



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

**PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
EN PASTAS LA MODERNA, S.A.**

**Carlos Eduardo Coronado**

**Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera**

**Guatemala, enero de 2009**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE**  
**PRODUCCIÓN**  
**EN PASTAS LA MODERNA, S.A.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**POR:**

**CARLOS EDUARDO CORONADO**  
**ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE**  
**CHICOL CABRERA**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**GUATEMALA, ENERO DE 2009**



# UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

## FACULTAD DE INGENIERÍA



### NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

### TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña.
EXAMINADOR	Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma.
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Arrivillaga Ramazzini.
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez



---

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN  
EN PASTAS LA MODERNA, S.A.,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 4 de mayo de 2007.

  
Carlos Eduardo Coronado



Guatemala, 8 de enero de 2009

Ing. Julio César Campos Paiz  
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Director:

Respetuosamente me dirijo a usted, con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado **“PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PASTAS LA MODERNA, S.A.”** el cual fue presentado por el estudiante Bachiller Carlos Eduardo Coronado, y después de haberle realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

Esperando que no exista ningún inconveniente para el seguimiento de este proyecto, me suscribo de usted atentamente.

Ing. Carlos Enrique Chicol Cabrera

Colegiado No. 6965

ASESOR



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

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 PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PASTAS LA MODERNA, S.A., del estudiante Carlos Eduardo Coronado, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez  
**Coordinador de Área**

Guatemala, enero de 2009 .

/behdei



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PASTAS LA MODERNA, S. A., del estudiante **Carlos Eduardo Coronado**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**



Guatemala, enero de 2008

JCCP/behdei



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG. 013.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROGRAMA DE LUBRICACIÓN PARA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN PASTAS LA MODERNA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Eduardo Coronado**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, enero de 2009

/gdech



*ACTO QUE DEDICO A:*

Dios

Mi madre

Paula Coronado Noj.

Mi abuelita

Juana Noj viuda de Coronado.

Mi tío y primos

Ing. Luis Coronado, Luis Eduardo y Raúl Fernando.

Mis amigos

Lilly, Ricardo, Jorge, Otoniel, César.

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería



## **AGRADECIMIENTOS A:**

Dios, por darme el don de la vida y la sabiduría para alcanzar esta meta.

Mi madre Paula Coronado, por ser un ejemplo de vida y depositar en mí, todo el amor, confianza y sacrificio.

Mi mamá Juana, por ser la abuelita amorosa.

Mi tío, Ingeniero Luis, por ser un ejemplo de lucha.

Mis primos Luis y Raúl, por ser un apoyo incondicional.

Mis amigos, Lilly, Ricardo, Jorge, Otoniel y César, por su amistad y compartir la visión de éxito.

Ing. Carlos Chicol, por compartir su conocimiento y colaboración para el cumplimiento de este proyecto.

La Facultad de Ingeniería, por permitirme la formación como profesional.





2.4.1. Clasificación de fallas	15
2.4.2. Reporte actual de repuestos más utilizados	15
<b>3. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y EL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN</b>	
3.1. Almacenamiento y manejo de lubricantes	17
3.2. Descripción para personal operador sobre elementos mecánicos de equipos.	20
3.2.1. Cojinetes	20
3.2.1.1. Tipos de cojinetes	20
3.2.1.2. Tipos de lubricación en cojinetes	24
3.2.2. Engranajes	28
3.2.2.1. Tipos de engranajes	28
3.2.2.2. Materiales de engranajes	29
3.2.2.3. Desgaste y fallas en dientes de engranajes	31
3.2.2.4. Lubricación en diferentes tipos de engranajes	32
3.2.3. Cadenas	33
3.2.3.1. Descripción y funcionamiento de cadenas	33
3.2.3.2. Tipos de lubricantes	34
<b>4. PROGRAMA DE LUBRICCIÓN A EQUIPOS UTILIZADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN</b>	
4.1. Descripción de equipo y elementos mecánicos necesarios a lubricar	35
4.2. Importancia del elemento mecánico dentro del equipo	35
4.3. Programación de lubricación de los elementos mecánicos	37
4.3.1. Cajas reductoras	37
4.3.1.1. Elementos mecánicos a lubricar	39
4.3.1.2. Tipo de lubricante	39
4.3.1.3. Período de lubricación	40
4.3.1.4. Período de cambio de lubricante	40
4.3.1.5. Modo de aplicación de lubricante	40

4.3.2. Chumaceras	40
4.3.2.1. Elementos mecánicos a lubricar	41
4.3.2.2. Tipo de lubricante	42
4.3.2.3. Período de lubricación	42
4.3.2.4. Período de cambio de lubricante	42
4.3.2.5. Modo de aplicación de lubricante	43
4.3.3. Cadenas	44
4.3.3.1. Elementos mecánicos a lubricar	44
4.3.3.2. Tipo de lubricante	44
4.3.3.3. Período de lubricación	45
4.3.3.4. Período de cambio de lubricante	45
4.3.3.5. Modo de aplicación de lubricante	45
4.3.4. Transmisiones	47
4.3.4.1. Elementos mecánicos a lubricar	47
4.3.4.2. Tipo de lubricante	48
4.3.4.3. Período de lubricación	48
4.3.4.4. Período de cambio de lubricante	49
4.3.4.5. Modo de aplicación de lubricante	49
<b>5. SEGUIMIENTO DE PROGRAMA DE LUBRICACIÓN</b>	
5.1. Supervisión de programa de lubricación	51
5.1.1. Reporte de actividades	51
5.1.2. Estudio de lubricación	51
5.1.2.1. Reporte sobre muestras de lubricantes	53
5.1.2.2. Reporte de vida útil de cada lubricante utilizado	54
5.2. Reporte de repuestos utilizados, post-programa	56
5.3. Reporte de fallas mecánicas, post-programa	57
5.4. Tabla de equivalencias de lubricantes en la industria	58
<b>CONCLUSIONES</b>	65
<b>RECOMENDACIONES</b>	67
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	69



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Costo vrs. tiempo	4
2	Falta de mantenimiento	15
3	Tipos de cojinetes	20
4	Transmisión por cadenas	33
5	Motorreductores	38
6	Chumacera expuesta	41
7	Punto de lubricación de cadena	44
8	Transmisión por ejes cardanes	47
9	Componentes internos de eje cardan	48

### TABLAS

I	Temperatura y viscosidad en lubricante de cadena	45
II	Reporte de repuestos	56
III	Reporte de fallas	57
IV	Equivalente de lubricantes, A.	59
V	Equivalente de lubricantes, B.	60
VI	Equivalente de lubricantes, C.	61
VII	Equivalente de lubricantes, D.	62
VIII	Equivalente de lubricantes, E.	63



## GLOSARIO

<b>Abrasión</b>	Desgaste de la superficie, producido por rayado continuo, usualmente debido a la presencia de material extraño como tierra, o partículas metálicas en el lubricante.
<b>Aceite</b>	Líquido grasoso, untuoso, de origen animal, vegetal, mineral o sintético.
<b>Babbitt</b>	Aleación de metales suaves, blancos no ferrosos que se utilizan como material de rodamientos. Compuesto principalmente de cobre, antimonio, estaño y plomo.
<b>Chumacera</b>	Unidad de cojinete montado sobre una carcasa de acero utilizada para incorporarse a la maquinaria por medio de tornillos.
<b>Contaminante</b>	Cualquier material extraño o sustancia o deseada que puede tener un efecto negativo en un sistema en operación, su vida o confiabilidad.
<b>Viscosidad</b>	Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza.
<b>Índice de viscosidad (VI)</b>	Un término comúnmente utilizado para relacionar el cambio de la viscosidad con respecto a la temperatura. Mientras mayor sea el índice de viscosidad, menor será el cambio en la viscosidad con la temperatura.



## RESUMEN

La planta de producción Pastas La Moderna Guatemala, para su proceso, cuenta con cuatro líneas de producción, en las cuales se producen las diferentes presentaciones de pastas que se ofrecen al público. Durante el proceso se mantiene un estricto control de producción de las pastas.

El mantenimiento es la serie de trabajos que se realizan en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y que provea el servicio para el cual fue diseñado. De las tareas de mantenimiento, la lubricación es importante. Ésta se conoce como la interposición de sustancias oleosas o grasas entre las superficies en contacto. Se conocen diferentes tipos de lubricación: hidrodinámica, elasto-hidrodinámica, límite, hidrostática.

Los equipos que componen cada línea de producción, están expuestos a las condiciones que presenta el ambiente de trabajo. Cada uno de estos equipos, pueden presentar diferentes tipos de fallas, las cuales se deben clasificar para tomar las acciones correctivas necesarias. Cada línea cuenta con diferentes máquinas como lo son bombas de vacío, motorreductores, que a su vez están compuestas por los siguientes elementos mecánicos: cojinetes, engranajes, cadenas de transmisión, cardanes.

Es importante tener cuidado en el manejo de los lubricantes. El período de lubricación de cada elemento mecánico, varía de acuerdo al tamaño de la máquina, así como al tiempo de trabajo en jornadas completas. Se debe dar continuidad a la programación en las actividades de lubricación, así como realizar reportes sobre muestras y de vida útil de los lubricantes, reportes de fallas, con el fin de conseguir los resultados planificados por el departamento de mantenimiento.



## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Crear un programa de lubricación para línea de producción en pastas La Moderna, S.A.

### **ESPECÍFICOS:**

1. Realizar formatos escritos para llevar control sobre el debido cumplimiento de la lubricación a cada equipo.
2. Proponer mejoras en el uso debido en cada lubricante utilizado.
3. Realizar formatos para control de diferentes tipos de fallas ocurridas en los equipos de línea.
4. Realizar con base a características, comparaciones de los distintos tipos de lubricantes utilizados en la planta, por los diferentes proveedores en la industria.



## INTRODUCCIÓN

En la industria en general, se dan año con año pérdidas muy costosas a causa de métodos poco adecuados de lubricación o en la poca frecuencia de algunos de los métodos aplicados. Esto implica una variedad de puntos que conllevan a un elevado costo en el mantenimiento.

Para las empresas es importante poner atención especial en la parte del mantenimiento, como lo es la lubricación, ya que al realizar una metodología y una supervisión de la misma, conseguirá reducir costos, reparaciones y/o cambio de piezas, costo en compra de repuestos. Además, logrará minimizar el tiempo perdido en producción.

Es importante resaltar que cualquier empresa no deberá hacer una gran inversión al momento de llevar a cabo un plan de lubricación, ya que es esencial que cada operador de máquina sea quien deba realizar y llevar a cabo dicho programa. Algo que se debe destacar además es la forma de organizar el programa de lubricación, ya que algunos pueden ser sustituidos, lo que generará un ahorro. La supervisión es parte en la cual la empresa debe de hacer conciencia a su personal, para que se cumpla con el programa de lubricación y así evitar gastos en material que no se está utilizando. Para ello se debe asignar a personal capacitado para la selección de los lubricantes y que supervise el cumplimiento del programa.



## **1. ANTECEDENTES GENERALES**

### **1.1. Antecedentes generales de Pastas La Moderna**

#### **1.1.1. Datos generales de fábrica.**

Pastas La Moderna Guatemala, se encuentra localizada en el kilómetro 14.5 carretera de Villa Canales, Boca del Monte.

En el año de 2001, se operó la planta de Pastas Capri en Guatemala para posteriormente adquirir esta planta en 2004. Las instalaciones y equipos combinados son capaces de satisfacer la demanda, cumpliendo con estándares de calidad. En la actualidad cuenta con diferentes áreas, las cuales participan conjuntamente en el proceso de producción de las pastas. Estas áreas son:

- Materia prima.
- Calderas y compresores.
- Bodega de producto terminado.
- Almacén de repuestos.
- Mantenimiento.

#### **1.1.2. Líneas de producción y sus productos.**

La planta de producción Pastas La Moderna Guatemala, para su proceso, cuenta con cuatro líneas de producción, en las cuales se producen las diferentes presentaciones de pastas que se ofrecen al público.

Pastas La Moderna ha inyectado al mercado guatemalteco una gran variedad de productos. Lo cual ha hecho que la empresa busque innovación tecnológica, así como capacitación a su personal.

Pastas La Moderna garantiza la calidad de sus productos, desde la cosecha del trigo, el procesado de la harina, el cual se realiza directamente en el país de origen, México. Por lo tanto, la materia prima (harinas) pasan por un control de calidad estricto antes de ser enviada hasta nuestro país.

Durante el proceso se mantiene un estricto control de producción de las pastas. En los diferentes turnos, se lleva un registro de los parámetros de las máquinas así como el cumplimiento de los estándares de calidad del producto.

Los productos que se ofrecen, son variados y estos son los que se tienen al mercado:

Pastas cortas:

- Codo tipo 1, tipo 2, tipo 3 y tipo 4.
- Caracol tipo 1, tipo 2 y tipo 3.
- Tornillo.
- Pluma.
- Espiral.
- Tallarín.
- Macarrón corto.

Pastas largas:

- Spaguetti italiano, spaguetti corto.
- Fetuccine.
- Macarrón largo.
- Fideo cabello de ángel.

Fideos:

- Fideo tipo 0, tipo 1 y tipo 2.

Menudas:

- Corbata.
- Estrella.
- Hongo.
- Moñito.

- Macarroncito.
- Lengua.
- Ojito.
- Letra.

Cada una de los productos, cubren las necesidades del mercado en las presentaciones: familiares y a granel.

## **1.2. Conceptos básicos de mantenimiento**

El mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, planta o método, a fin de conservarlo y que provea el servicio para el cual fue diseñado.

El objetivo del mantenimiento es la conservación, ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, etc. Para el administrador de mantenimiento, el objetivo del mantenimiento es la conservación ante todo, del servicio que están suministrando los equipos, instalaciones, etc. Por tal motivo se deben equilibrar, en las labores del mantenimiento, los factores esenciales siguientes:

- a) Calidad económica del servicio.
- b) Duración adecuada del equipo y
- c) Costos mínimos de mantenimiento.

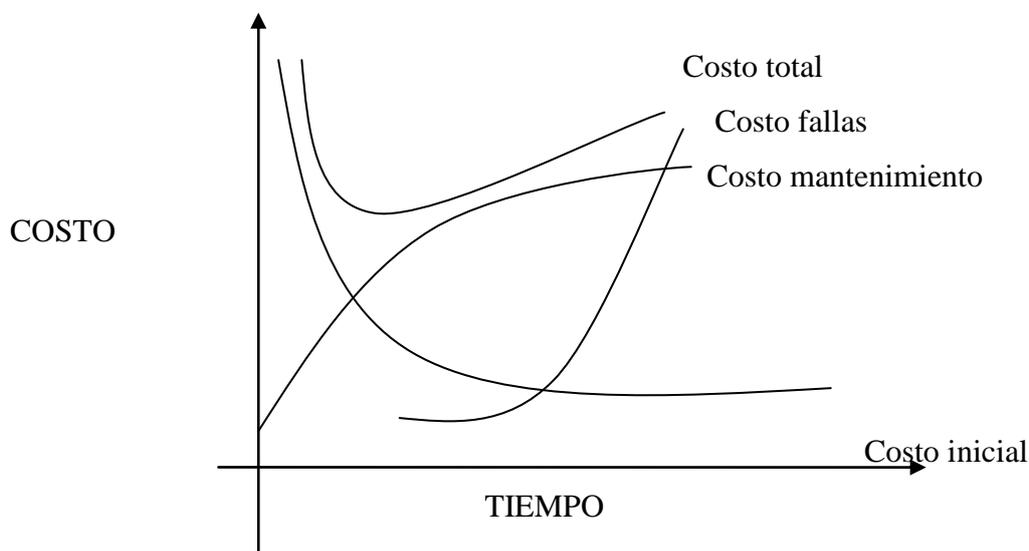
Desde el punto de vista de costo, estos tres factores dan a conocer que existe un costo total de servicio, el cual resulta:

- Costo inicial del equipo considerando su depreciación
- Costo de mantenimiento considerando su incremento, y
- Costo de falta de servicio.

La adquisición del equipo nuevo acarrea costos elevados, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compensa por ser los costos de mantenimiento bajos, pues la expectativa de falla es menor.

Conforme se envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumenta la frecuencia de falla y, como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. Un aumento de la frecuencia de falta de servicio por fallas, causa perdidas en el ingreso que origina la prestación del mismo, de tal manera que el costo total aumenta tanto, que hace prohibitivo el uso del equipo. A continuación se muestra la gráfica costo-tiempo:

Figura 1. Costos vrs. tiempo



Como se puede observar en la gráfica anterior, cuando la inversión inicial es alta, se ha adquirido equipo nuevo, los costos de mantenimiento son mínimos, pero al transcurrir el tiempo, la maquinaria envejece, desgastes de piezas, fatiga de materiales, óxido, corrosión, equipo obsoleto, etc. Hacen que el costo de mantenimiento y costo de fallas aumente, haciendo más elevado el costo total.

### 1.2.1. Fundamentos de mantenimiento preventivo

Un programa de mantenimiento preventivo tiene como objetivo el mantener constantemente en perfecto estado de funcionamiento la maquinaria, para lograr su máximo rendimiento y con un mínimo costo. Para lograr esto, hay dos factores que juegan un papel importante en la tarea de mantenimiento: calidad y costos.

Actualmente todas las empresas están poniendo en práctica métodos y sistemas que las lleven a obtener una máxima producción y minimizar costos. Sin embargo, muchas empresas tratan de lograr este objetivo únicamente en ciertas áreas y específicamente en procesos de producción, descuidando el mantenimiento de la maquinaria de producción, originándose así fuertes fugas de dinero por los excesivos paros forzosos del mismo.

La rentabilidad de una empresa no podrá ser óptima si se descuida la función de mantenimiento; de ahí su importancia.

Para lograr un rendimiento alto y costos mínimos, se comprenderá que es necesario controlar aspectos tales como:

- a) Las reparaciones de emergencia.
- b) El tiempo muerto en las máquinas paradas por desperfecto, el cual es cargado como costo de mantenimiento.
- c) Capacitación de los operadores.
- d) La mano de obra de reparaciones.
- e) El abastecimiento de repuestos.

Mediante un control eficiente de los factores enunciados antes y con una adecuada planeación y programación de los trabajos de mantenimiento, se puede obtener una buena disminución en los costos. Hay que tener en mente que el funcionamiento de una máquina hasta su destrucción es, en la mayoría de los casos, costoso.

## **1.2.2. Fundamentos de lubricación**

### **1.2.2.1. Lubricación**

Se conoce como lubricación a la interposición de sustancias oleosas o grasas (lubricantes) entre las superficies en contacto de piezas en movimiento relativo. Los

lubricantes, adhiriéndose fuertemente a las superficies, forman una capa o película delgadísima que reduce el rozamiento, limitando por consiguiente, la pérdida de energía mecánica y el desgaste de los materiales, facilitando el movimiento de las piezas. Aunque la presencia de la capa de lubricante elimina el rozamiento excesivo en el contacto metal contra metal, disminuyendo así el desgaste o posibilidad de agarrotamiento de las piezas; la lubricación también actúa como medio refrigerante ya que ayuda a la absorción de una parte del calor generado por la fricción de las piezas en movimiento.

Es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación, pues un alto porcentaje de fallas son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuando la localización de puntos que necesitan lubricante, período de aplicación, cambio y limpieza, tipo de lubricante, viscosidad de los mismos, etc. Con estos datos y de acuerdo a las condiciones de trabajo, se procede a la normalización de los lubricantes.

El disponer en una instalación industrial de todos los aceites y grasas recomendados por los fabricantes de los equipos, llevaría a tener una existencia muy grande y variada, por tanto, encarecimiento de operaciones y dificultad de adquisición.

#### **1.2.2.2. Viscosidad**

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de un lubricante. De hecho, buena parte de los sistemas de clasificación de los aceites están basados en esta propiedad.

La viscosidad se define como la resistencia de un líquido a fluir. Esta resistencia es provocada por las fuerzas de atracción entre las moléculas del líquido.

El esfuerzo necesario para hacer fluir el líquido (esfuerzo de desplazamiento) estará en función de esta resistencia. Los fluidos con alta viscosidad ofrecen cierta resistencia a fluir, mientras que los poco viscosos lo hacen con facilidad. La viscosidad se ve afectada por las condiciones ambientales, especialmente por la temperatura y la presión, y por la presencia de aditivos modificadores de la misma, que varían la composición y estructura del aceite.

La fricción entre moléculas genera calor; la cantidad de calor generado está en función de la viscosidad. Esto también afecta a la capacidad sellante del aceite y a su consumo. La viscosidad tiene que ver con la facilidad para ponerse en marcha de las máquinas, particularmente cuando operan en temperaturas bajas. El funcionamiento óptimo de una máquina depende en buena medida del uso del aceite con la viscosidad adecuada para la temperatura ambiente. Además es uno de los factores que afecta a la formación de la capa de lubricación.

Una baja en el nivel de viscosidad puede indicar contaminación con algún solvente o combustible o con un grado de viscosidad más bajo de otro aceite. Un incremento de viscosidad puede indicar oxidación del aceite o contaminación con aceite que tenga un grado de viscosidad más alto.

### **Índice de viscosidad**

La ASTM (*American Society for Testing and Materials* – Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) creó un método para proporcionar un número llamado el VI (*Viscosity Index* - índice de viscosidad). El VI se relaciona con la cantidad de cambio para un aceite dado comparado con dos aceites de referencia en un rango de 40 grados a 100 °C (104 a 202 °F).

En escala ASTM, la mayor parte de los aceites de motor tienen un VI de 90 o más, aunque no es raro que los aceites multigrado tengan un VI de cerca de 200, debido a los paquetes de aditivos que se usan en ellos.

### **1.2.2.3. Tipos de lubricación**

De acuerdo al tipo de lubricante que se aplique, ya sea aceite o grasa, se pueden mencionar los siguientes tipos de métodos.

#### **Lubricación hidrodinámica**

Mantener una capa de líquido intacta entre superficies que se mueven una respecto de la otra, se logra generalmente mediante el bombeo del aceite. Entre un cigüeñal y su asiento existe una capa de aceite que hace que el cigüeñal flote. El espesor de esta capa depende de un balance entre la entrada y la salida de aceite.

El espesor de equilibrio de la capa de aceite se puede alterar por:

- Incremento de la carga, que expulsa aceite.
- Incremento de la temperatura, que aumenta la pérdida de aceite.
- Cambio a un aceite de menor viscosidad, que también aumenta la pérdida de aceite.
- Reducción de la velocidad de bombeo, que disminuye el espesor de la capa.

La lubricación de un cigüeñal que rota dentro de su bancada es un ejemplo clásico de la teoría de la fricción hidrodinámica, como fue descrita por Osborne Reynolds en 1886. La teoría asume que bajo estas condiciones, la fricción ocurre solamente dentro de la capa fluída, y que es función de la viscosidad del fluído.

#### **Lubricación Elasto-hidrodinámica**

A medida que la presión o la carga se incrementan, la viscosidad del aceite también aumenta. Cuando el lubricante converge hacia la zona de contacto, las dos superficies se deforman elásticamente debido a la presión del lubricante. En la zona de contacto, la presión hidrodinámica desarrollada en el lubricante causa un incremento adicional en la viscosidad que es suficiente para separar las superficies en el borde de ataque del área de contacto. Debido a esta alta viscosidad y al corto

tiempo requerido para que el lubricante atraviese la zona de contacto, hacen que el aceite no pueda escapar, y las superficies permanecerán separadas.

La carga tiene un pequeño efecto en el espesor de la capa, debido a que a estas presiones, la capa de aceite es más rígida que las superficies metálicas. Por lo tanto, el efecto principal de un incremento en la carga es deformar las superficies metálicas e incrementar el área de contacto, antes que disminuir el espesor de la capa de lubricante.

### **Lubricación límite**

- La película de lubricante es tan fina que existe un contacto parcial metal-metal. La acción resultante no se explica por la hidrodinámica.
- Puede pasarse de lubricación hidrodinámica a límite por caída de la velocidad, aumento de la carga o disminución del caudal de aceite.
- En este tipo de lubricación (de película delgada, imperfecta o parcial) más que la viscosidad del lubricante es más importante la composición química.
- Al proyectar un cojinete hidrodinámico hay que tener en cuenta que en el arranque puede funcionar en condiciones de lubricación límite.

### **Lubricación hidrostática**

- Se obtiene introduciendo a presión el lubricante en la zona de carga para crear una película de lubricante.
- No es necesario el movimiento relativo entre las superficies.
- Se emplea en cojinetes lentos con grandes cargas.
- Puede emplearse aire o agua como lubricante.



## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE EQUIPOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

### **2.1. Descripción de línea de producción**

La planta de producción de Pastas La Moderna cuenta con líneas que fueron adquiridas originalmente por su anterior dueño, Pastas Capri. Sin embargo no han sido modificadas cada una de las máquinas en las respectivas líneas.

#### **2.1.1. Equipos que componen línea de producción**

Cada una de las cuatro líneas de producción, básicamente cumplen el mismo proceso. Las líneas de marca PAVAN, tienen dentro de su proceso, las siguientes fases:

Extrusión de la masa: se amasa la pasta, con el fin de lograr una consistencia uniforme.

Transporte por tornillo sin fin: la masa uniforme, se traslada mediante este tornillo, sin necesidad de adición de agua.

Moldeado del tipo de pasta: se realiza el moldeo, dependiendo el tipo de producto programado.

Cocimiento y control de calidad: ingresa a la fase de horneado, donde lleva el mayor tiempo, para darle la consistencia necesaria, cumpliendo con los estándares y parámetros de acuerdo al tipo de producto.

Seguidamente, se realiza el corte y/o separación de la presentación producida, luego el empaque para las diferentes presentaciones.

## **2.1.2. Sistemas de lubricación en cada equipo**

Marcas como Pavan, diseñan sus equipos con sistemas sencillos de lubricación con el fin de facilitar al operador el trabajo en esta área.

### **2.1.2.1. Tipos y características de lubricante utilizado en la lubricación**

La selección del lubricante para un equipo siempre debe estar basada en las recomendaciones del fabricante del mismo, para esto es necesario constar con el catalogo técnico, en donde deben aparecer además de la recomendación de viscosidad, las diferentes características físico-químicas del lubricante. Algunos fabricantes especifican nombres de aceite y esto puede facilitar la selección si en la región (o país) donde va a funcionar el equipo se comercializan dichos lubricantes, de lo contrario, es necesario hallar otros que sean equivalentes y de fácil consecución.

Cuando no se cuenta con las recomendaciones del fabricante del equipo, como en esta planta, la selección de la viscosidad del lubricante debe estar basada en las siguientes características:

- La velocidad.
- La carga.
- La temperatura.

Estos tres factores están relacionados entre sí y no se pueden considerar aisladamente el uno del otro.

### **2.1.2.2. Sistema de lubricación utilizado actualmente**

Las máquinas que componen cada línea de producción, siguen trabajando con su diseño original, es decir, los sistemas y puntos de lubricación que utilizan cada

uno de ellos no se ha alterado o modificado. Dentro de los diferentes sistemas que se utilizan en la planta, están:

- Lubricación manual.
- Lubricación por inmersión.
- Lubricación por graseras.
- Lubricación por goteo forzado.

### **2.1.2.3. Proveedor de cada lubricante para lubricación**

Es importante que en la industria a nivel general se mantenga de forma uniforme y constante el tipo de lubricante así como el proveedor del mismo. Si se trabaja con diferente proveedor, algunas características propias de los lubricantes varían y con ello alteramos la vida útil del elemento mecánico.

En la planta de producción, el proveedor es la empresa Shell, quien brinda los diferentes lubricantes utilizados, tales como grasas y aceites.

## **2.2. Descripción del programa de lubricación actual.**

Actualmente, la planta no cuenta con los manuales de mantenimiento originales para cada línea de producción, sin embargo la tarea de la lubricación se ha realizado de forma empírica. No existe un programa definido sobre el tiempo y la periodicidad en la realización de estas tareas.

## **2.3. Situación en que se brinda el mantenimiento actualmente.**

El departamento de mantenimiento tiene la función de dar el servicio a las cuatro líneas de producción, ya sea en tareas rutinarias, así como en servicios programados. Sin embargo, se mantiene la relación opuesta entre este departamento y el de producción, ya que se ve el mantenimiento como una actividad no necesaria, a menos que se de el caso de necesidad.

En la actualidad, dentro de la industria se brinda el mantenimiento en situaciones de extrema necesidad, más no así como un mantenimiento preventivo que ayuden a mejorar el nivel de producción. Esta situación ha llevado a intervenciones en momentos de paros no programados de producción para brindar el mantenimiento necesario; sin embargo se trabaja para que aquellas tareas fundamentales como lo son la lubricación se cumplan en su totalidad y con ello garantizar la disponibilidad de las máquinas.

#### **2.4. Fallas más comunes de los equipos.**

Los equipos que componen cada línea de producción, están expuestos a las condiciones que presenta el ambiente de trabajo como lo son temperaturas altas, harina en el ambiente. Esto lleva a que muchos elementos mecánicos no cumplan con el período de vida del mismo.

Dentro de las fallas más comunes que se presentan en las líneas de producción son:

- Calentamiento de equipos.
- Rotura de cadenas.
- Rotura de fajas.

Estas tres fallas, se presentan en mayor número de ocasiones durante la producción, las cuales son originadas por la falta de mantenimiento adecuado y en el tiempo necesario, por ejemplo, en el calentamiento de equipos, se localizan cojinetes sin lubricación. En la rotura de cadenas, se encuentran éstas con exceso de suciedad y escasez de lubricante.

### 2.4.1. Clasificación de fallas

Las fallas localizadas en los diferentes equipos, son clasificadas de acuerdo a su naturaleza.

- Falla por fabricación.
- Falla por operación.
- Falla por mantenimiento.

Figura 2. Falla por mantenimiento



Cada una de las fallas clasificadas, son entregadas al departamento de mantenimiento, para que éste tome las acciones correctivas necesarias y con esto se evite la interrupción de la producción.

### 2.4.2. Reporte actual de repuestos más utilizados.

Un reporte preciso sobre los repuestos con mayor demanda interna, no se cuenta, sin embargo por consulta a operadores se pueden mencionar repuestos básicos y de necesidad en los momentos de realizar mantenimiento correctivo.

- Cojinetes
- Retenedores
- Eslabones de cadenas
- Fajas
- Empaques
- Chumaceras
- Ventiladores



### **3. DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO Y EL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN**

Antes de cumplir con un programa de lubricación por parte del departamento de mantenimiento, y lograr resultados satisfactorios, se debe tener cuidado especial en actividades esenciales como el manejo de los aceites y grasas lubricantes dentro de las instalaciones de la planta, debido a que a estos pueden sucederle muchas cosas que afecten, su calidad y valor lubricante debido al manejo incorrecto de los mismos. Es necesario instruir tanto al personal de mantenimiento como operativo en el manejo adecuado de los lubricantes en cada una de las líneas de producción antes de realizar la lubricación correspondiente.

#### **3.1. Almacenamiento y manejo de lubricantes**

El almacenamiento de cualquier producto que sirva para la lubricación de un determinado mecanismo es de primordial importancia. Existen dos formas de almacenamiento: A la intemperie y bajo techo.

##### **Almacenamiento a la intemperie.**

Este tipo de almacenamiento debe evitarse en lo posible, porque puede traer como consecuencia que el lubricante se contamine con agua (transpiración del recipiente) o que las marcas y especificaciones del producto se borren, dando lugar a problemas futuros en la aplicación. El almacenamiento prolongado a la intemperie, eventualmente puede ocasionar fugas y pérdidas del producto. De no haber otra alternativa, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Almacenamiento en posición horizontal. El agua es la sustancia que mas afecta la vida del aceite, excepto en aquellos casos en los cuales ha sido formulada para trabajar como una emulsión (aceite de corte). Este contaminante puede penetrar hasta el aceite cuando el recipiente se deja en posición vertical. Debido a los

cambios de temperatura entre el día y la noche, el tonel se dilata y se contrae respectivamente, haciendo que el volumen de aire que hay dentro de ella se caliente y se enfríe, lo cual origina una acción de bombeo sobre la humedad que se concentra en la tapa y en el tapón. Para evitar que la humedad penetre, los toneles de aceite se deben almacenar en posición horizontal y de forma tal que el aceite, en la parte inferior, cubra completamente la tapa y el tapón, ejerciendo de esta manera una contrapresión que impide la entrada de cualquier cantidad de humedad. Cuando sea impredecible dejar a la intemperie los toneles en posición vertical (por razones de espacio), se deben colocar con la tapa y el tapón hacia abajo, de tal forma que el fondo del tonel quede hacia arriba. Si están colocados sobre estibas, los cuatro toneles se pueden arrumar unos sobre otros, formando columnas de máximo cuatro estibas cada una. En el caso de toneles con aceite en uso, y que no se cuente con la facilidad de dejarlos en posición horizontal, es aconsejable colocarlos inclinados para que en caso de acumulación de agua, la tapa y el tapón no vayan a quedar sumergidos bajo ella.

### **Almacenamiento bajo techo:**

Es esta la forma de almacenamiento que siempre se debe emplear, porque impide que los contaminantes presentes en el medio ambiente, como polvo, agua, arena etc., dejen inservible el lubricante. Se conoce como bodega de lubricantes, y debe cumplir con ciertas normas mínimas, cómo: tener luz natural, piso de cemento (como mínimo), estar proyectado para colocarle calefacción en épocas de invierno, tener buena ventilación; se debe asear con mucha frecuencia, estar pintado con un color claro (blanco o crema), Las puertas de acceso deben ser lo suficientemente grandes para poder movilizar los tambores sin dificultad y sus dimensiones deben ser adecuadas para poder almacenar los lubricantes por tipos y en la forma correcta.

La bodega de los lubricantes debe guardar relación lógica con la importancia del establecimiento. Una planta pequeña se bastará con una sola bodega, que a veces

puede ser simple sección de los almacenes. Si la planta es muy grande, podrá requerir varias bodegas distribuidoras estratégicamente.

### **Manipulación de los lubricantes**

El manejo incorrecto de los toneles y recipientes donde vienen los lubricantes trae como consecuencia que las uniones metálicas se deformen o se rompan, causando derrame de aceite o de grasa, con pérdidas considerables de los mismos. Un tonel de 55 galones, lleno de grasa o de aceite pesa aproximadamente 450 libras, por lo tanto de ningún modo debe ser manipulado por una sola persona, sin alguna ayuda mecánica adicional.

Se debe evitar transportar un tonel de aceite, haciéndolo rodar por el piso y mucho menos, arrastrándolo porque su estructura se debilita y se puede romper, igualmente las marcas que identifican su contenido se pueden borrar total o parcialmente, conduciendo a errores en su aplicación. Para transportar un tonel se debe utilizar un montacargas o una carretilla de mano.

Para el vaciado de lubricantes en cubetas para luego aplicarlos a un equipo, se debe tener en cuenta que:

- La cubeta no posea óxidos o algún otro agente contaminante.
- La cubeta este en buen estado y no posea grietas en las cuales se pueda fugar el aceite.
- La cubeta no posea algún residuo de otro lubricante que se haya transportado en ella. Es por esto, que se recomienda que los envases donde se transportan los lubricantes, deben de marcarse de tal forma que exista un envase para transportar cada uno los diferentes lubricantes.

### **3.2. Descripción para personal operador sobre elementos mecánicos de equipos**

Cada operador de turno en la línea de producción, debe de velar por un cuidado y cumplimiento de las tareas de mantenimiento, dentro de las cuales resalta la lubricación a la maquinaria. Por lo tanto, se debe tener el conocimiento sobre los elementos mecánicos que accionan la maquinaria.

#### **3.2.1. Cojinetes**

Las expresiones cojinete de rodamiento y cojinete antifricción se emplean para describir aquellos cojinetes en los que la carga principal se transmite a través de elementos que están en contacto de rodadura y no en contacto de deslizamiento. En un cojinete de rodamiento, la fricción inicial es aproximadamente igual al doble de la que hay a la velocidad de funcionamiento y, por lo tanto, es despreciable en comparación con el rozamiento inicial de un cojinete de casquillo o de manguito. La carga, la velocidad y la viscosidad de trabajo del lubricante afectan las características relacionadas con el rozamiento de un cojinete con contacto de rodamiento.

##### **3.2.1.1. Tipos de cojinetes**

Los cojinetes se fabrican para soportar cargas puramente radiales, cargas de empuje puro o una combinación de ambas.

Figura 3. Tipos de cojinetes



### **Cojinetes de bolas de canal profundo (conrad)**

Son del tipo más común de cojinetes de elementos rodantes. Tienen una hilera sencilla de bolas sostenidas en su lugar por una jaula, usualmente hecha de acero que rota dentro de los dos anillos con pistas pulidas. El diseño de estos cojinetes permite cargas axiales y radiales, mientras que operan a altas velocidades. Estos cojinetes a menudo vienen con sellos de caucho o escudos metálicos para proteger el interior del cojinete de contaminación en su aplicación.

### **Cojinetes de bolas de doble hilera**

Tienen dos hileras de bolas dentro de dos anillos de rodamientos. Este es un montaje espalda con espalda de dos rodamientos de bolas de contacto angular de hilera sencilla, pero sus anillos internos y externos están integrados en uno. Este diseño permite mayores cargas axiales en cualquier dirección y una capacidad de carga radial significativa. Algunos de estos cojinetes vienen diseñados con sellos de caucho o escudos metálicos.

### **Cojinetes de bolas de alineación propia**

Tienen un anillo interno con dos pistas. El anillo externo tiene una pista esférica y su centro coincide con el del rodamiento. Por esta razón, el eje del anillo interno, las bolas y la jaula pueden tener deflexión acerca el centro del cojinete. Como un resultado, las pequeñas desalineaciones angulares del eje, en relación con el alojamiento del rodamiento, pueden ser acomodadas. Este tipo de cojinete, con diámetro interno cónico es a menudo montado utilizando un manguito.

## **Cojinetes de rodillos cilíndricos**

Tienen altas capacidades radiales de carga. Los elementos rodantes permanecen en contacto lineal con las pistas de los rodamientos y son precisamente coronados para disminuir la carga en las puntas debidas a desalineación de los ejes.

Un cojinete de rodillos cilíndricos en el que cualquiera de sus dos anillos, bien sea el externo o el interno, no tenga pestañas, puede ser utilizado tanto como cojinete de la punta libre o cojinete flotante porque sus anillos están libres de moverse en dirección axial, en relación con cada cual. Si uno cualquiera de los anillos internos o externos tiene dos pestañas y el otro anillo tiene una pestaña, el rodamiento puede soportar cierta cantidad de carga axial en una dirección. Los cojinetes de rodillos cilíndricos de doble hilera tienen alta rigidez radial y son utilizados primordialmente por máquinas herramientas de precisión.

## **Cojinetes de rodillos cónicos**

Pueden soportar cargas tanto radiales como de empuje en una dirección. Utilizan elementos rodantes cónicos los cuales son guiados por pestañas en el anillo interno del rodamiento. Los rodillos del cojinete están precisamente coronados cerca de cada punta para minimizar cargas en las puntas.

Como fuerza axial es generada en estos cojinetes cuando se aplica una carga radial a estos rodamientos, se genera una fuerza axial interna. Por esta razón están montados en pares, cara a cara, como los cojinetes sencillos de bolas de contacto angular. Cuando este es el caso, el preciso juego interno puede ser obtenido ajustando la distancia axial entre los anillos internos o los anillos externos de los dos rodamientos opuestos.

Como estos son separables, los anillos internos y externos pueden ser montados independientemente.

Los cojinetes de rodillos cónicos están divididos en tres tipos: Normal, ángulo medio y ángulo agudo, dependiendo del grado ángulo de contacto. Asimismo vienen diseñados de hilera doble de rodillos cónicos.

### **Cojinetes de rodillos esféricos**

Están capacitados para manejar cargas tanto radiales como axiales en ambas direcciones y tienen una excelente capacidad de soportar carga radial. La línea de contacto entre los rodillos de forma de barril y la pista del anillo externo, es un arco circular centrado sobre el eje del rodamiento. La pista del anillo externo es esférica haciéndolo de esta manera de alineación propia. Tienen dos pistas internas y dos hileras de rodillos.

Los cojinetes de rodillos esféricos con diámetros internos cónicos pueden ser montados directamente sobre los ejes cónicos o sobre ejes cilíndricos usando un manguito (adaptador) o manguito de desmontaje. Los cojinetes de rodillos esféricos son diseñados con jaulas de acero prensado, latón maquinado o jaulas de poliamida moldeadas.

### **Cojinetes dúplex**

Es un par de cojinetes radiales combinados en varias disposiciones. Es a menudo una combinación de cojinetes de bolas de contacto angular o de cojinetes de rodillos cónicos. También puede ser una combinación colocada cara a cara (tipo DF) o espalda con espalda (tipo DB) o en tándem (tipo DT). Los tipos DF y DB están capacitados para manejar cargas tanto radiales como axiales en cualquier dirección. Pueden ser modificados para acomodar una variedad de requerimientos de precarga.

### **Cojinetes de bolas de empuje de dirección sencilla y dirección doble**

Este tipo de cojinete, está compuesto de anillos rodantes con forma de arandela con canales como pistas para las pistas de las bolas. El anillo fijo al eje es llamado anillo interno o arandela fija y el anillo fijo al alojamiento es llamado anillo externo o arandela libre. Los cojinetes de empuje en ambas direcciones tienen tres anillos, con el del centro fijo al eje.

Cojinetes de bolas de empuje de una sola dirección pueden soportar cargas axiales en una dirección; los de doble dirección, en dos. Hay también cojinetes de empuje de bolas con una arandela de alineación por debajo del anillo externo para compensar por desalineaciones del eje o por errores de montaje.

### **Cojinetes de empuje de rodillos esféricos**

Tienen una pista esférica en el anillo externo con los rodillos posicionados diagonalmente en una hilera sencilla. Como la pista en el anillo externo es esférica, estos cojinetes son de alineación propia.

Este tipo de cojinetes, tienen una capacidad de carga axial muy grande y están capacitados para asumir moderadas cargas radiales, cuando una carga axial es impuesta. Estos cojinetes están capacitados para velocidades bajas y requieren aceite como lubricante. Están ensamblados en jaulas de acero prensado o en jaulas de latón maquinado.

#### **3.2.1.2. Tipos de lubricación en cojinetes**

La lubricación es necesaria para disminuir la fricción y el desgaste dentro del rodamiento. Una lubricación apropiada y sus procedimientos permitirán al rodamiento alcanzar la vida esperada.

Primariamente, la lubricación cumple los siguientes propósitos:

- ✓ Reduce fricción y desgaste: El contacto metálico directo entre los anillos de los rodamientos, elementos rodantes y jaula se previene con una capa de aceite la cual reduce la fricción y el calor en las áreas de contacto.
- ✓ Vida extendida del rodamiento: La fatiga rodante del rodamiento depende en una gran parte de la viscosidad y el espesor de la película de lubricación. Una película de lubricación gruesa prolonga la vida de fatiga del rodamiento.
- ✓ Enfriamiento: Aceite circulante puede ser usado para dispersar calor del rodamiento, un sistema circulante es normalmente utilizado cuando excesivo calor se genera por el rodamiento debido a altas velocidades, altas cargas, o cuando una fuente de calor adyacente al rodamiento puede afectar su operación. Los aceites se deterioran a altas temperaturas; por lo tanto es importante mantener tanto el aceite como el rodamiento a temperatura normal.

Además, una lubricación apropiada también previene que materias extrañas entren al rodamiento y protegerlo contra corrosión u oxidación.

### **Lubricación de grasa**

La cantidad de grasa a ser empacada en un alojamiento depende del diseño del alojamiento, velocidad rotatoria de los rodamientos, características de la grasa seleccionada y condiciones de temperatura del medio ambiente. Estos factores son críticos para un desempeño satisfactorio.

En aplicaciones donde la velocidad de operación no excede en la mitad de la velocidad limitante de un rodamiento, el rodamiento debe ser empacado a la mitad o dos terceras partes lleno. Si la velocidad del rodamiento excede la mitad de la velocidad limitante, la cantidad de grasa debe ser reducida a una tercera o la mitad

llena y engrase periódico programado. Cuando las condiciones de operación no son severas, el empaque original de grasa debe durar un largo tiempo sin necesidad de rellenar. Si las condiciones de operación son severas se deben reengrasar periódicamente. Se debe tener cuidado especial para evitar excesivo engrase porque esto puede causar sobrecalentamiento de los rodamientos.

### **Lubricación manual**

Este método, es quizá el de uso más común, consiste en aplicar el lubricante por medio de una engrasadora al equipo. Es utilizado en las tareas de la lubricación de chumaceras, en las cuales se cuenta con la grasería expuesta al ambiente, por la cual se conecta el recipiente (engrasadora) para realizar su función.

### **Lubricación por aceite:**

Cuando la velocidad de operación excede la velocidad limitante por grasa mostrada para el rodamiento, lubricación por aceite debe ser utilizada.

### **Lubricación por baño de aceite:**

Es un método común utilizado donde los rodamientos operan por debajo de la velocidad limitante listada para aceite. El nivel de aceite estático debe ser ajustado al centro del elemento rodante más bajo. Un método de calibración visual de aceite debe ser incluido en el sistema para asegurar que el nivel apropiado de aceite sea fácilmente monitoreado.

### **Lubricación por goteo:**

Es a menudo utilizada para rodamientos pequeños operados a velocidades relativamente altas. La frecuencia de goteo de aceite se controla por una válvula de tornillo localizada en la parte alta de la taza de aceite.

### **Lubricación por salpique:**

En este método de lubricación, el aceite es salpicado sobre los rodamientos por los piñones o por un disco rotatorio simple. Este método es comúnmente utilizado en transmisiones de automóviles, diferenciales y cajas de cambios.

### **Sistema circulante:**

Es comúnmente utilizada para operaciones de alta velocidad y para rodamientos usados a altas temperaturas.

El aceite de una tubería de alimentación circula a través del rodamiento y sale a un depósito externo. Después de enfriado en el depósito regresa al rodamiento a través de una bomba y filtro en un sistema circulante, la salida de aceite debe ser de un diámetro mayor que la tubería de alimentación de manera que una cantidad excesiva de aceite no permanezca en el alojamiento.

### **Lubricación tipo jet:**

Es a menudo utilizada para rodamientos de velocidad ultra-alta, tales como los rodamientos en los motores jet y en los husillos de las máquinas herramientas. En este método el aceite lubricante es pulverizado bajo presión de una o más boquillas directamente sobre los elementos rodantes del rodamiento.

### **Lubricación por aspersión de aceite:**

También llamada lubricación por niebla de aceite, utiliza aire para atomizar el aceite y llevarlo hacia el cojinete. Este método es utilizado en cojinetes de ultra-alta

velocidad en husillos de máquinas herramientas, bombas rotatorias de alta velocidad y rollos laminadores de plantas laminadoras.

### **Sistemas de lubricación aire/aceite:**

En este sistema, una pequeña cantidad de aceite es periódicamente inyectada al chorro de aire el cual lo lleva al cojinete. Este sistema es utilizado cuando es necesario controlar precisamente la cantidad de aceite que entra al rodamiento para regular al temperatura de operación del rodamiento.

## **3.2.2. Engranajes**

Es una rueda dentada que cuando se acopla con otra rueda dentada de diámetro más pequeño, transmitirá rotación de un eje a otro. La función principal de un engranaje es transferir potencia de un eje a otro, manteniendo una razón definida entre las velocidades rotacionales de los ejes. Los dientes de un engranaje impulsor empujan los dientes del engranaje impulsado, ejerciendo una componente de la fuerza perpendicular al radio del engranaje. De esta forma se transmite un par de torsión y como el engranaje gira, se transmite potencia. De esta forma se transmite un par de torsión y como el engranaje gira, se transmite potencia.

### **3.2.2.1. Tipos de engranajes**

Engranajes cilíndricos:

Son el tipo de engranaje más simple y de uso común. Estos, conectan ejes paralelos y que se cruzan, pueden transferir grandes cantidades de potencia con alta eficiencia. Los hay de los siguientes tipos:

- Rectos exteriores o rectos.
- Rectos interiores.

- Helicoidales.
- Doble helicoidales.

Engranajes cónicos:

Su construcción aunque más compleja, acarrea ventajas con respecto a los de tipo cilíndrico. Se utilizan en transmisiones entre ejes que se cortan y que se cruzan.

Dentro de este tipo, se tienen lo siguientes:

- Cónicos rectos.
- Cónico-helicoidal.
- Cónico-espiral.
- Cónico-hipoide.

Tornillo sin fin:

Permiten la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares. Generalmente son de forma cilíndrica, se consideran derivados de los helicoidales para ejes cruzados, siendo el tornillo una rueda helicoidal de un solo diente o de varios. La rueda puede ser helicoidal simple o especial, en la que la superficie exterior y la de fondo del diente son concéntricas con las cilíndricas del tornillo. Generalmente forman un ángulo de ejes de  $90^\circ$ . Dentro de este tipo, se tienen los siguientes 3 tipos:

- Tornillo sin fin y corona cilíndricos.
- Tornillo sin fin y corona de dientes cóncavos.
- Tornillo sin fin y corona globoidal.

### **3.2.2.2. Materiales para engranajes**

Los engranajes se hacen de una gran variedad de materiales, por ejemplo, hierro gris, hierro fundido aleado; acero fundido, laminado y forjado; latón; bronce; y tela impregnada. El hierro fundido tiene buenas propiedades de desgaste pero es débil en flexión, lo que necesita del uso de dientes relativamente grandes. Los aceros al bajo carbono no endurecidos y de fácil maquinización pueden usarse para

engranajes, pero son adecuados sólo en aplicaciones que requieren intensidad moderada y resistencia al impacto.

Una resistencia superior y una dureza superficial pueden obtenerse sólo por medio de un tratamiento térmico. Los procesos principales de producción para tratamiento térmico son los siguientes:

### **Endurecimiento total**

Con un contenido de carbono suficientemente alto, 0.35 a 0.50%, el engranaje, después de cortado, es templado y estirado a temperaturas adecuadas para obtener las propiedades físicas deseadas. Los aceros al carbono ordinarios, como el 1040, el 1050 y el de fácil maquinado 1137, no se endurecen profundamente y están sometidos a distorsión durante el templado. Los aceros aleados 4140 y 4340 se endurecen completamente y retienen su forma mejor cuando son tratados térmicamente. La mayor resistencia y dureza de la superficie y el núcleo de materiales tratados térmicamente van acompañadas de una pérdida de ductilidad.

### **Carbocementación:**

En este proceso, las partes son empacadas en un compuesto rico en carbono y mantenidas por largo tiempo al rojo en un horno. El carbono es absorbido por las capas superficiales que se vuelven muy duras después del templado y revenido. El núcleo es también reforzado pero el engranaje requiere un manejo cuidadoso para prevenir la distorsión. Los aceros aleados de bajo contenido de carbono como el 4620 y el 4320 son ampliamente usados para la carbocementación.

### **Nitruración**

En superficies extremadamente duras y para la resistencia al desgaste puede usarse el proceso de nitruración. Después del tratamiento térmico, el engranaje se mantiene durante un extenso período a una temperatura de entre 850 y 1000°C en presencia de gas amoníaco. Nitruros complejos se forman sobre las superficies. Los

engranajes nitrurados pueden ser operados a temperaturas más altas que los engranajes carbocementados. Tanto la carbocementación como la nitruración dejan la superficie en un estado de esfuerzo de compresión, que es benéfico bajo los esfuerzos de fatiga que ocurren en los engranajes.

### **Inducción y temple por flameo:**

En este proceso, el engranaje es rápidamente calentado por una bobina de inducción y luego es templado en aceite. También se usa el calentamiento de dientes por flama oxiacetilénica. El templado se hace por rociadura de agua o por chorro de aire. El acero debe tener suficiente contenido de carbono para que se endurezca al templearlo. El SAE 4140 es el más barato pero el 4340 dará mayor dureza.

### **3.2.2.3. Desgaste y fallas en dientes de engranajes**

El desgaste en los engranajes, es la remoción de material por la acción abrasiva de las impurezas presentes en el lubricante. El mismo incluye también el desgaste adhesivo resultante de soldaduras localizadas que provoca arrancamiento y transferencia de partículas provenientes de los engranajes.

#### **Desgaste normal**

Comienza temprano en la vida de un engranaje y la textura de la superficie de los dientes toma luego un aspecto liso y a menudo brillante.

#### **Pulido:**

Es un proceso muy lento de desgaste en el cual las asperezas de las superficies de contacto son progresivamente pulidas hasta desarrollar bellas superficies lisas y brillantes. Si los aditivos de extrema presión en el lubricante son

demasiado reactivos químicamente, pueden causar pulido de las superficies de los dientes del engranaje, hasta que alcancen una terminación tipo pulido espejo. Aunque los engranajes pulidos pueden parecer bueno, el desgaste por pulido es no deseable dado que generalmente reduce la precisión del engranaje mediante desgaste de los perfiles de los dientes más allá de las formas ideales.

### **Desgaste abrasivo:**

Se manifiesta por la remoción de material provocada por la presencia de partículas duras (residuos metálicos, escorias, herrumbre, arena, polvo abrasivo o similar) en suspensión en el lubricante o incrustadas en los flancos de los dientes en contacto.

El desgaste abrasivo en los dientes, es usualmente causado por contaminación del lubricante mediante partículas duras y filosas. La contaminación puede ingresar a una caja de ruedas dentadas durante la construcción, por generación interna o por ingestión a través de los respiradores y sellos, o inadvertidamente agregada durante el mantenimiento.

#### **3.2.2.4. Lubricación en diferentes tipos de engranajes**

Son parcialmente formulados con compuesto de azufre-plomo, les permite soportar sobrecargas, choques y toda condición extrema que un aceite común no llega a cubrir, y éste es evaluado a través de la prueba Timken, en el cual éstos superan las 40 libras de carga.

Al contrario de los otros lubricantes de extrema presión, los lubricantes para engranajes no son corrosivos para el bronce y sus aleaciones, sino que brindan protección adicional a las piezas en servicio.

Para aprovechar al máximo sus propiedades y brindar un servicio prolongado se recomienda no exceder la temperatura de trabajo de 75°C. Si así fuera, se hace necesario, el cambio a intervalos más frecuentes. Satisfacen los grados GL-2 y GL-3 de la clasificación API para aceites de engranajes.

### **Lubricantes para engranajes expuestos**

Son lubricantes económicos elaborados con bases residuales, reforzados con aditivos de extrema presión y lubricantes sólidos en suspensión. Se usan en la industria minera, azucarera y metalúrgica, para la lubricación de cables, engranajes abiertos y mecanismos expuestos a la intemperie.

### **3.2.3. Cadenas**

#### **3.2.3.1. Descripción y funcionamiento de cadenas**

Las transmisiones por cadenas se emplean fundamentalmente, en accionamientos con árboles dispuestos a mayor distancia entre centros que los engranajes de ruedas cilíndricas con ejes paralelos. Para relaciones de transmisión hasta seis, aunque pudieran emplearse como máximo hasta diez, tienen una eficiencia del 97-98 % y en su funcionamiento no se manifiesta el deslizamiento. Su duración es menor que la de los engranajes, debido al desgaste en las articulaciones de las cadenas, lo que también impone regímenes de lubricación específicos según la velocidad lineal de trabajo de la cadena. Comparando las transmisiones por cadenas de rodillos con las transmisiones por engranajes cilíndricos, el costo de inversión inicial es aproximadamente el 85% de de estos últimos.

Figura 4. Transmisión por cadena



La transmisión de potencia entre la cadena y la rueda se efectúa por un acoplamiento de forma y de fuerza entre los dientes de las ruedas (sprockets) y los eslabones de la cadena. Esta, es adapta a la rueda en forma de polígono, esto produce pequeñas fluctuaciones en el brazo de la fuerza periférica y por consiguiente, también en la velocidad de la cadena y en la fuerza de la misma, llamado efecto de polígono.

### **3.2.3.2. Tipos de lubricantes**

En el mercado, existe una variedad de lubricantes de diferentes marcas, las cuales cubren las mismas necesidades, cumpliendo la función principal de evitar un desgaste entre eslabones, además de mantenerlas libres de suciedad bajo las condiciones de trabajo requeridas.

Los factores principales a tomar en consideración para la selección del lubricante son: Velocidad de trabajo y cargas de impacto.

## **4. PROGRAMA DE LUBRICACIÓN A EQUIPOS UTILIZADOS EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

### **4.1. Descripción de equipo y elementos mecánicos necesarios a lubricar**

En la planta de producción, cada línea cuenta con diferente maquinaria, la cual está conformada por diferentes elementos mecánicos. Dichos elementos necesitan de la vital tarea de lubricación, esto con el fin de asegurar el buen funcionamiento de las máquinas, prolongar la vida útil de la misma y aumentar su disponibilidad.

Los elementos que conforman toda una línea de producción son:

- Cajas reductoras.
- Bombas de vacío
- Chumaceras.
- Trenes de engranajes.
- Cadenas de transmisión.
- Transmisiones por poleas.

### **4.2. Importancia del elemento mecánico dentro del equipo**

El objetivo principal del departamento de mantenimiento es mantener las diferentes máquinas con una disponibilidad alta. Es importante reducir los paros de línea, debido a fallas por falta de lubricación en las máquinas, además de asegurar la disponibilidad de los lubricantes necesarios para uso en planta.

Es difícil que las partes de los mecanismos que están sujetas a lubricación se mantengan limpias. La atmósfera casi siempre contiene polvo, y, en algunas industrias o equipos, la cantidad de polvo o suciedad constituye un grave problema.

En este caso se hallan, por ejemplo, los cojinetes descubiertos utilizados en las minas, las maquinarias de construcción los equipos de transporte de materiales, etc.

Las partículas muy pequeñas de polvo pueden pasar a veces por el espacio libre de las piezas sin producir inconvenientes, pero la gran mayoría de las partículas de polvo son bastante grandes como para poder originar un desgaste rápido en los mecanismos. El polvo y la suciedad contribuyen en gran parte a la formación de emulsión (masa negra y aceitosa), la cual trae consigo el deterioro de las características de los lubricantes y de las piezas mismas. Generalmente, el agua y el lubricante no se mezclan, pero las pequeñas partículas contaminantes actúan a veces como promovedores del emulsionamiento, dando como resultado la formación de la masa aceitosa.

Para cuidar que el polvo atmosférico origine estos problemas, los mecanismos deben ser protegidos en todo lo posible, a la vez, se puede recurrir a métodos específicos de lubricación los cuales permiten usar por más tiempo un mismo lubricante; pero esto no es lo suficiente para estar seguro de que se está usando un lubricante con las características originales debido a que también se encuentra sometido a efectos de temperatura, humedad, velocidad, carga, etc., los cuales también contribuyen en el deterioro de los lubricantes.

No todos los contaminantes sólidos provienen de la atmósfera. También integran esta categoría las partículas metálicas provenientes del desgaste de las piezas, la arena de fundición que ha quedado en las piezas, etc. La misma aplicación de aceite o grasa puede originar la contaminación, si los aplicadores o el lubricante mismo están sucios. En algunos equipos, es repetidamente utilizado. Si no se remueve a tiempo, o si es sometido a altas temperaturas o a la acción de ciertos factores externos, el lubricante se oxidará. Si esta oxidación alcanza un grado extremo pueden formarse materiales ácidos, sustancias semejantes o barnices o gomas.

La mejor forma de evitar el deterioro del equipo o mecanismos por causa de los efectos anteriormente descritos es seguir un plan regular de cambio de lubricante.

### **Equipos de engrase**

Los equipos pueden consistir en aceiteras de mano, pistolas de engrase, carritos de engrase, bombas, herramientas, recipientes, mangueras, trapos y demás cosas que deben guardarse en el recinto destinado exclusivamente, a este uso específico, por personas encargadas de ello.

Algunos de estos equipos requieren considerable espacio, tanto para su guarda como para su fácil comportamiento durante el uso. Ninguna herramienta o equipo debe dejarse abandonado en el lugar en que se ha usado por última vez. Lo mismo sucede con los lubricantes, ya que, pueden contaminarse o perderse. Su reintegro al recinto de lubricantes permitirá al personal controlar la limpieza de aquellos y el estado de éstos.

Cuando más de un engrasador deba operar en un mismo recinto debe proveerse a cada uno de un área independiente como así también armarios dónde mantener bajo su propia responsabilidad los elementos de trabajo.

Estos espacios y armarios, que pueden tener llave o no, ayudan a mantener los equipos en mejores condiciones y disminuyen el grado de responsabilidad entre los operadores.

## **4.3. Programación de lubricación de los elementos mecánicos**

### **4.3.1. Cajas reductoras**

Los reductores o motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes. Al emplear reductores o motorreductores se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asincrónico tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz. Para proteger eléctricamente el motor es indispensable colocar en la instalación de todo motorreductor, un guarda motor que limite la intensidad y un relé térmico de sobrecarga. Los valores de las corrientes nominales están grabados en las placas de identificación del motor. Normalmente los motores empleados responden a la clase de protección IP-44 (Según DIN 40050).

Figura 5. Motorreductor



#### **4.3.1.1. Elementos mecánicos a lubricar**

Los componentes principales de funcionamiento de una caja reductora y los cuales deben ser lubricados en el período establecido son:

Engranajes y cojinetes.

En la carcasa se encuentran los tapones de llenado, nivel y drenaje de aceite. El de llenado posee un orificio de ventilación el cual debe permanecer limpio. Los reductores tienen una placa de identificación, en la cual se describe el tipo de lubricante a utilizar en condiciones normales de trabajo.

#### **4.3.1.2. Tipo de lubricante**

El reductor lleva tapones de llenado y ventilación, nivel y vaciado. En la placa de identificación del reductor se encuentra el tipo de aceite apropiado. El aceite a usar debe tener las siguientes características:

- Gravedad Específica 0.903
- Viscosidad SSU A 100 grados F 710/790
- Viscosidad CST A 40 grados C 135/150
- Clasificación ISO V G 150

El aceite a usar debe contener aditivos de extrema presión del tipo azufre-fósforo, los cuales le dan características antidesgaste de reducción a la fricción, disminuyendo así la elevación de temperatura en los engranajes. Adicionalmente aditivos contra la formación de herrumbre y la corrosión, así como agentes especiales para aumentar la estabilidad a la oxidación y resistencia a la formación de espuma. Bajo condiciones extremas de temperatura o humedad deben emplearse aceites adecuados.

#### **4.3.1.3. Período de lubricación**

La frecuencia de lubricación varía con la clase y la cantidad de grasa utilizada, como también, con las condiciones de operación. Por lo tanto, es difícil establecer una regla general; pero, bajo condiciones ordinarias de operación, es deseable que la grasa sea reabastecida antes de que transcurra un tercio (1/3) de su vida calculada. Se necesita, sin embargo, considerar factores tales como el endurecimiento de la grasa en el agujero de relubricación, impidiendo el reabastecimiento; el deterioro de la grasa, mientras la operación de la máquina está suspendida y así sucesivamente.

#### **4.3.1.4. Período de cambio de lubricante**

Los motorreductores, por su variedad de marcas pueden variar las recomendaciones en el período del cambio del lubricante, sin embargo es importante considerar lo siguiente:

El tamaño del motorreductor y tiempo de trabajo en jornadas completas.  
Con ello, el promedio de esta tarea es de 2 años.

#### **4.3.1.5. Modo de aplicación de lubricante**

A los engranajes se les aplica el lubricante de forma directa, mediante su sistema de salpique de aceite. Los cojinetes traen la grasa lubricante de fábrica que o puede ser sustituida ni relubricada.

### **4.3.2. Chumaceras**

Es una combinación de un cojinete radial de bolas, sello, y un alojamiento de hierro colado de alto grado ó de acero prensado, suministrado de varias formas.

La superficie exterior del rodamiento y la superficie interior del alojamiento son esféricas, para que la unidad sea auto-alineable. Tal es la construcción interna del rodamiento de bolas utilizado en la unidad, que se utilizan bolas de acero y retenedores del mismo tipo que los rodamientos rígidos de bolas. Se provee en ambos lados del rodamiento, un sello doble que consiste de una combinación de un sello de caucho sintético impermeable al aceite y un deflector.

De acuerdo al tipo de chumacera, se utilizan los siguientes métodos para la instalación sobre el eje:

1. Se fija el anillo interior al eje, en dos lugares, utilizando los tornillos de fijación.
2. El anillo interior tiene el agujero cónico y se ajusta al eje por medio de un manguito.
3. En el sistema de anillo excéntrico, el anillo interior se fija al eje a través de ranuras excéntricas provistas a los lados del anillo interior y también en el anillo excéntrico.

#### **4.3.2.1. Elementos mecánicos a lubricar**

Básicamente, el cojinete es el elemento mecánico necesario a mantener con la lubricación adecuada, así como el período de cambio del mismo.

Figura 6. Chumacera expuesta.



#### **4.3.2.2. Tipo de lubricante**

El lubricante utilizado varía según la temperatura de operación de las chumaceras, y la grasa puede ser:

- En base a aceite sintético.
- En base a aceite silicon.

Las grasas en base a aceite sintético, trabajan a temperaturas entre los -15 °C y los 100 °C. mientras que las grasas en base a aceite silicón trabajan a temperaturas entre -60 °C y los 200 °C.

#### **4.3.2.3. Período de lubricación**

La frecuencia de lubricación varía con la clase y la cantidad de grasa utilizada, como también, con las condiciones de operación. Por lo tanto, es difícil establecer una regla general; pero, bajo condiciones ordinarias de operación, es deseable que la grasa sea reabastecida antes de que transcurra un tercio (1/3) de su vida calculada. Se necesita, sin embargo, considerar factores tales como el endurecimiento de la grasa en el agujero de lubricación, impidiendo el reabastecimiento; el deterioro de la grasa, mientras la operación de la máquina está suspendida y así sucesivamente.

#### **4.3.2.4. Período de cambio de lubricante**

El cuidado o la protección que se dé de las chumaceras ante el ambiente de trabajo, es esencial para determinar el cambio total del lubricante, sin embargo es poco común esta práctica debido a que si la grasa presenta contaminación o una viscosidad fuera de lo requerido, implica que el cojinete trabajó sin lubricación y que pudo haber sido dañado en su interior.

#### **4.3.2.5. Modo de aplicación de lubricante**

La chumacera del tipo relubricable, ha sido diseñada de forma tal que permite su relubricación, aún en los casos en que se presente desalineamiento, hasta de 2° a la derecha ó a la izquierda.

El agujero de lubricación en el cual se instala la grasera, por lo general, causa debilitamiento estructural del alojamiento. Asimismo la ranura para la relubricación también ha sido diseñada para minimizar el debilitamiento del alojamiento.

Es necesario que se elija el tipo de chumacera relubricable cuando:

1. La temperatura del rodamiento se eleve por encima de 100°C (212°F).
2. Casos donde hay exceso de polvo, pero el espacio no permite que se utilicen chumaceras con cubierta (guardapolvo).
3. Casos donde, aunque la chumacera esta expuesta constantemente a salpicaduras de agua o algún otro líquido, el espacio no permite que se utilicen chumaceras con cubierta.
4. Casos en los cuales, aunque haya humedad muy alta, la maquinaria en donde se utiliza la chumacera, opera únicamente en forma intermitente.
5. Casos en los que intervienen cargas pesadas, con valores de Cr/Pr cercanos a 10 o inferior, y la velocidad es de 10 rpm ó inferior, ó el movimiento es oscilatorio.
6. Casos donde el número de revoluciones es relativamente alto y el problema de ruido tiene que ser considerado.

Sobre dicha grasera, se procede a la aplicación de la grasa lubricante seleccionada, de forma manual. Es decir, aplicando la grasa mediante un engrasadora manual.

### **4.3.3. Cadenas**

#### **4.3.3.1. Elementos mecánicos a lubricar**

El uso de cadenas en las diferentes aplicaciones de transmisión, presentan varias ventajas con respecto al uso de correas o poleas. Sin embargo sus elementos mecánicos provocan inconvenientes como el ruido, una lubricación constante, movimiento irregular. Los elementos a lubricar varían según el tipo de cadena que utilizemos, teniendo entre los principales:

Pasadores.

Casquillos.

Rodillos.

Figura 7. Punto de lubricación de cadena



#### **4.3.3.2. Tipo de lubricante**

Las condiciones de trabajo son variadas y la temperatura es un factor elemental a considerar al momento de seleccionar un lubricante. Se desea que la viscosidad del mismo, mantenga una relación estrecha con la condición mencionada.

La siguiente tabla muestra las temperaturas de trabajo, así como la viscosidad deseada en el aceite lubricante.

Tabla I. Temperatura y viscosidad en lubricante de cadenas

Temperatura ambiental °C	De -5°C a +5°C	De +5°C a +25°C	De 25 °C a 45°C	De 45 °C a 70°C
Clase ISO de viscosidad	VG 68 (SAE 20)	VG 100 (SAE 30)	VG 150 (SAE 40)	VG 220 (SAE 50)

#### 4.3.3.3. Período de lubricación

Con base a las condiciones de trabajo de las diferentes máquinas, varía su período de lubricación. El ambiente al cual estén expuestas define este tiempo de lubricación. Se debe considerar si el trabajo es sin protección o guarda a la cadena, de aquí que el período de lubricación debe ser regular de 3 a 5 veces cada 24 horas de trabajo, aplicando el aceite de forma manual.

Si el sistema de lubricación es por inmersión, su período de lubricación es de 120 a 180 horas.

#### 4.3.3.4. Período de cambio de lubricante

Es importante recordar que el ambiente en el que se trabaja determina el tiempo necesario para realizar una limpieza a la superficie de la cadena, y es aquí donde se realiza el cambio total del lubricante que se ha aplicado con anterioridad, ya que por estar expuesto a la suciedad, se debe de remover en su totalidad. Esta tarea se debe programar dentro de las actividades de mantenimiento en un tiempo no mayor a las 200 horas de trabajo.

#### 4.3.3.5. Modo de aplicación de lubricante.

El empleo de cadenas para las transmisiones es común, sin embargo es necesario el criterio para evaluar la situación con respecto a las condiciones de

trabajo. El ambiente influye tanto como los factores de velocidad y carga de trabajo, de aquí que se pueden elegir entre los diversas formas de lubricar.

#### Lubricación por inmersión de la cadena en el baño de aceite

En este procedimiento, la inmersión de la cadena no debe superar la altura de las placas y se emplea en cadenas con velocidades no mayores de 10 m/s, para evitar la agitación inadmisibles del aceite.

#### Lubricación por salpicadura:

En este método la salpicadura se realiza con ayuda de salientes guías, aros especiales salpicadores y de pantallas rechazadoras mediante los cuales el aceite se derrama sobre la cadena, es típico su empleo en cadenas con velocidades entre 6 y 12 m/s, cuando el nivel del aceite en el baño no puede ser elevado hasta tocar la cadena.

#### Lubricación a presión mediante bomba

Es el método más efectivo en transmisiones de elevadas exigencias de explotación y cuando la cadena supera la velocidad de 12 m/s.

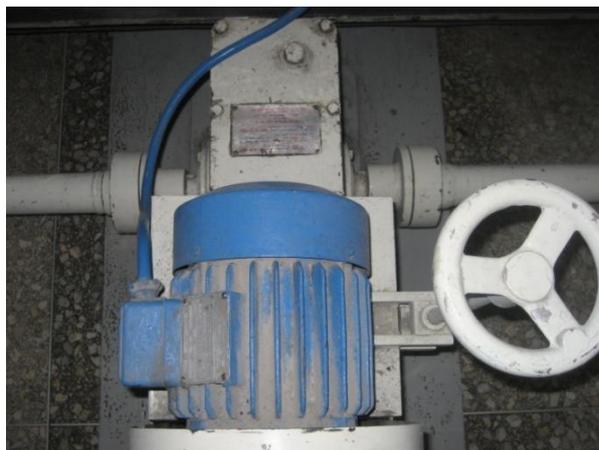
#### Lubricación manual

Es la de uso más frecuente en la industria, debido a las condiciones. Principalmente se aplica a aquellas cadenas que están expuestas al ambiente. Se realiza con una brocha, ya sea de forma manual o de forma automática, mediante un equipo de bombeo.

#### 4.3.4. Transmisiones

Un sistema de transmisión básico y de vital importancia en cada línea de producción es a través de ejes cardán. Este tipo de junta se utiliza para transmitir movimiento entre dos ejes que forman un ángulo, aunque el mecanismo es sencillo, tiene el inconveniente de que las velocidades no son iguales en los dos ejes. Una forma típica de superar este problema es una doble junta de Cardán, de forma que el eje que las une forme ángulos iguales con los ejes conductor y conducido.

Figura 8. Transmisión por cardanes



El eje central que une las dos juntas en ocasiones es telescópico para transmitir movimiento entre dos elementos cuya distancia es variable. A menos que la potencia sea pequeña, el ángulo que forman los ejes no puede ser muy grande porque perjudica a la transmisión de fuerzas.

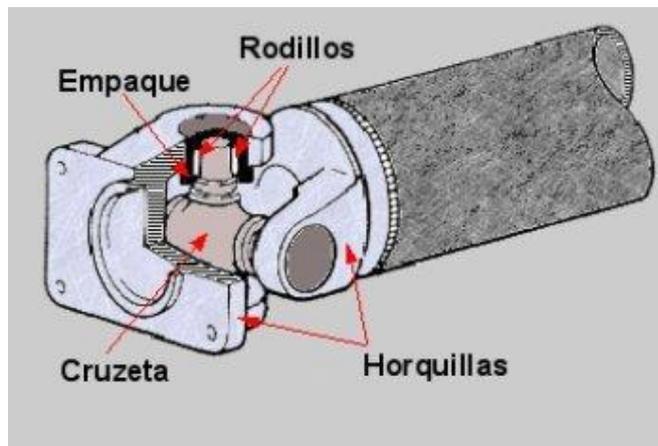
##### 4.3.4.1. Elementos mecánicos a lubricar

Un cardán consta de dos horquillas agujereadas colocadas a  $90^\circ$  una con respecto a la otra, y cada una acoplada rígidamente a los árboles a unir. Las dos

horquillas están unidas a través de una pieza en forma de cruz conocida como cruzeta.

Los elementos a lubricar lo constituyen los cojinetes, los cuales van apoyados en los extremos de las cruces o cruzetas.

Figura 9. Componentes internos de ejes cardán



#### 4.3.4.2. Tipo de lubricante

Los cojinetes que van en los extremos de las cruces, son del tipo de bolas de alineación propia, facilitando la constante alineación por el movimiento de los ejes. Esto además facilita la selección del lubricante, ya que sus condiciones de trabajo no son extremas y se pueden satisfacer de forma sencilla.

El factor más importante que debe cumplir es el de la resistencia a la contaminación del ambiente, esto debido al tipo de industria para la cual lo estamos utilizando.

#### 4.3.4.3. Período de lubricación

Los ejes cardán aunque su característica es el trabajo a bajas velocidades, los cojinetes sufren desgaste por la desalineación de sus ejes unidos. Influye además el

ambiente al que se encuentran trabajando, por ello se debe de realizar una lubricación periódica cada 15 días.

#### **4.3.4.4. Período de cambio de lubricante**

Realizando la lubricación periódica y adecuada, se logra que la vida útil de los cojinetes se cumpla en un 90%, sin embargo por la exposición a la contaminación en la que se encuentran actualmente, es necesario un cambio periódico de la grasa lubricante en un tiempo de 6 meses.

#### **4.3.4.5. Modo de aplicación de lubricante**

Los ejes cardanes son diseñados con un punto de lubricación, el cual contiene una grasería común, por la que se hace llegar directamente la grasa lubricante a los cojinetes. Para el fácil cumplimiento de esta tarea, el sistema de aplicación no es complejo, se realiza mediante una engrasadora manual.

Es importante proteger la grasería, para evitar que esta se bloquee, teniendo que recaer en un trabajo sencillo, pero que provoca un paro de producción.



## **5. SEGUIMIENTO DE PROGRAMA DE LUBRICACIÓN**

### **5.1. Supervisión de programa de lubricación**

Es importante dar una continuidad a lo propuesto en cada uno de los sistemas de lubricación. La importancia de la continuidad de cada una de las propuestas presentadas, radica en la manera que se les mantenga a través del paso de los años. Buenas ideas pueden perecer por falta del seguimiento adecuado, ya que si se les impide echar raíces dentro de la organización, serán buenas ideas por un tiempo, pero después se vuelven obsoletas.

La clave es adaptarse al paso de los tiempos, renovando las propuestas con nuevas ideas y tecnologías, sin perder de vista su esencia. No se trata de destruir o suplantarlo lo existente por la moda del momento, se trata de mantener lo logrado y reforzarlo. Por medio de la supervisión y evaluación del programa, es posible detectar la evolución que mantiene y su comportamiento dentro de un determinado período de tiempo, dicta los parámetros con los que se deben hacer mejoras y capacitar a usuarios y operadores.

#### **5.1.1. Reporte de actividades**

#### **5.1.2. Estudio de lubricación**

El análisis de aceite es una estrategia del mantenimiento predictivo ampliamente utilizada y de grandes beneficios económicos. Los avances en computación, programas e instrumentación han propiciado grandes cambios en el campo. Esta nueva tecnología hace que los programas de análisis de aceite sean más fáciles de administrar y asegurar un alto retorno del dinero invertido en mantenimiento.

Muchas compañías en Latinoamérica están utilizando software (ordenador) para dar seguimiento a la información de operación y desempeño de sus equipos. Hay algunos programas independientes de análisis de aceites que permiten desde la comunicación con los laboratorios, la administración de los resultados, impresión, gráficos, establecer límites de advertencia, tendencias y además también configuran módulos adicionales para registrar análisis de vibración.

Existe gran confusión y necesidad de aclarar lo referente al establecimiento de límites de alarma, donde se utilizan en muchas ocasiones metodologías generales enfocadas fundamentalmente al mantenimiento predictivo, es decir, a detectar cuándo estamos próximos a una falla para poder evitar paros y fallas catastróficas. El nuevo enfoque del mantenimiento, nos permite utilizar límites de advertencia de tendencia, determinados para poder tomar acciones cuando alguna de las variables que provocan el desgaste se salga de los límites y de esa manera no sólo evitar la falla, sino evitar el desgaste y por lo tanto, prolongar significativamente la vida de los equipos.

La exactitud y control de calidad en análisis de aceite empiezan y terminan en el laboratorio, el aseguramiento de la calidad de los programas, generalmente audita sólo la exactitud de los procesos de los laboratorios; sin los propios controles en el lugar de trabajo antes de enviar los análisis. Las pruebas pueden ser menospreciadas por no estar bien etiquetadas, con atraso en la fecha de recepción y esto resulta en malas acciones correctivas adicionado también a los costos del análisis; si ninguna acción correctiva es tomada en tiempo, los equipos pueden fallar o incrementarse el daño.

Los controles que deben ser llevados antes de envasar las muestras al laboratorio incluyen:

- a) Almacenamiento del aceite nuevo.
- b) Muestrear el aceite nuevo.
- c) Etiquetar las muestras.
- d) Conocer técnicas de muestreo.

- e) Usar el correcto método de extracción.
- f) Acciones correctivas.

Los controles de calidad empiezan después que el aceite es puesto en los vehículos y todas las variables que puedan afectar la integridad de los datos deben ser reguladas.

#### **5.1.2.1. Reporte sobre muestras de lubricantes**

Para asegurar el cumplimiento de los objetivos de un programa de mantenimiento predictivo, es necesario obtener una muestra representativa del aceite usado, pero no del que se encuentra en el fondo de la aceitera sino del que circula a través de la unidad. Basta con dos onzas en la mayoría de los casos, las muestras representativas se toman en el momento programado para realizar el cambio de aceite. El motor debe ponerse en marcha hasta alcanzar la temperatura de operación adecuada, y la muestra debe tomarse poco después de apagar el motor.

Cuando se necesite muestrear algún componente se deben usar técnicas que provean muestras representativas, los procedimientos de muestreo deben asegurar que la técnica utilizada es consistente, cada vez que una muestra es extraída y enviada al laboratorio. Esto garantizará que el seguimiento y los valores de tendencia recibidos del laboratorio son consistentes y representativos.

Cuando se use tubo para extraer muestra se debe cortar el largo exacto para que la muestra sea extraída en el punto medio de la aceitera. Cada pieza de tubo debe ser utilizada una sola vez y desechada, se debe tener extrema precaución cuando se utilice tubo para obtener la muestra de una unidad que esté en operación, el tubo puede ser enganchado por piezas en movimiento del motor.

La rotulación de los botes debe incluir, pero no limitarse a identificación del vehículo, fecha de muestreo, horas del lubricante y horas de trabajo o kilometraje,

una vez extraída la muestra ésta debe ser enviada inmediatamente y el laboratorio deberá enviar los resultados de igual forma.

Tomar una muestra de aceite de la aceitera es una mala idea ya que puede estar contaminada y esto se reflejará en los resultados del análisis de la prueba. Sin embargo, si el motor o cualquier otra parte ya falló y el aceite ya se ha sacado, una muestra de aceite puede mostrar alguna indicación sobre el fallo de esta parte. Si la muestra ha sido tomada de la aceitera, se debe indicar al enviar la muestra, de esta manera se ayudará a hacer el análisis más acertado. Tampoco es una buena idea el obtener la muestra de aceite del filtro del aceite. Sin embargo, es mejor que nada, si se está tratando de resolver un problema; si se obtiene la muestra del filtro de igual forma se debe indicar, entre más precisa sea la obtención de la muestra de aceite usado, más exactos serán los resultados.

#### **5.1.2.2. Reporte de vida útil de cada lubricante utilizado**

Los reportes presentados por los laboratorios varían, según sean las consideraciones de la información que se considere fundamental para éste y los requerimientos del cliente o el ingeniero encargado.

Normalmente el reporte del análisis se divide en tres partes:

- Desgaste de metales del equipo.
- Contaminación del aceite con agentes extraños.
- Estado y degradación del aceite.

#### **Desgaste metálico**

Se debe a piezas metálicas que han sufrido desgaste al chocar. Es normal que ocurra desgaste entre piezas metálicas, pero se recomienda usar el análisis de aceite para controlar dicho desgaste y evitar aumentos fuera de control.

### **Desgaste por abrasión**

En las superficies deslizándose una sobre la otra con diferente dureza de material, los cuerpos abrasivos duros son los que provocan el desgaste. También se puede dar la abrasión de tres cuerpos cuando hay materiales metálicos involucrados.

### **Desgaste por fatiga**

En este caso el mecanismo de desgaste es el contacto de un rodamiento cíclico, la ruptura se propaga por debajo de la superficie hacia afuera.

### **Desgaste por partículas metálicas**

Haciendo referencia al tamaño de las partículas contaminantes, encontramos que con un microscopio se pueden observar: Bacterias de 3 mic., Glóbulos rojos de 5 mic. Polvo tipo talco de 10 mic., polvo de suelo de 40 mic., y con el ojo humano se puede observar el pelo con un diámetro de 80 micrones, los granos de sal con 120mic., y la arena con 20. Entonces todas las partículas de 10 micrones para arriba tienen el tamaño promedio para ser partículas destructivas y éstas se mencionan a continuación.

## 5.2. Reporte de repuestos utilizados, post-programa

La necesidad de formar una base de datos es elocuente, por lo cual se presenta el presente formato, para poder llevar el control de repuestos y así evitar tiempos de paros no programados por la falta de éstos.

Tabla II. Reporte de repuestos

				
<b>Línea No.</b>				
<b>Equipo</b>	<b>Descripción de repuesto</b>	<b>Cantidad utilizada</b>		
<b>Jefe de producción</b>		<b>Jefe de mantenimiento</b>		

### 5.3. Reporte de fallas mecánicas, post-programa

Determinar los tipos de fallas que presentan cada equipo o máquina es importante para que el departamento de mantenimiento programe sus actividades. Con ello se logra que ofrecer una mayor disponibilidad de las líneas para el cumplimiento de sus programas de producción.

Tabla III. Reporte de fallas.

		
Línea No.		
Equipo	Trabajo realizado	Tipo de falla
<b>Jefe de producción</b>		<b>Jefe de mantenimiento</b>

#### **5.4. Tabla de equivalencias de lubricantes en la industria**

Los formuladores de lubricantes de las compañías petroleras eligen las fracciones que resultan útiles para una aplicación particular y las combinan para obtener características específicas. Al contar con tantos ingredientes diferentes resulta posible formular productos para cualquier necesidad.

Cada compañía petrolera produce lubricantes para una función particular, semejantes o exactamente iguales a los producidos por las demás compañías, pero con diferente nombre. Derivado de ello, ha surgido la necesidad de hacer clasificaciones de los lubricantes de acuerdo a las compañías que los producen, con la finalidad de hacer más fácil su elección.

Las equivalencias que se realizan, se basan en las siguientes compañías:

Aral	Mobil
Avia	Optimol
BP	Shell
Esso	Total
Klüber	Tribol

Tabla IV. Equivalencia de lubricantes, A.

**Tipo de lubricante: Aceites para engranajes**

 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) no se pueden mezclar con aceites minerales!  
 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) sólo se pueden mezclar, si están en una columna uno debajo de otro (observar el matiz)!

Clase de lubricante:  Símbolo: DIN 51502	mineral <sup>0</sup> , mineral USDA H2 <sup>2</sup>	mineral USDA H1 <sup>1</sup>	sintético <sup>0</sup> , sintético USDA H2 <sup>2</sup>	sintético USDA H1 <sup>1</sup>
	<b>CLP 150</b>	<b>CLP 150</b>	<b>CLP PG 150</b>	<b>CLP PG 150</b>
 A0021	Degol BG 150 <sup>2</sup>	Eural Gear 150 <sup>1/4</sup>	Degol GS 150 <sup>2</sup>	
 A0022	Gear RSX 150 <sup>0</sup>		Gear VSG 150 <sup>0</sup>	
 A0023	Energol GR-XP 150 <sup>0</sup>			
 A0025	Spartan EP 150 <sup>2</sup>			
 A0027	Klüberoil GEM 1-150 <sup>2</sup>	Klüberoil 4 UH1-150 N <sup>1/4</sup>	Klübersynth GH 6-150 <sup>2</sup>	Klübersynth UH1 6-150 <sup>1</sup>
 A0028	Mobilgear 629 <sup>2</sup>		Glygoyle 22 <sup>0</sup>	
 A0029	Ultra 150 <sup>2</sup> Optigear 150 <sup>0</sup>	Optileb GT 150 <sup>1/4</sup>	Optiflex A 150 <sup>2</sup>	
 A0031	Omala 150 <sup>2</sup> Omala F 150 <sup>2</sup>	Cassida Fluid GL 150 <sup>1/4</sup>	Tivela WA <sup>2</sup>	
 A0026	Carter EP 150 <sup>0</sup>	Lubriplate FMO-900 AW <sup>1</sup>	Carter SY 150 <sup>0</sup>	
 A0030	1100/150 <sup>2</sup>		800/150 <sup>2</sup>	

Tabla V. Equivalencia de lubricantes, B.

**Tipo de lubricante: Aceites para engranajes**

 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) no se pueden mezclar con aceites minerales!  
 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) sólo se pueden mezclar, si están en una columna uno debajo de otro (observar el matiz)!

Clase de lubricante:	mineral <sup>0</sup> , mineral USDA H2 <sup>2</sup>	mineral USDA H1 <sup>1</sup>	sintético <sup>0</sup> , sintético USDA H2 <sup>2</sup>	sintético USDA H1 <sup>1</sup>
Símbolo: DIN 51502	<b>CLP 220</b>	<b>CLP 220</b>	<b>CLP PG 220</b>	<b>CLP PG 220</b>
 A0021	Degol BG 220 <sup>2</sup>	Eural Gear 220 <sup>1/4</sup>	Degol GS 220 <sup>2</sup>	
 A0022	Gear RSX 220 <sup>0</sup>		Gear VSG 220 <sup>0</sup>	
 A0023	Energol GR-XP 220 <sup>0</sup>		Energol SG-XP 220 <sup>0</sup>	
 A0025	Spartan EP 220 <sup>2</sup>		Glycolube 220 <sup>0</sup>	
 A0027	Klüberoil GEM 1-220 <sup>2</sup>	Klüberoil 4 UH1-220 N <sup>1/4</sup>	Klübersynth GH 6-220 <sup>2</sup>	Klübersynth UH1 6-220 <sup>1</sup>
 A0028	Mobilgear 630 <sup>2</sup>		Glygoyle HE 220 <sup>0</sup>	
 A0029	Ultra 220 <sup>2</sup> Optigear 220 <sup>0</sup>	Optileb GT 220 <sup>1/4</sup>	Optiflex A 220 <sup>2</sup>	
 A0031	Omala 220 <sup>2</sup> Omala F 220 <sup>2</sup>	Cassida Fluid GL 220 <sup>1/4</sup>	Tivela WB <sup>2</sup>	
 A0026	Carter EP 220 <sup>0</sup>	Lubriplate FMO-1100 AW <sup>1</sup>	Carter SY 220 <sup>0</sup>	
 A0030	1100/220 <sup>2</sup>	FoodProof 1810/220 <sup>1</sup>	800/220 <sup>2</sup>	FoodProof 1800/220 <sup>1</sup>

Tabla VI. Equivalencia de lubricantes, C.

**Tipo de lubricante: Aceites para engranajes**



¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) no se pueden mezclar con aceites minerales!  
 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) sólo se pueden mezclar, si están en una columna uno debajo de otro (observar el matiz)!

Clase de lubricante:	mineral <sup>0</sup> , mineral USDA H2 <sup>2</sup>	mineral USDA H1 <sup>1</sup>	sintético <sup>0</sup> , sintético USDA H2 <sup>2</sup>	sintético USDA H1 <sup>1</sup>
Símbolo: DIN 51502	<b>CLP 320</b>	<b>CLP 320</b>	<b>CLP PG 320</b>	<b>CLP PG 320</b>
 A0021	Degol BG 320 <sup>2</sup>	_____	Degol GS 320 <sup>0</sup>	_____
 A0022	Gear RSX 320 <sup>0</sup>	_____	Gear VSG 320 <sup>0</sup>	_____
 A0023	Energol GR-XP 320 <sup>0</sup>	_____	Enersyn SG-XP 320 <sup>0</sup>	_____
 A0025	Spartan EP 320 <sup>2</sup>	_____	_____	_____
 A0027	Klüberoil GEM 1-320 <sup>2</sup>	Klüberoil 4 UH1-320 N <sup>1/4</sup>	Klübersynth GH 6-320 <sup>2</sup>	Klübersynth UH1 6-320 <sup>1</sup>
 A0028	Mobilgear 632 <sup>2</sup>	_____	Glygoyle HE 320 <sup>0</sup>	_____
 A0029	Ultra 320 <sup>2</sup> Optigear 320 <sup>0</sup> Optigear BM 320 <sup>0</sup>	Optileb GT 320 <sup>1/4</sup>	Optiflex A 320 <sup>2</sup>	_____
 A0031	Omala 320 <sup>2</sup> Omala F 320 <sup>2</sup>	Cassida Fluid GL 320 <sup>1/4</sup>	_____	_____
 A0026	Carter EP 320 <sup>0</sup>	Lubriplate FMO-1700 AW <sup>1</sup>	Carter SY 320 <sup>0</sup>	_____
 A0030	1100/320 <sup>2</sup>	FoodProof 1810/320 <sup>1</sup>	800/320 <sup>2</sup>	FoodProof 1800/320 <sup>1</sup>

Tabla VII. Equivalencia de lubricantes, D.

**Tipo de lubricante: Aceites para engranajes**

 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) no se pueden mezclar con aceites minerales!  
 ¡Los aceites poliglicólicos (CLP PG ...) sólo se pueden mezclar, si están en una columna uno debajo de otro (observar el matiz)!

Clase de lubricante:	mineral <sup>0</sup> , mineral USDA H2 <sup>2</sup>	mineral USDA H1 <sup>1</sup>	sintético <sup>0</sup> , sintético USDA H2 <sup>2</sup>	sintético USDA H1 <sup>1</sup>
Símbolo: DIN 51502	<b>CLP 460</b>	<b>CLP 460</b>	<b>CLP PG 460</b>	<b>CLP PG 460</b>
 A0021	Degol BG 460 <sup>2</sup>	Eural Gear 460 <sup>1/4</sup>	Degol GS 460 <sup>2</sup>	_____
 A0022	Gear RSX 460 <sup>0</sup>	_____	Gear VSG 460 <sup>0</sup>	_____
 A0023	Energol GR-XP 460 <sup>0</sup>	_____	Enersyn SG-XP 460 <sup>0</sup>	_____
 A0025	Spartan EP 460 <sup>2</sup>	_____	Glycolube 460 <sup>0</sup>	_____
 A0027	Klüberoil GEM 1-460 <sup>2</sup>	Klüberoil 4 UH1-460 N <sup>1/4</sup>	Klübersynth GH 6-460 <sup>2</sup>	Klübersynth UH1 6-460 <sup>1</sup>
 A0028	Mobilgear 634 <sup>2</sup>	_____	Glygoyle HE 460 <sup>0</sup>	_____
 A0029	Ultra 460 <sup>2</sup> Optigear 460 <sup>0</sup> Optigear BM 460 <sup>0</sup>	Optileb GT 460 <sup>1/4</sup>	Optiflex A 460 <sup>2</sup>	_____
 A0031	Omala 460 <sup>2</sup> Omala F 460 <sup>2</sup>	Cassida Fluid GL 460 <sup>1/4</sup>	Tivela SD <sup>2</sup>	_____
 A0026	Carter EP 460 <sup>0</sup>	Lubriplate FMO-2400 AW <sup>1</sup>	Carter SY 460 <sup>0</sup>	_____
 A0030	1100/460 <sup>2</sup>	FoodProof 1810/460 <sup>1</sup>	800/460 <sup>2</sup>	FoodProof 1800/460 <sup>1</sup>

Tabla VIII. Equivalencia de lubricantes, E.

**Tipo de lubricante: Lubricantes adhesivos (p.e. para cadenas)**

 En casos particulares es posible mezclar lubricantes adhesivos sintéticos con minerales.  
 ¡Por favor, aclare este punto **antes** de mezclar lubricantes de este tipo!  
 ¡Lubricantes adhesivos sintéticos se pueden mezclar, si se encuentran en una columna uno **debajo** de otro (observar el matiz)!

Clase de lubricante:  Símbolo: Lubricantes adhesivos	mineral <sup>0</sup> , mineral USDA H2 <sup>2</sup> , Base: CL 220	mineral USDA H1 <sup>1</sup>  Base: CL 220	sintético <sup>0</sup> , sintético USDA H2 <sup>2</sup> , Base: E 220	sintético USDA H1 <sup>1</sup>  Base: HC 220
	1	1	2	2
 A0021	Degol BG 220 plus <sup>2</sup>	_____	Deganit HT 260 <sup>2</sup>	Eural Chain 220 <sup>1</sup>
 A0022	Gear RSX 220 <sup>0</sup>	_____	_____	_____
 A0023	Maccurat D 220 <sup>0</sup>	_____	_____	_____
 A0025	_____	_____	_____	_____
 A0027	Structovis EHD <sup>2</sup>	Paraliq P 460 <sup>1</sup>	Klübersynth CTH 2-260 <sup>2</sup> Hotemp 2000 <sup>2</sup>	Klüberoil 4 UH1-220 <sup>1</sup> Klüberoil 4 UH1-1500 <sup>1</sup> Spray
 A0028	DTE Oil BB <sup>0</sup>	_____	_____	_____
 A0029	Non Fluid 320 <sup>0</sup>	_____	Viscogen KL 23 <sup>2</sup> Viscogen KL 300 <sup>2</sup>	Viscoleb 280 <sup>1</sup>
 A0031	Tonna T 220 <sup>2</sup>	_____	_____	Cassida Chain Oil 150 <sup>1</sup>
 A0026	Cortis MS 220 <sup>0</sup>	_____	_____	_____
 A0030	1060/220 <sup>2/3</sup>	FoodProof 1830 <sup>1/3</sup>	1430 <sup>2/3</sup>	_____



## CONCLUSIONES

1. La asignación de las tareas de lubricación debe ser asignado a aquellas personas capacitadas para el uso correcto de los equipos de lubricación, así como en la manipulación de los lubricantes a utilizar.
2. Llevar un control escrito por el departamento de mantenimiento sobre el cumplimiento en tiempo de las tareas de lubricación, evitará que el tiempo de vida de los equipos disminuya.
3. Mantener un registro sobre las diferentes fallas que ocurren en los equipos, ayudará a que el departamento de mantenimiento tenga mayor control sobre estas fallas y evitará paros no programados.
4. Mantener una constante supervisión en el funcionamiento de los lubricantes utilizados, evitando que éstos pierdan su función lubricante y dañen los equipos.



## **RECOMENDACIONES**

1. Coordinar paros entre el departamento de producción y mantenimiento, programados para la realización del mantenimiento preventivo.
2. Mantener una constante capacitación al personal operador y de mantenimiento para que pueda realizar las tareas de lubricación de forma adecuada.
3. Que el proveedor realice visitas periódicas para la evaluación y análisis de muestras de los diferentes lubricantes que se estén utilizando.
4. Mantener el uso de un mismo tipo de lubricante sin mezclarlos con otros, ya que esto dañará los componentes que estén en contacto directo con esta mezcla.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Bernard J. Hamrock. Elementos de máquinas. 2ª. edición.  
México, McGraw-Hill, 1999.
2. M.F. Spotts y T.E. Shoup. Elementos de máquinas. 7a. edición.  
México, Prentice-Hall, 1998.
3. Mott, Robert L. Diseño de elementos de máquinas.  
Universidad de Dayton, Prentice Hall hispanoamericana, 1995.
4. Shigley, Joseph E. y Charles R. Mischle. Diseño en ingeniería mecánica.  
6ª. edición. México, McGraw-Hill. 2002.
5. Kettner Krones Gruppe, Manual operativo etiquetadora control.
6. NTN. Catálogo general de rodamientos de bolas y de rodillos.  
Catálogo No. 2400 – II/S Chumaceras NTN.
7. NSK. Guía de reemplazo de rodamientos.  
Guía No. AM7-S. 2004.
8. [http://materias.fi.uba.ar/6712M/CUJAE\\_CUBA/](http://materias.fi.uba.ar/6712M/CUJAE_CUBA/) (julio 2008)

