	12	Meses	432	0,9515419
<b>Pasteurizadora</b>					
6	3	12	Meses	216	0,4757709
6	3	12	Meses	216	0,4757709
<b>Banda salida pasteurizadora</b>					
30	3	12	meses	1 080	2,3788546
6	3	12	meses	216	0,4757709
10	3	12	meses	360	0,7929515
<b>Transportador triple a ordenador</b>					
24	3	12	meses	864	1,9030837
30	3	12	meses	1 080	2,3788546
<b>Embandejadora</b>					
6	3	12	meses	216	0,4757709
36	3	12	meses	1 296	2,8546256
12	3	12	meses	432	0,9515419
<b>Emplasticadora</b>					
6	3	12	meses	216	0,4757709
<b>Banda entrada al horno</b>					
6	3	12	meses	216	0,4757709
<b>Horno</b>					
6	3	12	meses	216	0,4757709
				<b>Total</b>	<b>31,480176</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Lubricante Molub Alloy CH 22**

Total (ml)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (ml)	Total (L)
<b>Despaletizadora</b>				
150	52	Semanas	7800	7,8
50	52	Semanas	2600	2,6
600	52	Semanas	31200	31,2
<b>Banda entrada llenadora y cerradora</b>				
100	12	Meses	1200	1,2
<b>Banda entrada pasteurizadora</b>				
100	12	Meses	1200	1,2
<b>Banda salida pasteurizadora</b>				
100	12	Meses	1200	1,2
<b>Transportador triple a ordenador</b>				
100	12	Meses	1200	1,2
50	12	Meses	600	0,6
<b>Embandejadora</b>				
300	24	Quincena	7200	7,2
250	24	Quincena	6000	6
600	24	Quincena	14400	14,4
<b>Banda transportadora a emplastadora</b>				
100	24	Quincena	2400	2,4
<b>Emplastadora</b>				
300	24	Quincena	7200	7,2
100	24	Quincena	2400	2,4
200	24	Quincena	4800	4,8
<b>Banda entrada al horno</b>				
50	24	Quincena	1200	1,2
<b>Horno</b>				
50	24	Quincena	1200	1,2
<b>Transportador a entarimado</b>				
300	24	Quincena	7200	7,2
			<b>Total</b>	<b>101</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXV. **Lubricante SAE 80 W 90**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Despaletizadora</b>			
6	12	Meses	72
1	12	Meses	12
<b>Transportador triple</b>			
3	12	Meses	36
<b>Total</b>			<b>120</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Lubricante Bel-Ray**

Total (oz)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (oz)	Total (lb)
<b>Despaletizadora</b>				
40	24	quincenal	960	60
<b>Total</b>			<b>960</b>	<b>60</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. **Lubricante Optigear 1100/220**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Banda entrada llenadora y cerradora</b>			
4	12	Meses	48
<b>Banda entrada pasteurizadora</b>			
3	12	Meses	36
<b>Banda salida pasteurizadora</b>			
3	12	Meses	36
3	12	Meses	36
<b>Transportador triple a ordenador</b>			
3	12	Meses	36
3	12	Meses	36
<b>Embandejadora</b>			
1	12	Meses	12

Continuación de la tabla XXVII.

<b>Emplasticadora</b>			
2	12	Meses	24
<b>Banda entrada al horno</b>			
2	12	Meses	24
<b>Horno</b>			
2	12	Meses	24
<b>Transportador a entarimado</b>			
3	12	Meses	36
<b>Total</b>			<b>348</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Lubricante Optileb GR grado alimenticio**

Total (bombazos)	Capacidad pistola de engrase (g)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (g)	Total (lb)
<b>Llenadora y cerradora</b>					
9	3	52	Seminal	1 404	3,092511
36	3	52	Seminal	5 616	12,370044
<b>Total</b>				<b>7 020</b>	<b>15,462555</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Lubricante Optileb HY 150**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Llenadora y cerradora</b>			
4	24	quincenal	96
<b>Total</b>			<b>96</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Ondina 68**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Llenadora y cerradora</b>			
¼	52	Semanas	13
<b>Emplasticadora</b>			
¼	52	Semanas	13
<b>Total</b>			<b>26</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXI. **Lubricante Go 90/140**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Llenadora y cerradora</b>			
2	12	Meses	24
2	12	Meses	24
<b>Embandejadora</b>			
3	12	Meses	36
2	12	Meses	24
<b>Total</b>			<b>108</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Lubricante Gear 80 W 140**

Total (L)	Ciclo de relubricación anual	Tiempo	Total (L)
<b>Banda transportador emplasticadora</b>			
2	12	Meses	24
<b>Total</b>			<b>24</b>

Fuente: elaboración propia.

Al obtener el consumo de cada lubricante y comparar los precios y presentaciones dados por CASTROL se realizó el siguiente cálculo. El costo de lubricante por el dato real de consumo que se necesitará para que cada elemento de máquina esté lubricado para obtener el dato real del costo de la rutina.

A continuación presentamos el costo de la implementación de la rutina de la línea de llenado de jugos.

Tabla XXXIII. **Costo de la rutina de lubricación**

Lubricantes	Consumo de relubricación	Presentación de lubricante	Costo de lubricante (Q)	Calculo de consumo de lubricante	Dato real de consumo	Costo de la rutina (Q)
Molub Alloy 860/220-2	31,48 lb	37 L	840,21	1	1	840,21
Molub Alloy CH 22	101 lb	20 L	450	5,05	6	2700
Aceite SAE 80W90	120 L	37 L	896,37	3,24	4	3 585,48
Grasa Bel-Ray	60 lb	37 L	462,06	1,62	2	924,12
Aceite Optigear 1100/220	348 L	37 L	901,27	9,4	10	9 012,7
Optileb GR 823-2	15,46 lb	39 lb	928,93	1	1	928,93
Optileb HY 150	96 L	35 L	720,73	2,7	3	2 162,19
Ondina 68	26 L	37 L	210,92	1	1	210,92
GO 90/140	108 L	37 L	880,5	2,91	3	2 641,5
Gear 80 W 140	24 L	40 L	1 608,51	1	1	1 608,51
					<b>Total</b>	<b>24 614,56</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.6. Indicadores para medir la gestión de lubricación

Para medir la gestión de lubricación trazaremos el objetivo que queremos medir. En nuestro caso, mediremos la gestión de trabajo que se realiza en la

línea de llenado de jugos, ya que hay órdenes de trabajo que, al parecer no se realizan, y para llevar un mejor control nos enfocaremos en ello.

El indicador que propongo es un KPI (*Key Performance Indicator*), ya que este es un medidor de desempeño que nos indicará qué tan cerca estamos del objetivo. Estos KPI se requieren para evaluar la eficiencia y eficacia de la planificación, programación, ejecución y revisión de las tareas de lubricación de rutina. Si bien una cierta cantidad de KPI de lubricación puede generarse con los datos de un sistema computarizado de gestión de mantenimiento u otras herramientas de gestión de mantenimiento predictivo y preventivo, algunos de los KPI más valiosos requieren datos recolectados en los puntos individuales de lubricación.

Figura 13. **KPI de gestión de trabajo**

CUMPLIMIENTO DE LAS TAREAS DE LUBRICACIÓN		
Frecuencia	Fuente de datos	Objetivo
Mensual	Ordenes Registradas	> 90%
DEFINICIÓN		
$\frac{\# \text{ de tareas de lubricación completadas (TLC)}}{\# \text{ de tareas de lubricación programadas (TLP)}}$		
TLC = 523 TLP = 600		
} TLComp = 87%		

Fuente: elaboración propia.

El KPI del cumplimiento de las tareas de lubricación brinda a los administradores del programa una visión clara de la eficiencia global de las prácticas de lubricación a nivel de tareas. Es una medida del número total de

las tareas de lubricación completadas dividido por el número total de las tareas de lubricación programadas en un periodo de tiempo determinado. Un número bajo puede revelar ineficiencias en áreas como cargas de trabajo, la asignación de recursos o el acceso a la maquinaria.

Figura 14. **KPI de tareas vencidas**

<b>TAREAS DE LUBRICACIÓN VENCIDAS</b>		
<b>Frecuencia</b>	<b>Fuente de datos</b>	<b>Objetivo</b>
Mensual	Tareas vencidas	< 10%
<b>DEFINICIÓN</b>		
$\frac{\text{\# de tareas de lubricación vencidas (TLV)}}{\text{\# de tareas de lubricación programadas (TLP)}}$		
TLV = 77 TLP = 600 <span style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</span> TLVenc = 13%		

Fuente: elaboración propia.

El KPI de las tareas de lubricación vencidas refleja el número total de las tareas de lubricación que no se han concluido en comparación con el número total programado. Un número alto aquí revela preocupaciones similares a una puntuación baja en el cumplimiento de las tareas. Más importante aún, este KPI, junto con el KPI del cumplimiento de las tareas de lubricación, les dice a los encargados de mantenimiento con qué frecuencia y en qué grado se están cumpliendo los objetivos de lubricación.



## CONCLUSIONES

1. Esta propuesta de gestión brindará información necesaria para el correcto entendimiento de las operaciones de lubricación. Esto evitará confusiones que impliquen mezclas de los lubricantes o la aplicación inadecuada de los componentes, por lo que se reducirán las causas de paros en los equipos debido a fallas por lubricación.
2. Con la ayuda de las especificaciones de TRITECH, fichas técnicas y las recomendaciones de los fabricantes de los lubricantes, así también las inspecciones de las condiciones de operación de los equipos en campo, se logró crear una lista detallada de la maquinaria, sus componentes, así como los lubricantes requeridos, método de lubricación, cantidad de lubricante y frecuencia de aplicación.
3. Para realizar la reingeniería en el programa de lubricación se observaron las falencias en cuanto a la organización, planeación, identificación y control ambiental. Con un benchmarking de los mejores métodos se reforzó esta parte en las órdenes de trabajo.
4. Para almacenar los lubricantes de una manera efectiva y evitar contaminación de los mismos es muy importante asegurarse de que se cumpla lo propuesto en este trabajo de graduación, para evitar confusión y tener en cuenta el ambiente térmico en donde se almacenan los lubricantes.

5. Se determinó el costo de la rutina de lubricación a través del cálculo requerido del gasto de lubricante en cada elemento del equipo, lo que nos dará el costo anual en este tiempo de trabajo.

## RECOMENDACIONES

1. Los jefes de turno de la línea de llenado de jugos deben informar a los lubricadores sobre notificaciones o actualizaciones en los componentes de los equipos de las áreas, para que el programa de lubricación se actualice constantemente.
2. Los lubricadores deben revisar el programa de lubricación cada 6 meses para asegurarse que no se agregaron equipos en la línea y así mantenerlo actualizado.
3. Capacitar al personal que maneja los lubricantes y que entienda el programa de lubricación. Esto asegurará que las operaciones de lubricación se realicen de una forma correcta.



## BIBLIOGRAFÍA

1. ALBARRACIN, Pedro. *Tribología y lubricación industrial y automotriz*. 2a ed. Colombia: Barranca de Bermeja, 1993. 68 p.
2. BENÍTEZ, Eduardo. *La tribología como herramienta de dirección en el mantenimiento*. [en línea]. <<https://es.scribd.com/document/206862857/LA-TRIBOLOGIA-COMO-HERRAMIENTA-DE-DIRECCION-EN-EL-MANTENIMIENTO>>. [Consulta: septiembre de 2019].
3. Castrol. *General reference guide*. [en línea]. <[https://www.castrol.com/en\\_us/united-states/home/motor-oil-and-fluids.html?gclid=Cj0KCQiA3NX\\_BRDQARIsALA3fIlpfUNMPHEaY6spdsdoLEwGOwZAlme5iiQQa2UnlSV0F2SMhGn00NkaArDzEALw\\_wcB](https://www.castrol.com/en_us/united-states/home/motor-oil-and-fluids.html?gclid=Cj0KCQiA3NX_BRDQARIsALA3fIlpfUNMPHEaY6spdsdoLEwGOwZAlme5iiQQa2UnlSV0F2SMhGn00NkaArDzEALw_wcB)>. [Consulta: septiembre de 2019].
4. Mobil SHC. *Brief Product, Descriptions*. 12a ed. USA: Virginia, 2018. 114 p.
5. Océano Omega. *Diccionario Enciclopédico Universal*. 2a ed. Guatemala: Océano Omega, 2000. 1875 p.
6. Shell. *Manual técnico de lubricantes y especialidades*. [en línea]. <<https://www.shell.com.gt/>>. [Consulta: septiembre de 2019].

7. Texaco. *Catalogo de lubricante*. [en línea]. <<https://www.cepsa.es/es/utilidades/catalogo/lubricantes/industria/texaco>>. [Consulta: septiembre de 2019].
8. TRITECH. *Curso de lubricantes*. [en línea]. <<https://grupotritech.com/>>. [Consulta: septiembre de 2019].
9. TRUJILLO, Gerardo. *El mantenimiento proactivo como una herramienta para extender la vida de sus equipos*. [en línea]. <<http://www.mantenimientomundial.com/notas/lubproact.pdf>>. [Consulta: septiembre de 2019].

# APÉNDICE

## Apéndice 1. Rutina de lubricación Línea 21

		FLORIDA BEBIDAS S.A		PROGRAMA DE LUBRICACION		CODIGO:									
		AREA DE APLICACIÓN DIVISION REFRESCOS Y LACTEOS PLANTA CRISTAL				VERSION									
Linea 21		FECHA:		REALIZADO POR:		PAGINA: 1/5									
CODIGOS, METODOS DE APLICACION						CICLOS DE SERVICIO									
SAL	1	SIST. AUTO. LUBR.	TST	9	TEST	LH	17	LUBRICACION HIDROSTATICA							
LA	2	LUBRICACION AREA	DES	10	DESAGUE	MA	18	MEZCLAR ACEITES	H	HORA					
AC	3	ACEITERA	GRAS	11	GRASERA	BA	19	BAÑO DE ACEITE	T	TRIMESTRE					
CAM	4	CAMBIO	EG	12	EMPAQUE GRASA	CIA	20	CIRCULACION DE ACEITE	D	DIA					
LP	5	LIMPIO	EM	13	ENGRASE MANO	PC	21	PINES	6M	6 MESES					
CK	6	CHEQUEAR	AM	14	ACEITAR A MANO	PP	22	PRESION PISTOLA	S	SEMANA					
CKN	7	CHEQUEAR NIVEL	SDO	15	SELLADO	AA	23	ACEITE DE ANILLO	A	ANNUAL					
LG	8	LUBRICAR POR GOTEO	INS	16	INSPECCION	SV	24	SERVICIO	M	MES					
									2A	2 AÑOS					
No.	IDENTIFICACION DE MAQUINA		MAQUINARIA	MAQUINARIA	PRODUCTO	NUMERO	METODO DE	APACIDA	CAMBIO	CHEQUEO					RESERVACION
	Lubricación / Puntos de Inspección		PARADA	PRODUCCION	UTILIZADO	PUNTO	APLICACION		DE CICLO	L	M	K	J	V	
1	<b>Despaletizadora</b>														
	a	Chumacera			Molub Alloy 860/220-2	12	GRAS -11	3 c/u	S						
	b	Cadenas			Molub Alloy CH 22	3	AM-14	50 c/u	S						
	c	Reductor			SAE 80W90	3	CKN-7	2	ANALISIS						
	d	Motoreductor			Aceite SAE 80W90	1	CKN-7	1	ANALISIS						
	e	Cadena			Molub Alloy CH 22	1	AM-14	50 c/u	S						
	f	Guías			Grasa Bel-Ray	2	AM-14	20	15 días						
	g	Cadenas Grandes			Molub Alloy CH 22	4	AM-14	150 c/u	S						
2	<b>Banda entrada llenadora y cerradora</b>														
		Chumacera			Molub Alloy 860/220-2	8	GRAS-11	3c/u	M						
		Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50c/u	M						
		Reductor			Aceite Optigear1100/220	2	CKN-7	2	M						
3	<b>Llenadora y Cerradora</b>														
	a	Chumacera			Optileb GR 823-2Grado alimenticio	3	GRAS-11	3 C/U	S						
	b	Puntos de rodos			Optileb GR 823-2Grado alimenticio	12	GRAS-11	3 C/U	S						
	c	Puntos de lubricación			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 C/U	S						
	d	Punto de lubricación			Molub Alloy860/220-2	1	GRAS-11	3	M						
	e	Deposito principal			Optileb HY 150	1	CKN-7	4	15 días						
	f	Unidad de mantenimiento			Ondina 68	1	ev Nivel y Fugas	4	S						
	g	Reductor			GO 90/140	1	CKN-7	2	M						
	h	Reductor			GO 90/140	1	CKN-7	2	M						
	i	Puntos de lubricación			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 C/U	M						
	j	Chumacera			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 C/U	M						
	k	Engranajes abiertos			Molub Alloy 936	2	AM-14	30	15 días						

Continuación del apéndice 1.

4	<b>Banda entrada Pasteurizadora</b>																			
	a	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50 c/u	M											
	b	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
	c	Chumacera			Molub Alloy860/220-2	4	GRAS-11	3 c/u	M											
5	<b>Pasteurizadora</b>																			
	a	Chumacera			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 c/u	M											
	b	Puntos Extractor			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	15 c/u	M											
6	<b>Banda Salida Pasteurizadora</b>																			
	a	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
	b	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50 c/u	M											
	c	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
	d	Puntos			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	15 c/u	M											
	e	Chumacera			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 c/u	M											
	f	Chumacera grandes			Molub Alloy 860/220-2	2	GRAS-11	5 c/u	M											
7	<b>Transportador triple a Ordenador</b>																			
		Chumacera			Molub Alloy860/220-2	8	GRAS-11	3 c/u	M											
		Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50 c/u	M											
		Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
		Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
		Reductor			SAE 80W90	1	CKN-7	3	M											
		Cadenas			Molub Alloy CH 22	1	AM-14	50 c/u	M											
		Puntos			Molub Alloy	2	GRAS-11	15 c/u	M											
8	<b>Embandejadora</b>																			
	a	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	150 c/u	15 días											
	b	Chumacera			Molub Alloy860/220-2	2	GRAS-11	3 c/u	M											
	c	Reductor			GO 90/140	1	CKN-7	3	M											
	d	Panel de grasera			Molub Alloy860/220-2	12	GRAS-11	3 c/u	M											
	e	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	1	M											
	f	Cadenas			Molub Alloy CH 22	5	AM-14	50 c/u	15 días											
	g	Chumaceras			Molub Alloy	4	GRAS-11	3 c/u	M											
	h	Reductor			GO 90/140	1	CKN-7	2	M											
	i	Cadenas superiores			Molub Alloy CH 22	4	AM-14	150 c/u	15 días											
9	<b>Banda Transportadora a emplastadora</b>																			
	a	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50 c/u	15 días											
	b	Reductor			Gear 80W140	1	CKN-7	2	M											
10	<b>Emplastadora</b>																			
	a	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	150 c/u	15 días											
	b	reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	2	M											
	c	Chumacera			Molub Alloy	2	GRAS-11	3 c/u	M											
	d	Cadenas superiores			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	50 c/u	15 días											
	e	Cadenas transportadoras			Molub Alloy CH 22	4	AM-14	50 c/u	15 días											
	f	Unidad de mantenimiento			Ondina 68	1	CKN-7	4	S											
11	<b>Banda entrada al Horno</b>																			
	a	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	2	M											
	b	Cadenas			Molub Alloy CH 22	1	AM-14	50 c/u	15 días											
	c	Chumaceras			Molub Alloy	2	GRAS-11	3 c/u	M											
12	<b>Horno</b>																			
	a	Reductor			SAE 80W90	1	CKN-7	2	M											
	b	Cadenas			Molub Alloy CH 22	1	AM-14	50 c/u	15 días											
	c	Puntos de lubricación			Molub Alloy	2	GRAS-11	3 c/u	M											
13	<b>Transportador a entarimado</b>																			
	a	Reductor			Optigear 1100/220	1	CKN-7	3	M											
	b	Cadenas			Molub Alloy CH 22	2	AM-14	150 c/u	15 días											

Fuente: elaboración propia.