

300617

21
2 ej

UNIVERSIDAD LA SALLE



ESCUELA DE INGENIERIA

INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**"LA LUBRICACION COMO FACTOR IMPORTANTE
EN LA INDUSTRIA"**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el titulo de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
ALBERTO GARCIA VELAZQUEZ

Director de Tesis:
ING. JORGE SALCEDO GONZALES

México, D. F.

Febrero de 1991



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

-INDICE-

| | |
|--------------------|----|
| Introducción..... | 7 |
| Generalidades..... | 10 |

CAPITULO I

ASPECTOS TEORICOS

| | |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1 Obtención de los lubricantes..... | 14 |
| 1.2 Fricción..... | 16 |
| 1.3 Tipos de lubricación..... | 20 |
| 1.4 Formación de la película lubricante..... | 21 |
| 1.5 Tipos de lubricantes..... | 23 |
| 1.6 Propiedades del aceite..... | 32 |
| 1.7 Propiedades de las grasas..... | 40 |
| 1.8 Aditivos..... | 43 |
| 1.9 Funciones de los lubricantes..... | 45 |
| 1.10 Lineamientos guía generales de selección de lubricantes..... | 48 |
| 1.11 Límites de operación de los aceites de petróleo..... | 49 |

CAPITULO II

IMPORTANCIA DE LA LUBRICACION EN UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1 Importancia de la lubricación en el mantenimiento industrial..... | 51 |
| 2.2 Tipos de mantenimiento..... | 53 |
| 2.3 Forma de aplicación de los lubricantes..... | 57 |
| 2.4 Departamento de mantenimiento..... | 72 |
| 2.5 Hoja de control..... | 74 |
| 2.6 Manejo y almacenamiento de lubricantes..... | 78 |
| 2.7 Principales contaminantes que afectan el desempeño de los lubricantes..... | 85 |

CAPITULO III

APLICACIONES MAS IMPORTANTES

| | |
|---------------------------------------------|----|
| 3.1 Lubricación de engranes..... | 89 |
| 3.2 Tipos de engranes..... | 90 |
| 3.3 Lubricación de engranes encerrados..... | 99 |

| | | |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.4 | Lubricación de engranes descubiertos..... | 107 |
| 3.5 | Factores que afectan la lubricación de engranes..... | 111 |
| 3.6 | Lubricación de rodamientos..... | 118 |
| 3.7 | Tipos de rodamientos..... | 119 |
| 3.8 | Fundamentos de la lubricación en rodamientos..... | 124 |
| 3.9 | Requerimientos de la lubricación en rodamientos..... | 127 |
| 3.10 | Lubricación con aceite para rodamientos..... | 130 |
| 3.11 | Lubricación con grasa para rodamientos..... | 131 |
| 3.12 | Lubricación de pistones..... | 134 |
| 3.13 | Cilindro de vapor: fundamentos de la lubricación..... | 137 |
| 3.14 | Cilindros en motores diesel y gasolina: fundamentos de la lubricación..... | 139 |
| 3.15 | Cilindros en compresores de aire: fundamentos de la lubricación..... | 142 |
| 3.16 | Cilindros en compresores de sistemas de refrigeración: fundamentos de la lubricación..... | 145 |
| 3.17 | Lubricación de guías..... | 147 |
| 3.18 | Cuadro comparativo problemas-soluciones..... | 148 |

CAPITULO IV
CASO PRACTICO

| | | |
|-----|----------------------------------------------|-----|
| 4.1 | Generalidades..... | 151 |
| 4.2 | Proceso de fabricación del papel..... | 152 |
| 4.3 | Partes que integran la máquina de papel..... | 164 |
| 4.4 | Sistema central de lubricación..... | 184 |
| 4.5 | Condiciones iniciales de la lubricación..... | 186 |
| 4.6 | Carta de lubricación modificada..... | 188 |
| 4.7 | Cantidades de lubricante..... | 189 |

CAPITULO V
ANALISIS ECONOMICO

| | | |
|-----|------------------------|-----|
| 5.1 | Generalidades..... | 207 |
| 5.2 | Estudio de costos..... | 208 |
| | Conclusiones..... | 213 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| Apendice I: Terminos comúnmente empleados en la lubricación..... | 215 |
| Apendice II: Tabla de equivalencias..... | 220 |
| Bibliografía..... | 223 |

-INDICE DE FIGURAS-

CAPITULO I

| | |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 1.1: Obtención de los lubricantes..... | 15 |
| Fig. 1.2: Fuerzas de fricción..... | 16 |
| Fig. 1.3: Fricción sólida..... | 19 |
| Fig. 1.4 Fricción fluida..... | 19 |
| Fig. 1.5: Tipos de lubricación..... | 20 |
| Fig. 1.6: Lubricación hidrostática e hidrodinámica..... | 22 |
| Tabla 1-1: Rendimiento relativo de los lubricantes..... | 25 |
| Fig.1.7: Aceite mineral y lubricantes sintéticos..... | 26 |
| Tabla 1-2: Principales usos de los lubricantes sintéticos..... | 27 |
| Tabla 1-3 Gufa de aplicación de grasa..... | 31 |
| Tabla 1-4: Clasificaciones de viscosidad de los lubricantes..... | 34 |
| Fig. 1.8: Viscosímetros..... | 35 |
| Tabla 1-5: Factores de multiplicación..... | 35 |
| Fig. 1.9: Prueba de penetración..... | 41 |
| Tabla 1-6: Clasificación NLGI de grasas..... | 42 |
| Fig.1.10: El lubricante reduce la fricción..... | 45 |
| Fig. 1.11 El lubricante se lleva el calor..... | 46 |
| Fig. 1.12: Los lubricantes evitan la suciedad..... | 47 |

CAPITULO II

| | |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 2.1: Lubricación escasa..... | 58 |
| Fig. 2.2: Lubricación por depósito..... | 60 |
| Fig. 2.3: Alimentación de lubricante..... | 61 |
| Fig. 2.4: Sistema de lubricación por neblina..... | 62 |
| Fig. 2.5: Lubricador mecánico de alimentación forzada..... | 63 |
| Fig. 2.6: Aplicación manual de grasa..... | 64 |
| Fig. 2.7: Graseras de copa..... | 65 |
| Fig. 2.8: Graseras..... | 66 |
| Fig. 2.9: Pistolas de engrasar..... | 67 |
| Fig. 2.10: Bomba de cubeta..... | 68 |
| Fig. 2.11: Bombas de grasa neumáticas..... | 69 |
| Fig. 2.12: Pistola de rociado..... | 70 |
| Fig. 2.13: Sistema centralizado de engrasar..... | 71 |
| Fig. 2.14: Almacenamiento temporal de aceite..... | 77 |
| Fig. 2.15: Anaqueles para almacenamiento de lubricantes..... | 78 |

| | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Fig. 2.16: Dimensiones de los envases para aceite y grasa..... | 79 |
| Fig. 2.17: Mezclader para aceite..... | 80 |
| Fig. 2.18: Llave de tambor para aceite..... | 82 |
| Fig. 2.19: Bancos tipo de cuna..... | 82 |
| Fig. 2.20: Bombas para tambor operadas a mano..... | 83 |
| Fig. 2.21: Bomba accionada por aire..... | 84 |

CAPITULO III

| | |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 3.1: Engranés rectos..... | 90 |
| Fig. 3.2: Engranés recto y cremallera..... | 90 |
| Fig. 3.3: Engranés elípticos..... | 91 |
| Fig. 3.4: Engrane igualador..... | 91 |
| Fig. 3.5: Juego de engranes de reducción..... | 92 |
| Fig. 3.6: Engrane escalonado..... | 93 |
| Fig. 3.7: Engrane helicoidal y piñón..... | 93 |
| Fig. 3.8: Engrane y piñón doble helicoidales..... | 94 |
| Fig. 3.9: Engranés helicoidales de ejes cruzados..... | 95 |
| Fig. 3.10: Engranés sinfín y corona helicoidal..... | 95 |
| Fig. 3.11: Engranés cónicos..... | 96 |
| Fig. 3.12: Reductor con engranes planetarios..... | 96 |
| Fig. 3.13: Juego de engranes de diferencial..... | 97 |
| Fig. 3.14: Engranés cónicos espirales..... | 97 |
| Fig. 3.15: Engranés hipoidales..... | 98 |
| Fig. 3.16: Engranés lubricados por salpique..... | 99 |
| Fig. 3.17: Sistema de lubricación centralizado..... | 101 |
| Fig. 3.18: Superficies cilíndricas de fricción ejes paralelos..... | 101 |
| Fig. 3.19: Circunferencia primitiva y línea de paso..... | 103 |
| Fig. 3.20: Formación de la cuña de aceite..... | 103 |
| Fig. 3.21: Sistema de lubricación a charola..... | 107 |
| Fig. 3.22: Sistema de lubricación a mano..... | 108 |
| Fig. 3.23: Sistema de lubricación por goteo..... | 108 |
| Fig. 3.24: Sistema de lubricación por alimentación forzada..... | 109 |
| Fig. 3.25: Sistema de lubricación por atomización..... | 109 |
| Fig. 3.26: Rodamientos radiales de esferas..... | 120 |
| Fig. 3.27: Rodamientos radiales de rodillos..... | 120 |
| Fig. 3.28: Rodamiento de agujas..... | 121 |
| Fig. 3.29: Rodamientos de esferas de contacto angular..... | 121 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 3.30: Rodamientos de rodillos cónicos..... | 122 |
| Fig. 3.31: Rodamiento de rodillos cónicos de empuje axial..... | 122 |
| Fig. 3.32: Separadores típicos de rodamientos..... | 123 |
| Fig. 3.33: Distribución de la carga entre los elementos de rodamiento de un cojinete radial..... | 123 |
| Fig. 3.34: Sistema central de engrase para rodamientos..... | 132 |
| Fig. 3.34a: Aparato analizador de rodamientos..... | 133 |
| Fig. 3.35: Cilindro y pistón..... | 134 |
| Fig. 3.36: Anillos del pistón..... | 135 |
| Fig. 3.37: Irregularidades del cilindro..... | 135 |
| Fig. 3.38: Arreglos típicos de los cilindros..... | 139 |
| Tabla 3.1: Selección de lubricantes para compresores..... | 144 |
| Fig. 3.39: Componentes del ciclo de refrigeración..... | 145 |

CAPITULO IV

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 4.1: Hidrapulper..... | 153 |
| Fig. 4.2: Tanque de pasta de agitación horizontal..... | 154 |
| Fig. 4.3: Refinador cónico..... | 154 |
| Fig. 4.4: Flujo de proceso preparación pasta..... | 155 |
| Fig. 4.5: Flujo de proceso en sección húmeda..... | 157 |
| Fig. 4.6: Tela y sección de prensas..... | 159 |
| Fig. 4.7: Zona de contacto de las prensas..... | 160 |
| Fig. 4.8: Sección de un secador..... | 161 |
| Fig. 4.9: Sección de secado..... | 162 |
| Fig. 4.10: Fabricación de papel..... | 163 |
| Fig. 4.11: Descripción de la máquina de papel..... | 166 |
| Fig. 4.12: Descripción de equipos auxiliares..... | 179 |
| Fig. 4.13: Carta de lubricación anterior..... | 187 |
| Fig. 4.14: Gráfica de viscosidad para cojinetes..... | 190 |
| Fig. 4.15: Intervalo de relubricación con grasa para rodamientos..... | 191 |
| Fig. 4.16: Designación de rodamientos..... | 192 |

CAPITULO V

| | |
|---------------------------------------------------------|-----|
| Fig. 5.1: Diagramas del mes de Noviembre 1989..... | 210 |
| Fig. 5.2: Diagramas del mes de Diciembre 1989..... | 211 |
| Fig. 5.3: Comparación de los costos de lubricación..... | 212 |

INTRODUCCION

Alguien dijo en alguna ocasión que se puede considerar a la lubricación una parte tan vital de la máquina como cualquiera de sus órganos activos. Una máquina cualquiera en la actualidad debe ser diseñada con todo cuidado y hecha con precisión, de los mejores metales, a fin de satisfacer las exigencias de la producción moderna a alta velocidad. Pero estas mismas piezas, sin la lubricación adecuada, pronto revelarían un desgaste rápido y al correr del tiempo dejarían de funcionar; entonces, la máquina como un instrumento de producción sería inservible.

Los programas de lubricación son una herramienta muy poderosa con la que cuenta el mantenimiento preventivo en cualquier planta, específicamente si están siendo ejecutados correctamente y si se pone énfasis en el cuidado de la actualización de éstos.

El manejo correcto de los programas no implica nada extraordinario; es verdad que exigen atención y precisión, pero esto es totalmente normal, tratándose de actividades a realizarse en máquinas.

Para una correcta aplicación de los lubricantes es importante el conocer algunos aspectos teóricos de ellos, como son los diversos tipos de lubricantes, la formación de la película de lubricante, su viscosidad, punto de goteo, punto de inflamación, etc; estos y otros conceptos se tratarán en el capítulo uno.

Los lubricantes correctamente aplicados pueden jugar un papel muy importante en los costos de operación de una fábrica, ya que al estar el lubricante actuando, se reduce en forma considerable el desgaste de las piezas que se encuentran en contacto entre sí, y de esta forma ayudan también a cumplir uno de los ideales de la industria: el evitar al máximo posible el mantenimiento correctivo; de éste y de los otros dos tipos de mantenimiento restantes: el preventivo y el predictivo, así como de sus ventajas y desventajas, y también como del equipo de aplicación para los lubricantes, sistemas de lubricación y otros conceptos se tratarán en el capítulo dos.

La lubricación de una planta industrial significa, en pocas palabras, proteger a los equipos para que operen con el lubricante - adecuado, vigilar que estén bien lubricados, evitar la contaminación por suciedad y humedad. El capítulo tres trata sobre las aplicaciones más importantes de la lubricación:

- Engranajes.
- Rodamientos.
- Compresores, guías, etc.

Asimismo, este capítulo contiene las características más importantes de los engranes y rodamientos, así como su lubricación. Estos elementos se tratarán en forma más detallada debido a que son los más comunes en la industria.

La eficiencia de los programas de lubricación depende de las disposiciones que dicte la Gerencia de Mantenimiento, de la organización del departamento, del estado físico de las máquinas, equipos y sus obturaciones (empaques, juntas, etc) y del lubricante mismo. La efectividad de la lubricación depende del lubricante empleado y de la forma en que éste es utilizado.

Al proyectar los programas de lubricación se debe de partir de factores conocidos, como son los instructivos, manuales, datos de placa, lubricante utilizado hasta ese tiempo, etc; en caso de que no se tengan los factores anteriormente mencionados, se deben de tener en cuenta las condiciones de funcionamiento del equipo, como son horas de operación al día, y el ambiente en el cual el equipo trabaja. El capítulo cuatro de este trabajo trata sobre un caso práctico enfocado a la industria papelerera; en éste se tratará también sobre el proceso de fabricación del papel, y la elaboración de una carta de lubricación para una máquina de papel y todos sus equipos auxiliares.

El lubricador es la persona encargada de llevar a la práctica en forma adecuada la lubricación. Este debe de conocer todas las circunstancias en la práctica y las condiciones locales de funcionamiento, y aspectos básicos del mantenimiento en sus más mínimos detalles,

combinando sus propios conocimientos con las reglas y consejos prácticos (impartidos por el supervisor) para el manejo correcto de los lubricantes, atención durante la marcha, revisión durante paradas, - etc. En este capítulo se darán también algunos consejos prácticos pa ra la mejor forma de llevar a cabo la rutina diaria del lubricador.

En el capítulo cinco se consideran los costos de los lubrican tes con respecto a las ventas totales de la empresa, este análisis - es para demostrar que para mantener correctamente lubricados a los - equipos no es necesario efectuar grandes inversiones; y que de esta forma, el mantener en buen estado a las máquinas está al alcance de cualquier empresa.

Asimismo se considerarán dos apéndices, uno que incluye los - términos más comúnmente empleados en la lubricación y el restante -- cen una tabla comparativa de los lubricantes que existen en el merca de.

A partir de lo anterior, se establece que el objetivo de éste trabajo es el mostrar la gran importancia de la lubricación en los - programas de mantenimiento industriales de hoy en día, ya que de una correcta lubricación depende que una planta sea o no productiva.

GENERALIDADES

La lubricación, tal y como se conoce en la actualidad, tuvo su comienzo hace muchísimos años; contrariamente a lo que se ha creído, el petróleo no hizo su aparición por primera vez cuando se descubrió el histórico pozo de petróleo de Drake, en Pennsylvania en el año de 1859. Crónicas antiguas indican que ya los egipcios, 5000 años A.C. utilizaban productos de petróleo.

En 1832 se destiló aceite del carbón para usarse en lámparas; este producto se vendía a dos dólares por galón (3.785 lts) en aquella época, en la ciudad de Nueva York. Fué este precio tan elevado - el que llevó a Drake a buscar mantos petrolíferos, y a la perforación del pozo histórico en Pennsylvania hace más de un siglo.

Desde entonces, el petróleo ha desempeñado un papel importante revolucionando nuestro sistema de vida al hacer posible el comienzo de la era industrial. Sin el petróleo, y sin los métodos modernos de refinación, no se tendrían posiblemente electricidad y todas sus comodidades: radio, televisión, refrigeración e iluminación eléctrica, además de que no se tendrían los medios modernos de transporte, ni tantas otras cosas necesarias en la vida actual.

Mientras hace años se utilizaban aceites y grasas vegetales y animales, lubricantes conocidos así por sus propiedades "untuosas", hoy en día casi exclusivamente se prefiere a los aceites minerales; una desventaja de los aceites con propiedades "untuosas" era su tendencia a espesarse, así como su fácil emulsibilidad con el agua; sin embargo, sus propiedades lubricantes son sin duda, mayores que la de los productos procedentes del petróleo crudo.

Los aceites minerales se obtienen de los petróleos crudos mediante destilación y refinamiento. Empleando el tratamiento adecuado se obtienen primero los combustibles para motores, tales como la gasolina y luego los aceites para máquinas y motores. Los aceites minerales refinados obtenidos mediante este proceso tienen una estabili-

dad y resistencia excelentes durante su empleo. Su efecto lubricante es, sin embargo, inferior al de los aceites con propiedades "untuosas". Esta es la razón, por lo cual, para ciertas aplicaciones se añade un pequeño porcentaje de aceites "grasos" a los aceites minerales puros altamente refinados.

Cuanto más elevados sean los porcentajes de aceites "grasos" tanto menor será, sin embargo, la duración de los aceites compuestos puros.

CAPITULO I
ASPECTOS TEORICOS

- 1.1 Obtención de los lubricantes.
- 1.2 Fricción.
 - 1.2.1 Fricción sólida.
 - 1.2.2 Fricción de deslizamiento.
 - 1.2.3 Fricción de rodamiento.
 - 1.2.4 Fricción fluida.
- 1.3 Tipos de lubricación.
 - 1.3.1 Película de lubricación llena.
 - 1.3.2 Película de lubricación mezclada.
 - 1.3.3 Película de lubricación de frontera.
- 1.4 Formación de la película lubricante.
 - 1.4.1 Lubricación hidrostática.
 - 1.4.2 Lubricación hidrodinámica.
- 1.5 Tipos de lubricantes.
 - 1.5.1 Lubricantes fluidos.
 - 1.5.2 Lubricantes semisólidos (grasas).
 - 1.5.3 Lubricantes sólidos.
- 1.6 Propiedades del aceite.
 - 1.6.1 Viscosidad absoluta.
 - 1.6.2 Viscosidad cinemática.
 - 1.6.3 Viscosidad universal Saybolt.
 - 1.6.4 Viscosidad ISO.
 - 1.6.5 Viscosímetro.
 - 1.6.6 Índice de viscosidad.
 - 1.6.7 Normas básicas para la selección de la viscosidad.
 - 1.6.8 Estabilidad a la oxidación.
 - 1.6.9 Estabilidad térmica.
 - 1.6.10 Estabilidad química.
 - 1.6.11 Residuos de carbón.
 - 1.6.12 Número de neutralización.
 - 1.6.13 Lubricidad

- 1.6.14 Número de saponificación.
- 1.6.15 Desemulsibilidad.
- 1.6.16 Gravedad API.
- 1.6.17 Punto de fluidez crítica.
- 1.6.18 Punto de desprendimiento de gases.
- 1.6.19 Punto de inflamación.
- 1.6.20 Punto de combustión
- 1.6.21 Punto de nebulización.
- 1.6.22 Color del aceite.
- 1.7 Propiedades de las grasas.
 - 1.7.1 Penetración.
 - 1.7.2 Número de consistencia NLGI.
 - 1.7.3 Punto de goteo.
 - 1.7.4 Jabón.
- 1.8 Aditivos.
 - 1.8.1 Aditivos para las grasas.
 - 1.8.2 Aditivos para los aceites
- 1.9 Funciones de los lubricantes.
- 1.10 Lineamientos guía generales de selección de lubricantes.
- 1.11 Límites de operación de los aceites de -
pétroleo.

1.1 OBTENCIÓN DE LOS LUBRICANTES.

Como anteriormente se mencionó, un lubricante se obtiene a partir de los hidrocarburos (ver figura 1.1), es decir, a partir de un aceite básico que es un derivado del petróleo, el cual se extrae del subsuelo para posteriormente pasarlo hasta una refinería, mediante una estación de bombeo. Posteriormente, el aceite básico es pasado a una torre de destilación fraccionada; en ésta, la separación de los componentes se da por medio de el calor y el vacío, y de esta forma se obtienen los diversos productos.

Estos productos tienen ciertas características de comportamiento que los hacen adecuados para la fabricación de lubricantes, - en la figura 1.1 se muestra un diagrama simplificado sobre la obtención de los lubricantes.

El término de "lubricación" es aplicable a la acción de agregar una substancia entre dos cuerpos en movimiento, lo que hará posible un movimiento suave con el mínimo de rozamiento, esto es; la lubricación, fundamentalmente, es la reducción de la fricción a un grado mínimo, sustituyendo la fricción sólida por la fricción fluida.

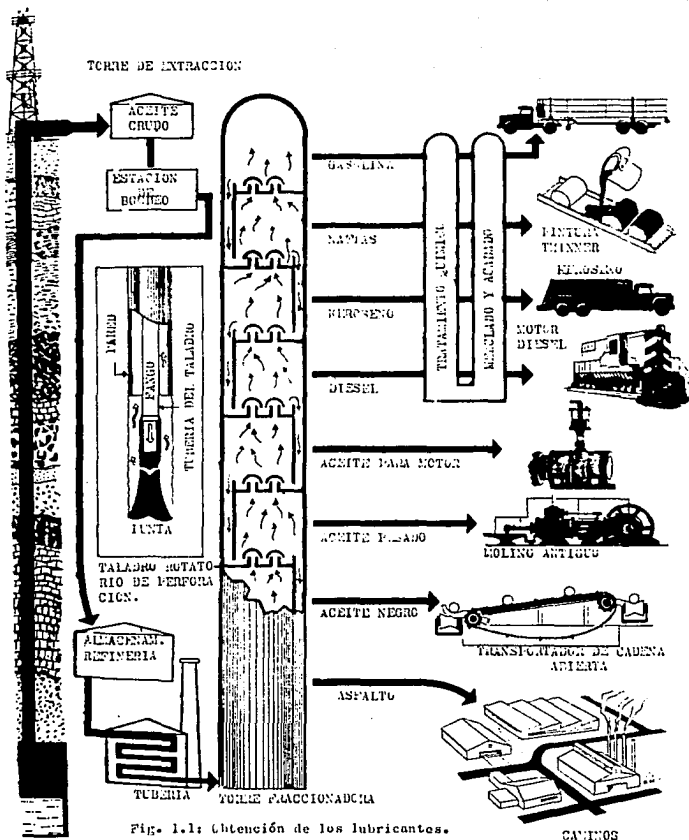


Fig. 1-1: Obtención de los lubricantes.

1.2 FRICCION.

La fricción es la resistencia al movimiento entre dos superficies cualesquiera en contacto una con otra.

Si proyectamos un bloque de masa m con una velocidad inicial v_0 a lo largo de una mesa horizontal, acabará necesariamente por detenerse. Esto significa que mientras se está moviendo, experimenta una aceleración media \bar{a} que está dirigida en sentido opuesto al de su movimiento. Si vemos que un cuerpo está siendo acelerado, se asocia siempre a este movimiento una fuerza definida por la segunda ley de Newton. En este caso, se dice que la mesa ejerce una fuerza de fricción, cuyo valor medio es $\bar{m}\bar{a}$, sobre el bloque que se desliza.

La fuerza de fricción que se ejerce sobre cada uno de los dos cuerpos está en sentido opuesto al de su movimiento respecto al otro.

Para saber cuál es la ley de la fuerza para estas fuerzas de fricción, en lo sucesivo se considerará el deslizamiento (sin rodar) de una superficie seca (sin lubricar) sobre otra. Considerando a un bloque que está en reposo sobre una mesa horizontal como se muestra en la figura 1.2, Si se fija al bloque un resorte que mida la fuerza necesaria para ponerlo en movimiento, se encontrará que el bloque no se mueve cuando a éste se le aplica una pequeña fuerza. Se dice entonces que la fuerza aplicada está balanceada por una fuerza de fricción opuesta, ejercida sobre el bloque por la mesa, y que actúa en la superficie de contacto. Si se aumenta la fuerza aplicada, se encontrará un determinado valor de dicha fuerza para el cual el bloque justamente empieza a moverse.



Fig 1.2 Un bloque se pone en movimiento cuando la fuerza F aplicada supera a las fuerzas de fricción.

Las fuerzas de fricción que actúan entre superficies que están en reposo entre sí, se llaman fuerzas de fricción estática. La fuerza de fricción estática máxima será precisamente del mismo valor que la menor fuerza necesaria para iniciar el movimiento. Una vez que éste ha comenzado, las fuerzas de fricción que actúan entre las superficies decrecen generalmente, de modo que para conservar el movimiento uniforme es solamente necesaria una fuerza menor. La fuerza que actúa entre las superficies que están en movimiento relativo entre sí, se llaman fuerzas de fricción cinética.

La fuerza máxima de fricción estática entre cualquier par de superficies secas y no lubricadas, es proporcional a la fuerza normal. Esta fuerza normal, que algunas veces se llama carga, es aquella que cada cuerpo ejerce sobre el otro, perpendicularmente a la cara de contacto mutuo.

Para un bloque que descansa sobre una fuerza horizontal o que se desliza sobre ella, la fuerza normal es igual en magnitud al peso del cuerpo. Como el bloque no tiene aceleración vertical, la mesa debe ejercer sobre aquél una fuerza dirigida hacia arriba y que sea igual en magnitud a la fuerza que hacia abajo ejerce la tierra sobre el bloque, es decir, su peso.

La relación entre la magnitud de la fuerza máxima de fricción estática y la magnitud de la fuerza normal se llama coeficiente de fricción estática para las superficies de que se trata. Si f_s representa la magnitud de la fuerza de fricción estática, se puede escribir que:

$$f_s \leq \mu_s N$$

donde μ_s es el coeficiente de fricción estática y N la magnitud de la fuerza normal. El signo igual solamente vale cuando f_s tiene un valor máximo.

La fuerza de fricción cinética " f_k " entre superficies secas no lubricadas es proporcional a la fuerza normal. La fuerza de fricción cinética es también independiente de la velocidad relativa con que

las superficies se muevan entre sí.

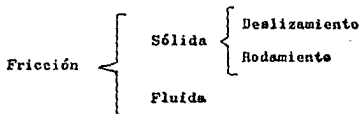
La relación de la fuerza de fricción cinética a la magnitud de la fuerza normal se llama coeficiente de fricción cinética. Si f_k representa la magnitud de la fuerza de fricción cinética, entonces se tendrá que:

$$f_k = \mu_k N$$

donde μ_k es el coeficiente de fricción cinética.

Tanto μ_s como μ_k son constantes adimensionales, puesto que ambas son relaciones entre las magnitudes de dos fuerzas. Generalmente para un par de superficies dadas, $\mu_s > \mu_k$. Los valores reales de μ_s y μ_k pueden ser mayores que la unidad, aunque, por lo general nunca la exceden.

La fricción se divide en:



1.2.1 FRICCIÓN SÓLIDA

Ocurre cuando hay contacto físico entre dos cuerpos sólidos que se mueven entre sí. El tipo de movimiento divide a la fricción sólida en dos categorías: Fricción de deslizamiento y fricción de rodamiento.

1.2.2 FRICCIÓN DE DESLIZAMIENTO.

Esta es la resistencia al movimiento cuando un cuerpo se desliza sobre otro. Las superficies sólidas que aparecen como lisas, — tienen en realidad, a nivel microscópico muchos picos y valles. La resistencia al movimiento se debe principalmente al entrelazado de estas asperezas. En condiciones de presión extrema, el calor generado por la fricción de deslizamiento puede resultar en la soldadura

de los puntos de contacto.

1.2.3 FRICCIÓN DE RODAMIENTO.

Esta es la resistencia al movimiento conforme un cuerpo sólido rueda sobre otro. Este tipo de fricción se causa principalmente por la deformación de las superficies elementales que ruedan y que soportan la carga. Para una carga dada, la fricción de rodamiento es significativamente menor que la fricción de deslizamiento. En la figura 1.3 se pueden apreciar los dos tipos de fricción sólida.

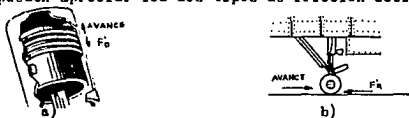


Fig. 1.3: Fricción sólida: a) Deslizamiento b) Rodamiento.

1.2.4 FRICCIÓN FLUIDA.

La fricción fluida ocurre cuando dos cuerpos sólidos en movimiento relativo están completamente separados por un fluido. Este tipo de fricción es causado por la resistencia al movimiento entre las moléculas del fluido. Para una carga dada, la fricción fluida suele ser mucho menor que la fricción sólida. En la figura 1.4 se puede ver este tipo de fricción.



Fig. 1.4: Fricción fluida.

1.3 TIPOS DE LUBRICACION.

El espesor de la película en relación con la altura de las asperezas de la superficie distingue tres tipos de lubricación:

- Película de lubricación llena.
- Película de lubricación mezclada.
- Película de lubricación de frontera.

1.3.1 PELICULA DE LUBRICACION LLENA.

Esta existe cuando la película lubricante entre dos superficies es de suficiente espesor para separar por completo las asperezas de las dos superficies.

En este caso, existe la fricción fluida verdadera entre las superficies en movimiento y no ocurre contacto de metal con metal (ver figura 1.5 a).

1.3.2 PELICULA DE LUBRICACION MEZCLADA.

Esta existe cuando la película lubricante entre las dos superficies es de suficiente espesor para separar la mayor parte de las asperezas en la superficie, pero puede ocurrir algún contacto de metal con metal (ver figura 1.5 b).

1.3.3 PELICULA DE LUBRICACION DE FRONTERA.

Esta existe cuando el espesor de la película es igual a la altura de las asperezas y ocurre un contacto amplio de metal con metal (ver figura 1.5 c).

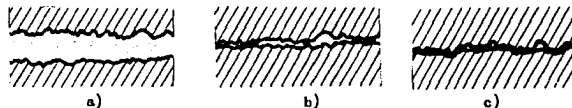


Fig 1.5: Tipos de lubricación: a) Lubricación llena. b) Lubricación mezclada. c) Lubricación de frontera.

1.4 FORMACION DE LA PELICULA LUBRICANTE.

La película lubricante puede mantenerse y formarse de dos maneras:

- Hidrostáticamente.
- Hidrodinámicamente.

1.4.1 LUBRICACION HIDROSTATICA.

La lubricación hidrostática ocurre cuando la película se forma bombeando el lubricante bajo presión entre las superficies de un rodamiento. Las superficies pueden moverse o no una con respecto a la otra. (ver figura 1.6).

La presión hidrostática actúa para separar completamente las superficies, y de esta forma, se establece la lubricación de película llena.

1.4.2 LUBRICACION HIDRODINAMICA.

La lubricación hidrodinámica depende del movimiento entre las dos superficies sólidas para generar y mantener la película lubricante. En un rodamiento simple que no está girando, el árbol descansará en el fondo del cojinete y tenderá a exprimir cualquier lubricante entre las superficies.

Cuando el árbol comienza a girar, una película muy delgada de lubricante tenderá a adherirse a la superficie del árbol y será — arrastrada entre el árbol y el rodamiento. Finalmente, se establece una película que separa las superficies que soportan la carga; así — se genera una película lubricante que se llama película hidrodinámica. En la figura 1.6 se puede apreciar las dos maneras de formación de la película lubricante.

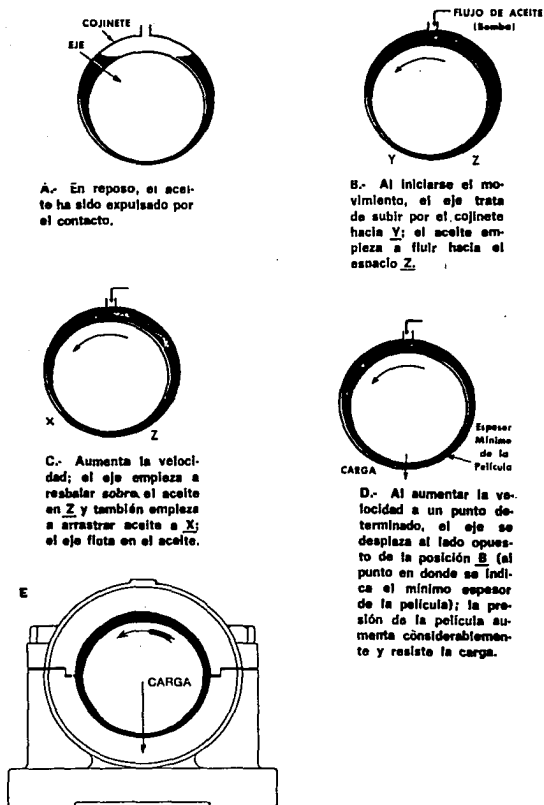


Fig. 1.6: A-D: Lubricación hidrostática; E: Lubricación hidrodinámica.

1.5 TIPOS DE LUBRICANTES.

Actualmente, existen tres categorías principales de lubricantes:

- Lubricantes fluidos.
- Lubricantes semisólidos.
- Lubricantes sólidos.

Cada lubricante tendrá sus propiedades físicas particulares - que afectarán su rendimiento en diferentes aplicaciones. El conocimiento de los diversos tipos de lubricantes que existen en el mercado y una comprensión básica de sus ventajas y limitaciones es la mayor ayuda en la selección del lubricante óptimo para una aplicación particular.

1.5.1 LUBRICANTES FLUIDOS.

LOS ACEITES DE PETRÓLEO O MINERALES, refinados del petróleo - crudo se indican, la mayoría de las veces, como aceites convencionales debido a su amplia aceptación como lubricantes.

Cada compañía fabricante de aceites tendrá en sus listas de - fabricación una variedad de tipos de aceites convencionales, los cuales se pueden agrupar de diferentes formas. Para hacerlo más sencillo se ha elaborado una lista; cada tipo de aceite de los que figuran en la lista tiene ciertas características que lo hacen muy adecuado para la aplicación en la que ha de ser usado:

- 1.- Aceites para árboles.
- 2.- Aceites para engranes.
- 3.- Aceites para rodamientos en general.
- 4.- Aceites para motores eléctricos.
- 5.- Aceites para cilindros.
- 6.- Aceites para turbinas.
- 7.- Aceites para compresores de aire.
- 8.- Aceites para compresores de refrigeración.
- 9.- Aceites hidráulicos.
- 10.- Aceites para corte.

11.- Aceites automotrices.

- FLUIDOS SINTETICOS: Los fluidos sintéticos incluyen todos aquellos hechos artificialmente para utilizarse con propósitos de lubricación.

En esta categoría están incluidos los hidrocarburos sintetizados, ésteres, silicones, ésteres de fosfato y poliglicoles. A diferencia de los aceites minerales, los cuales son una mezcla compleja de hidrocarburos formados naturalmente, los fluidos sintéticos son productos diseñados por el hombre para tener una estructura molecular controlada con propiedades predecibles.

Las razones principales para el empleo creciente de los lubricantes sintéticos son su capacidad para:

- Trabajar donde los lubricantes convencionales no lo hacen.
- Cumplir con ciertas especificaciones o reglamentaciones (como las militares, de seguridad, de contaminación; etc.)
- Proporcionar mejores costos reales, incluyendo ahorros de energía.

La característica distintiva de todos los fluidos sintéticos es la superioridad en uno o más aspectos sobre los aceites minerales convencionales. Las características ventajosas de los lubricantes sintéticos más ampliamente utilizados son:

- Fluidez a bajas temperaturas.
- Estabilidad a altas temperaturas frente a la oxidación y resistencia al incendio.
- Baja volatilidad en relación con la viscosidad.
- Larga vida del aceite, varias veces mayor que los aceites convencionales.
- Reduce notablemente el desgaste de engranes, rodamientos, y de más equipos industriales.
- Reduce los paros de maquinaria no programados.
- Prolonga la vida útil del equipo.
- Alto índice de viscosidad (menor cambio de la viscosidad con la temperatura).

Algunos sintéticos son inertes químicamente; otros son resistentes al fuego. Por ello, los lubricantes sintéticos son los lubricantes de alto rendimiento que resuelven problemas y proporcionan beneficios en la operación como:

- Lubricación menos frecuente.
- Menos mantenimiento.
- Productividad más alta.
- Larga duración en la vida de la máquina.
- Riesgo de incendio reducido.
- Mayor resistencia a los ácidos y disolventes.

Aún cuando los aceites sintéticos de base hacen posible estos beneficios, el costo de éstos en comparación con los lubricantes convencionales es más elevado, pero el rendimiento en operación de los lubricantes sintéticos justifican su costo. En la tabla 1-1 se compara el rendimiento relativo de los lubricantes sintéticos contra el aceite mineral.

| Propiedades | Sintéticos | | | | | | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------|----------------------------|---------------------------|----------|-------------------|--------------------------|---------------|----------------|
| | Aceite mineral | Hidrocarburos sintetizados | | | Esteres orgánicos | | | |
| | | Polialfaolefina (PAO) | Dialquilado benzeno (DAB) | Dibásico | Poliol retardado | Poliálqueno glicol (PAG) | Ester fosfato | Silicon fluido |
| Propiedades viscosidad-temperatura (VI) | F | G | F | VG | G | G | P | E |
| Fluides a baja temperatura, punto de vertido bajo | P | G | G | G | G | G | F | G |
| Resistencia a la oxidación alta temperatura con inhibidores | F | VG | G | G | E | F | F | G |
| Compatibilidad con aceites minerales | E | E | E | G | F | P | F | P |
| Volatilidad baja | F | E | G | E | E | G | G | G |
| Efecto en la mayor parte de pinturas y acabados | N | N | N | S | M | M | C | S |
| Estabilidad en presencia de agua (estabilidad hidráulica) | E | E | E | F | F | VG | F | G |
| Propiedades contra la herrumbre, con inhibidor | E | E | E | F | F | G | F | G |
| Solubilidad de aditivos | E | G | E | G | G | F | G | P |
| Tendencia a hinchar (a elastómeros, hule buna) | L | N | L | M | H | L | H | L |

* La letra significa: nivel de rendimiento. P = pobre, F = aceptable, G = bueno, VG = muy bueno, E = Excelente, M = moderado, H = alto, C = considerable, N = nulo, S = suave, L = ligero

Tabla 1-1: Rendimiento relativo de los lubricantes sintéticos contra el aceite mineral.

Las clases de lubricantes sintéticos utilizados más ampliamente por la industria son:

- Polialfaolefínicos.
- Esteres orgánicos.

- Esteres fosfato.
- Glicoles polialquilenos.
- Silicones.

Los rangos de temperatura de éstos lubricantes, comparados — con los aceites minerales, se muestran en la figura 1.7

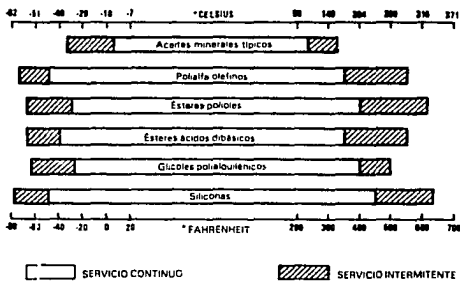


Fig. 1.7: Aceite mineral y lubricantes sintéticos. Límites comparativos de temperatura.

La mayor parte de estos lubricantes se suministra en diversos grados de viscosidad y pueden formularse con los aditivos apropiados para hacer lubricantes industriales, aceites de circulación, lubricantes de engranes y rodamientos, grasas para utilizarse con engranes impulsores de tracción, compresores, bombas, turbinas, calandrias, motores, sistemas hidráulicos, válvulas, etc. Los grados de viscosidad varían desde muy líquidos hasta grasas firmes. En la tabla 1-2 se muestran los principales usos de los lubricantes sintéticos.

- ACEITES ANIMALES Y VEGETALES: Los aceites animales y vegetales, como lo indica el término, son aceites elaborados con grasa animal o vegetal. Se utilizan principalmente donde existe contacto con alimentos y el lubricante debe de ser comestible. Su principal desventaja es que la mayor parte de ellos tiende a deteriorarse rápidamente en presencia del calor.

| | Motores comb. int. | Engranajes y cojinetes | Grasas | Compresores y turbinas* | Fluidos hidráulicos | Emulsiones acuosas |
|------------------------|-----------------------|---------------------------|--------|----------------------------|------------------------|-----------------------|
| Poliálfaolefinos | E | E | E | VG | E | F |
| Esteres orgánicos | G | VG | VG | VG | VG | P |
| Poliálquileno glicoles | --- | VG | G | G | E(FR) | E |
| Esteres fosfatos | --- | --- | --- | VG(FR) | E(FR) | --- |
| Siliconas | --- | VG | E | E | E | --- |
| Aceites minerales | VG | VG | VG | VG | VG | F |

*La letra significa el nivel de rendimiento: P = pobre, F = aceptable, G = bueno, VG = muy bueno, E = excelente.
† FR = resistente al fuego.

Tabla 1-2; Principales usos de los lubricantes sintéticos.

En el pasado, los aceites hechos de grasas animales, como el aceite de esperma de ballena y el aceite de sebo, se utilizaron con frecuencia por sus propiedades de lubricación. Hoy, sin embargo, suelen reemplazarse con aceites grasos sintetizados que realizan la misma función.

1.5.2 LUBRICANTES SEMISOLIDOS (GRASAS).

Las grasas son lubricantes fluidos con espesadores dispersos en ellos para darles una consistencia sólida o semisólida. El National Lubricating Grease Institute (NLGI) define a las grasas lubricantes como: "Un producto semisólido de la combinación de un agente espesante en un lubricante líquido". El contenido de lubricante fluido de una grasa es el que realiza la lubricación. Los espesadores actúan sólo para mantener el lubricante en su lugar, para evitar fugas y para bloquear la entrada de contaminantes. Los espesadores más utilizados son:

- Litio.
- Calcio.
- Sodio.
- Complejo de calcio.
- Complejo de aluminio.
- Poliurea.
- Arcilla o bentonita.

Estos espesadores se emplean en la manufactura de grasas mo-

dernas y cada tipo imparte ciertas propiedades al producto terminado.

En resumen, se puede decir que la grasa es un semisólido hecho por la combinación de aceites y jabones (espesantes) especiales. En tanto que los aceites fluyen por sí mismos, es necesario aplicar presión a las grasas para hacerlas que se muevan o fluyan. Bajo ciertas condiciones, la grasa se usa con preferencia al aceite como lubricante, en general, la grasa se usa en:

- En los casos en que la máquina ha sido diseñada en una forma tal que no hay manera de retener aceite en las partes que van a ser lubricadas. Como un ejemplo de esto, se puede mencionar la lubricación de engranes abiertos.
- Cuando el lubricante debe de actuar como un sello para evitar la entrada de tierra o suciedad dentro de un rodamiento. La grasa mantendrá un sello en los extremos del mismo, donde el aceite escurriría rápidamente.
- En los casos en que se lubriquen rodamientos de motores eléctricos.
- También en los casos en que se tengan velocidades bajas y presiones altas.

A continuación, se detallan algunos aspectos relevantes de los diversos tipos de grasas:

- GRASAS DE CALCIO: Las grasas de calcio son esencialmente dispersiones de jabones de calcio en aceites minerales derivados del petróleo.

Estos productos se caracterizan por tener una textura mantecillosa y untuosa, tienen una buena resistencia mecánica y una excelente resistencia al agua; sin embargo, su resistencia a la temperatura es muy pobre, por lo que este tipo de grasas se emplea en maquinaria que opera a temperaturas moderadas, en contacto con agua o húmedas.

- GRASAS DE SODIO: Las grasas de sodio son dispersiones de jabones de sodio en aceites minerales derivados del petróleo. Este tipo de grasas tienen una textura fibrosa y son generalmente de color oscuro; tienen una resistencia mecánica pobre o regular, y un punto de goteo mayor que las grasas de calcio. Sin embargo, en virtud de que

los jabones de sodio son extremadamente solubles en agua, esta situación impide su empleo en maquinaria que se encuentre en contacto con agua o con un ambiente de alto contenido de humedad.

- GRASAS DE LITIO: Las grasas de litio son esencialmente dispersiones de jabones de litio en aceites básicos derivados del petróleo y tienen una textura suave y atractiva. Este tipo de grasas elimina las desventajas encontradas en los tipos de grasas anteriores; así tienen un punto de goteo más alto que las grasas de calcio y de sodio, son resistentes al agua y presentan una excelente estabilidad mecánica.

Estos productos están diseñados para lubricar en forma continua a temperaturas entre los 135-140 grados centígrados, en operación continua sin escurrirse, debido a su alto punto de goteo, y en periodos cortos de operación, a temperaturas de hasta 170 grados centígrados. Su alta resistencia al agua y a la humedad, y su excelente bombeabilidad la hacen la grasa ideal para la maquinaria moderna, permitiendo lubricar adecuadamente las diversas partes de la máquina, por lo que a estas grasas se les conoce como "grasas de uso múltiple" estas tienen también buena resistencia a la oxidación y una buena protección contra la herrumbre y corrosión. Estas grasas tienen un color ambar-verdoso.

- GRASAS DE BENTONA: Este tipo de grasas son arcillas bentónicas modificadas para su dispersión en aceites minerales derivados del petróleo. Su característica fundamental y principal ventaja con respecto a las grasas descritas anteriormente es su muy alto punto de goteo, lo que impide su escurrimiento en piezas de maquinaria que operan a alta temperatura.

Dichas grasas tienen una buena resistencia al agua y su estabilidad mecánica es regular. En aplicaciones de lubricación de piezas sometidas a altas temperaturas, deberá relubricarse frecuentemente, ya que de otra forma, estas grasas dejarán un residuo arcilloso que puede ser dañino para la máquina.

-GRASAS COMPLEJAS: Las grasas complejas son dispersiones de jabones complejos que pueden ser calcio, aluminio y litio. Las grasas comple

jas se caracterizan por tener puntos de goteo más altos que las grasas hechas a base de jabones simples de los mismos metales, siendo — las otras características similares. Sin embargo, sus complicados — procesos de fabricación y la escasez de ciertos tipos de materiales empleados en su producción las hacen relativamente costosas y escasas, quizás a excepción de la grasa compleja de calcio.

GRASAS SINTÉTICAS: Las grasas sintéticas son dispersiones de jabones simples, complejas o arcillas bentónicas modificadas en aceites sintéticos. Entre los aceites sintéticos que se emplean para la elaboración de grasas lubricantes se encuentran los poliglicoles, los aceites de silicón, los polioles, etc. Las grasas sintéticas generalmente tienen características de funcionamiento superiores a las grasas elaboradas a base de aceites minerales derivados del petróleo, como altos puntos de goteo y excelente estabilidad a la oxidación y a la corrosión; sin embargo, el alto costo de los aceites sintéticos que se producen, hacen que dichas grasas sean las de mayor costo en el mercado, por lo que se usan únicamente en aplicaciones muy especiales.

La tabla 1-3 describe algunas de las propiedades y aplicaciones usuales de las grasas manufacturadas con espesadores comunes.

1.5.3 LUBRICANTES SÓLIDOS.

Los lubricantes sólidos como el grafito y el disulfuro de molibdeno no sólo se emplean por sí mismos, sino que también se agregan con frecuencia con los aceites y grasas para mejorar su comportamiento en condiciones extremas de lubricación.

Tabla 1-31 Guía de aplicación de grasas.

| | Espesador | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| | Lítio | Calcio | Sodio | Complejo de calcio | Complejo de aluminio | Políurea | Arcilla o bentonita |
| | Propiedades | | | | | | |
| Punto de calda, °F promedio | 350-375 | 200-225 | 325-350 | 600+ | 600 | 550 | |
| Temperatura máxima promedio de empleo, °F | 275 | 175 | 250 | 400 | 200 | 350 | 275 |
| Característica de alta temperatura | Buenas | Pobre | Aceptable a buena | Buena | Buena | Excelente | Buena |
| Estabilidad térmica | Buena | Pobre | Aceptable a buena | Buena | Buena | Excelente | Buena |
| Características de baja temperatura | Buena | Aceptable | Aceptable | Aceptable a buena | Aceptable a buena | Buena | Buena |
| Facilidad de bombeo | Excelente | Aceptable a buena | Pobre | Aceptable | Aceptable a buena | Buena a excelente | Buena |
| Estabilidad mecánica | Buena | Buena | Aceptable a buena | Excelente | Excelente | Excelente | Excelente |
| Separación de aceite | Buena | Excelente | Pobre | Buena | Excelente | Excelente | Buena |
| Resistencia al agua | Suave y como mantequilla | Suave y como mantequilla | Mantequilla a fibrosa | Suave y como mantequilla | Suave y como mantequilla | Suave y como mantequilla | Suave y como mantequilla |
| Textura | Aceptable a buena | Pobre | Excelente | Excelente | Buena | Excelente | Pobre |
| Protección contra la herrumbre | Aceptable a buenas | Pobre | Pobre | Buenas | Buena | Excelente | Buena |
| Estabilidad contra la oxidación | | | Buenas propiedades adhesiva y cohesiva | Buenas propiedades EP inherentes | | | |
| Otras propiedades | | | | | | | |
| | Aplicaciones | | | | | | |
| Usos diversos Todas las aplicaciones excepto temperaturas extra altas | Cuando el agua es factor dominante Mojada condiciones de temperatura baja moderada Cojinetes simples y de rodillos, bombas de agua, correderas | Cojinetes antifricción y simples Motores eléctricos, ventiladores Debe utilizarse en condiciones secas | Altas temperaturas Condiciones corrosivas No se utilice en sistemas centralizados de lubricación | Usos diversos Altas temperaturas moderadamente altas | Usos diversos Temperaturas Cojinetes antifricción y simple Motores eléctricos, ventiladores Condiciones húmedas Condiciones corrosivas | Usos diversos Temperaturas altas | |

1.6 PROPIEDADES DEL ACEITE.

Las diversas propiedades físicas y químicas de los aceites lubricantes se miden y se emplean para determinar lo adecuado que es un lubricante para diferentes aplicaciones. Entre estas propiedades se encuentran las siguientes:

1.6.1 VISCOSIDAD ABSOLUTA.

Entre las diversas propiedades y especificaciones del lubricante, la viscosidad (denominada también como cuerpo o peso) se suele considerar como la más importante. Es una medida para vencer la fricción fluida y permitir que un aceite fluya, es decir, la viscosidad es la resistencia interna de un líquido a fluir; mientras más fácilmente un líquido fluya, éste tendrá viscosidad e resistencia al flujo, baja; si el líquido fluye con dificultad, éste tiene una viscosidad o resistencia al flujo, alta.

La unidad estándar de viscosidad en el sistema inglés es el "Reyn" que se expresa en libras por segundo por pulgada cuadrada. La unidad estándar en el sistema internacional es el "Poise", que se expresa en gramos sobre centímetros por segundo:

$$1 \text{ Reyn} = 6.895 \times 10 \text{ Poises}$$

$$100 \text{ cp} = 1 \text{ Poise (P)}$$

$$1 \text{ Poise (P)} = 1 \text{ gr} / \text{cm} \times \text{s} = 0.1 \text{ Kg} / \text{m} \times \text{s}$$

1.6.2 VISCOSIDAD CINEMATICA.

La viscosidad cinemática es la viscosidad absoluta de un fluido dividida entre su densidad de masa (peso específico). En el sistema inglés, la unidad estándar de viscosidad cinemática es el "Hwt" y se expresa en pulgadas cuadradas por segundo. En el sistema internacional, la unidad estándar de viscosidad cinemática es el "Stoke" y se expresa en centímetros cuadrados por segundo:

$$\frac{\text{Centipoises}}{\text{Pese Esp.}} = \text{Centistokes}$$

$$1 \text{ Stoke} = 1 \text{ cm}^2 / \text{s} = 0.0001 \text{ m}^2 / \text{s}$$

1.6.3 VISCOSIDAD UNIVERSAL SAYBOLT.

Esta viscosidad es conocida también como segundos universales Saybolt. Es el tiempo que requieren 60 centímetros cúbicos de un fluido para que fluyan a través del orificio del viscosímetro universal Saybolt estándar.

1.6.4 VISCOSIDAD I.S.O.

Con la tendencia hacia la adopción del metro y el establecimiento de la International Organization for Standardization (ISO) del sistema de identificación del grado de viscosidad, el centistoke ha llegado a ser la unidad preferida de medida. El sistema de grado de viscosidad ISO contiene 18 grados, que cubren una gama de viscosidad de 2 a 1500 centistokes a 40°C. Cada grado es aproximadamente 50% más viscoso que el grado inferior contiguo.

En países de habla inglesa y en la técnica automovilística se define la viscosidad de aceites lubricantes según la clasificación S.A.E. (Society of Automotive Engineers). En la tabla 1-4 se muestran las clasificaciones de viscosidad de los lubricantes industriales más utilizados.

1.6.5 VISCOSIMETRO

Los laboratorios determinan experimentalmente la viscosidad del aceite usando un instrumento llamado viscosímetro (ver figura 1.8).

El viscosímetro mide la viscosidad cinemática de un aceite por el tiempo en segundos que requiere un volumen específico de lubricante para pasar a través de un capilar de tamaño especificado, a una temperatura determinada. En la tabla 1-5 se incluyen los factores para conversiones de viscosidad.

Sistema de grados de viscosidad ISO/ASTM

| ISO grados de viscosidad no. (ISO VG) | Viscosidad cinemática cSt a 40°C | Viscosidad Saybolt, SUS a 100°F (aproximada)* | ASTM - ASLE grado continuo N° 1 | AGMA lubrificante no. 1 | Viscosidad SAE No. (aproximada)† | Engranajes SAE, viscosidad no. (aproximada)‡ |
|------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 2 | 1.96 a 2.42 | 32.8 a 34.4 | 32 | --- | --- | --- |
| 3 | 2.88 a 3.52 | 36.0 a 39.2 | 36 | --- | --- | --- |
| 5 | 4.14 a 5.06 | 40.1 a 43.5 | 40 | --- | --- | --- |
| 7 | 6.12 a 7.48 | 47.2 a 52.0 | 50 | --- | --- | --- |
| 10 | 9.00 a 11.0 | 57.6 a 65.1 | 60 | --- | --- | --- |
| 15 | 13.8 a 16.5 | 69.0 a 76.8 | 68 | --- | 68W | --- |
| 22 | 19.8 a 23.8 | 101.8 a 128.0 | 105 | --- | 100W | --- |
| 32 | 29.8 a 35.2 | 149.1 a 161.7 | 150 | --- | 150W | --- |
| 46 | 41.4 a 49.6 | 214 a 262 | 215 | --- | 200W | 73W |
| 68 | 61.2 a 74.8 | 317 a 369 | 315 | 1 (R & O), EP | 300W | 100W |
| 100 | 80.0 a 100 | 468 a 574 | 405 | 3 (R & O), EP | 30 | --- |
| 150 | 135 a 165 | 799 a 866 | 700 | 4 (R & O), EP | 60 | --- |
| 220 | 198 a 242 | 1047 a 1293 | 1000 | 5 (R & O), EP | 90 | --- |
| 320 | 298 a 362 | 1521 a 1876 | 1500 | 7 (R & O), EP | 150 | --- |
| 460 | 414 a 496 | 2250 a 2710 | 2150 | 10 (R & O), EP | 220 | --- |
| 680 | 612 a 748 | 3250 a 3900 | 3150 | 15 (R & O), EP | 320 | --- |
| 1000 | 800 a 1000 | 4680 a 5860 | 4650 | 22 (R & O), EP | 460 | --- |
| 1500 | 1250 a 1650 | 7381 a 9020 | 7000 | 33 (R & O), comp | 680 | --- |

* Las viscosidades SUS son aproximadas y se basan en los aceites de un solo grado ISO VI

† Los números son equivalentes a la declaración de la revista *Plant Engineering*. La American Society of Lubrication Engineers (ASLE) y la American Society for Testing and Material (ASTM) utilizan un sistema de grados de viscosidad basado en SUS a 100°F. Este sistema es ahora obsoleto.

‡ La American Gear Manufacturer Association (AGMA) ha propuesto revisiones que resultan en lubricante No. AGM A al del No. VG.

§ Clasificación de viscosidad de aceites para motor SAE J 2404.

¶ Clasificación de viscosidad de lubricante para eje y transmisión manual SAE J 2404.

Tabla 1-4: Clasificaciones de viscosidad de los lubricantes industriales comúnmente utilizados.

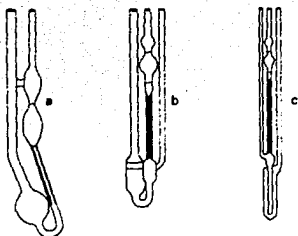


Fig 1.8: Viscosímetros de tubo capilar utilizados para medir la viscosidad cinemática: a) Ostwald modificado, b) Ubbelohde, c) Fitz Simmons.

| Columna A | Columna B | Factores de multiplicación. | |
|----------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| | | Para convertir A en B multiplicar A por | Para convertir B en A multiplicar B por |
| Segundos Saybolt Universal | Segundos Saybolt Furoi | 0'1 | 10 |
| Segundos Saybolt Universal | Segundos Redwood No. 1 | 0'8 | 1'25 |
| Segundos Saybolt Universal | Grados Engler | 0'03 | 33 |
| Segundos Saybolt Universal | Viscosidad cinemática (centistokes) | 0'22 | 4'5 (SSU > 100) |
| Viscosidad cinemática | Viscosidad absoluta | 1 | 1 |
| Segundos Redwood No. 1 | Segundos Redwood No. 2 | 0'1 | 10 |
| Segundos Engler | Grados Engler | 0'02 | 50 |

Tabla 1-5: Factores de multiplicación para conversión.

1.6.6 INDICE DE VISCOSIDAD.

El índice de viscosidad (I.V.) es una medida empírica del cambio de viscosidad del aceite a causa de la temperatura. A mayor valor del índice de viscosidad, será menor el cambio en la viscosidad del aceite que produzca la temperatura. Originalmente, los índices -

de viscosidad variaban de 0 a 100; actualmente, se logran índices de viscosidad mayores de 100 con ciertos aceites sintéticos o a través del empleo de aditivos, de los cuales se hablará más adelante. El índice de viscosidad no constituye indicación alguna de la calidad del aceite, simplemente indica qué efectos tienen los cambios de temperatura sobre el lubricante.

1.6.7 NORMAS BASICAS PARA LA SELECCION DE LA VISCOSIDAD.

La viscosidad de un aceite se escoge en base a la carga, la temperatura y la velocidad con la que opera el equipo a ser lubricado, ésto es:

| PARA | USAR |
|--------------------|-------------------|
| Alta velocidad | Lubricante ligero |
| Baja velocidad | Lubricante pesado |
| Carga ligera | Lubricante ligero |
| Carga pesada | Lubricante pesado |
| Bajas temperaturas | Lubricante ligero |
| Altas temperaturas | Lubricante pesado |

Naturalmente que siempre deberá haber un balance entre los factores velocidad, carga, temperatura para determinar la viscosidad adecuada de cada caso en particular.

1.6.8 ESTABILIDAD A LA OXIDACION.

Cuando un lubricante se expone al calor y al aire, tiene lugar una reacción química llamada oxidación. Esta reacción suele ser acompañada por un aumento en la viscosidad del aceite.

La rapidez de oxidación depende de la composición química del aceite, de la temperatura ambiente, de la amplitud del área de superficie expuesta al aire, del tiempo en que el lubricante ha estado en servicio y de la presencia de contaminantes que pueden influir para la oxidación; ésta reduce la vida útil del lubricante, ya que altera su estructura formando ácidos. Actualmente para evitar la oxidación, los lubricantes llevan aditivos que la impiden.

1.6.9 ESTABILIDAD TÉRMICA.

La estabilidad térmica es una medida de la capacidad de los aceites para resistir los cambios químicos debidos a la alta temperatura. Ya que el oxígeno está presente en la mayor parte de las aplicaciones del lubricante, el término "estabilidad térmica" se usa frecuentemente en relación con la resistencia de un aceite a la oxidación. Es deseable que el lubricante tenga la mayor estabilidad térmica posible.

1.6.10 ESTABILIDAD QUÍMICA.

La estabilidad química mide la capacidad del aceite para resistir los cambios químicos. Usualmente, también se refiere a la estabilidad a la oxidación de un aceite. La estabilidad química puede indicar que un aceite es inerte ante la presencia de diversos contaminantes exteriores.

1.6.11 RESIDUOS DE CARBÓN.

Es una medida de la cantidad de carbón o residuos que quedan después de haber quemado una cantidad determinada del producto. Los aceites con un bajo residuo de carbón son más convenientes como lubricantes que los aceites que tienen un elevado residuo de carbón, ya que éstos al aplicarse a piezas que estén sometidas a altas temperaturas, pueden dejar residuos de carbón, los cuales no son convenientes, ya que pueden afectar al correcto funcionamiento de la maquinaria.

1.6.12 NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN.

El número de neutralización es una medida de la acidez o de la alcalinidad de un aceite. Usualmente se indica como el número total ácido (N.T.A.) o el número total base (N.T.B.) y se expresa como el equivalente en miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar el contenido ácido o básico de una muestra de un gramo -

de aceite. El aumento en el N.T.A. o la disminución del N.T.B. suele indicar que ha ocurrido la oxidación.

1.6.13 LUBRICIDAD.

La lubricidad es el término que se emplea para describir la deslizabilidad. Si dos aceites de la misma viscosidad se utilizan en la misma aplicación y uno de ellos causa una reducción mayor en la fricción que el otro, se dice que tiene mayor lubricidad que el primero. Este es un término estrictamente descriptivo.

1.6.14 NUMERO DE SAPONIFICACION.

El número de saponificación (No. SAP) es un indicador de la cantidad de material graso presente en un aceite. El número SAP varía de cero en un aceite que no contiene material graso a 200 para el material con 100% de grasa.

1.6.15 DESEMULSIBILIDAD.

La desemulsibilidad es el término usado para describir la capacidad de un aceite para ceder agua. Cuando mejor sea la desemulsibilidad del aceite, más rápidamente el aceite se separará del agua después de que los dos se han mezclado.

1.6.16 GRAVEDAD A.P.I.

La gravedad A.P.I. es una medida relativa del peso unitario del producto del petróleo. Se relaciona con la gravedad específica de la siguiente forma:

$$\text{Gravedad A.P.I.} = \frac{141.5}{\text{gravedad específica}} - 131.5$$

1.6.17 PUNTO DE FLUIDEZ CRITICA.

Este también es conocido como punto de congelación. El punto

de fluidez es la temperatura más baja a la cual el aceite fluirá en cierto procedimiento de prueba. Esta característica es de importancia primordial cuando se selecciona un lubricante para operar a temperaturas por debajo de cero.

1.6.18 PUNTO DE DESPRENDIMIENTO DE GASES.

Este punto también es conocido como punto de ignición. Es la temperatura a la cual el aceite emana vapores en cantidad suficiente para ser encendidos en presencia de una llama abierta. En el punto de desprendimiento de gases, el aceite en sí no se quema.

1.6.19 PUNTO DE INFLAMACION.

Es la temperatura a la cual el aceite arde cuando se le somete a la prueba de desprendimiento de gases. Esta temperatura es usualmente 50°F más elevada que la del punto de desprendimiento.

1.6.20 PUNTO DE COMBUSTION.

Es la temperatura del aceite a la cual los vapores del aceite mantendrán una llama continua. Este punto de combustión suele ser aproximadamente 60°F por arriba del punto de inflamación.

1.6.21 PUNTO DE NEBULIZACION.

Es la temperatura a la cual la parafina presente en el aceite empieza a cristalizarse o a separarse de la solución cuando el aceite es enfriado bajo condiciones específicas. Los aceites que están libres de parafina o que contienen pequeñas cantidades, no muestran este punto.

1.6.22 COLOR DEL ACEITE.

El color del aceite no es una indicación de su calidad. El to no se controla por el refinador, es decir, por el fabricante con el fin de mantener un color estable para cada tipo de aceite.

1.7 PROPIEDADES DE LAS GRASAS.

Las diversas propiedades físicas y químicas de las grasas determinarán el comportamiento de éstas en una aplicación específica:

1.7.1 PENETRACION.

La penetración es un indicador de la dureza o suavidad relativa de la grasa y no es un criterio de calidad. Medida en un penetrómetro a 77°F (25°C) es la profundidad de penetración, en décimos de milímetro en un cono estandar de 150 grms. de grasa. Cuanto más suave sea la grasa, mayor será el número de penetración. (ver fig. 1.0).

Si la muestra de penetración se realiza en una muestra "no trabajada", el resultado de la prueba se informa como penetración no trabajada. Si la muestra ha sido sometida a extrusión mediante un pistón perforado, con cierto número de bombeos, casi siempre 60, antes de la prueba de penetración, los resultados de dicha prueba se informan como penetración trabajada. Normalmente, es deseable tener tan poca diferencia como sea posible entre la penetración trabajada y la no trabajada, ya que al trabajarse, la grasa se ablanda.

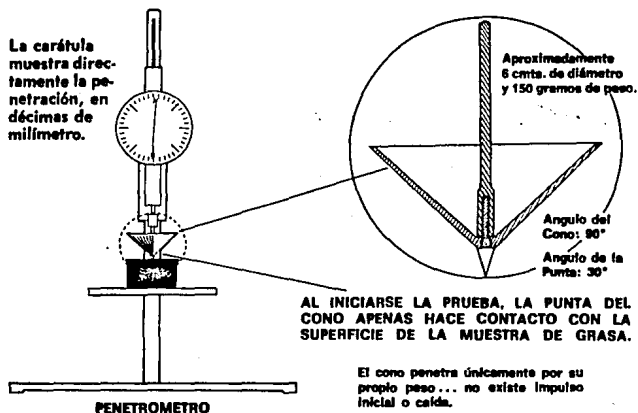
1.7.2 NUMERO DE CONSISTENCIA NLGI.

El Instituto Nacional de la Grasa lubricante (NLGI) ha desarrollado un sistema numérico que varía desde 000 (triple cero) hasta 6 para identificar diversas consistencias de grasa.

Las grasas de números bajos son más suaves, y las de números altos son más consistentes. Este sistema es utilizado por la mayor parte de las industrias. La tabla 1-6 proporciona los números NLGI, los niveles correspondientes de penetración trabajada y sus consistencias correspondientes. La mayor parte de las grasas para propósitos múltiples son de consistencia con base a ésta clasificación, 1 ó 2.

DEFINICION: Grado de dureza o resistencia a la penetración.

DETERMINACION: Por medio de un cono de prueba estandar sujeto a caída por gravedad.



PENETRACION ASTM = Es la lectura del aparato después de 5 segundos de penetración dentro de la muestra de grasa, a una temperatura de 77°F (25°C).

Fig 1.9: Prueba de penetración o de dureza para grasas.

| Grado de consistencia NLGI | Penetración trabajada ASTM D 217-60T | Descripción |
|----------------------------|--------------------------------------|-------------|
| 000 | 445-475 | Muy fluida |
| 00 | 400-430 | Fluida |
| 0 | 355-385 | Semifluida |
| 1 | 310-340 | Muy suave |
| 2 | 265-295 | Suave |
| 3 | 220-250 | Semipastosa |
| 4 | 175-205 | Pastosa |
| 5 | 130-160 | Muy pastosa |
| 6 | 85-115 | Dura |

Tabla 1-6: Clasificación NLGI de grasas.

1.7.3 PUNTO DE GOTEO.

El punto de goteo de las grasas está determinado por la temperatura a la cual la grasa comienza a gotear desde el dispositivo de ensayo. La temperatura de servicio de una grasa tiene que estar muy por debajo del punto de goteo, por lo menos 50°C , ya que la mayoría de las grasas lubricantes comienzan a descomponerse por debajo del punto de goteo, pasando a un estado líquido pastoso (separación del espesante y del aceite). En las grasas a base de litio, el punto de goteo está normalmente entre los 180°C - 190°C . En las grasas a base de sodio, el punto de goteo está entre los 70°C - 180°C . Las grasas a base de calcio tienen este punto a temperaturas alrededor de los 100°C .

1.7.4 JABÓN.

El espesante empleado para la manufactura de grasas se le conoce como "jabón". Muchas grasas incluyen jabones metálicos como espesadores. La tabla 1-3 muestra la comparación de algunas de las propiedades de las grasas manufacturadas con diferentes jabones y sus aplicaciones más usuales.

1.8 ADITIVOS.

Es posible, a través del empleo de aditivos, mejorar la capacidad de un lubricante para proteger superficies metálicas, resistir los cambios químicos y expulsar a los contaminantes.

1.8.1 ADITIVOS PARA LAS GRASAS.

Para mejorar el rendimiento de las grasas se les añade con frecuencia lubricantes sólidos, sobre todo bisulfito de molibdeno, - estos lubricantes sólidos se llaman aditivos.

1.8.2 ADITIVOS PARA LOS ACEITES.

Ya que los aceites lubricantes industriales se suelen describir de acuerdo con los aditivos que contienen, servirá de ayuda entender la función de los tipos principales de aditivos. A continuación se dan las definiciones generales de algunos de los más comunes listados en orden alfabético:

- Agentes para eliminar el aire: Ayudan al aceite a liberar el aire entrampado.
- Agentes antiespumantes: Promueven la rotura rápida de las burbujas de espuma.
- Agentes contra el desgaste: Disminuyen el coeficiente de fricción y reducen el desgaste en condiciones de lubricación de frontera.
- Deseulsificadores: Ayudan a la capacidad natural de un aceite para separarse rápidamente del agua. Estos agentes pueden ser de ayuda para evitar la herrumbre, ya que tienden a mantener el agua afuera - del aceite y de las superficies de metal.
- Agentes detergentes y dispersivos: Estos evitan la formación de barnices y lodos. Se encuentran comúnmente en aceites para motor.
- Emulsificadores: Permiten la mezcla de aceite y agua para formar emulsiones estables. Se utilizan en la manufactura de aceites solubles en agua.
- Agentes para extrema presión: Protegen contra el contacto de metal con metal después que la película de aceite se ha roto por cargas al

tas. La mayor parte de los aceites para extrema presión que hay en el mercado no son corrosivos para casi todos los metales, incluso el latón. Esto no era así en algunas de las primeras formulaciones, y todavía existen al respecto muchos conceptos erróneos.

- Compuestos grasos o de lubricidad: Mejoran la lubricidad o la deslizabilidad de un aceite. Estos compuestos son también de ayuda para resistir el mezclado con agua.

- Inhibidores de la oxidación: Evitan o retardan la oxidación de un aceite, y por ello, reducen la formación de ácidos.

- Abatidores del punto de fluidez: Abaten el punto de fluidez de los aceites parafínicos de petróleo.

- Inhibidores de la herrumbre y corrosión: Mejoran la capacidad de un aceite para proteger las superficies de metal contra la herrumbre y la corrosión.

- Mejoradores del índice de viscosidad: Aumentan el índice de viscosidad de un aceite por el cambio de viscosidad a altas temperaturas; estos aditivos se emplean mucho en los aceites de motor, para crear los aceites "multigrados".

1.9 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES.

Los lubricantes reducen la fricción y el desgaste, pero los lubricantes tienen también otras funciones importantes; por ejemplo, se llevan el calor de los cojinetes y de las partes que se mueven, a menudo ayudan en el sellado contra la suciedad, protegen las superficies contra la herrumbre y corrosión. En el equipo hidráulico, el lubricante de hecho sirve para transmitir potencia de una parte a otra de la máquina.

- Reduce la fricción: ¿Cómo reduce la fricción un lubricante? Supóngase que se colocan dos bloques de acero, de superficies muy pulidas uno encima del otro. Si se empuja con cierta fuerza al bloque superior, se puede hacer que se deslice sobre el bloque inferior. Cuando se mide esta fuerza, se requiere un empuje, de tal vez 7 kg para mover el bloque superior. Aplicando aceite entre los bloques, se encontrará que sólo se requiere un empuje de un poco más de 1 kg para deslizar al bloque superior. Se puede decir que el aceite redujo la fricción entre los bloques. Si se observan las superficies de acero con un poderoso microscopio, se vería que de hecho contienen pequeños picos y valles, que se entrelazan e impiden que las piezas se deslicen libremente. Cuando hay aceite presente entre los bloques, éstos están separados y los pequeños picos y valles ya no se entrelazan. El bloque superior puede entonces deslizarse muy libremente sobre el bloque inferior (ver figura 1.10).

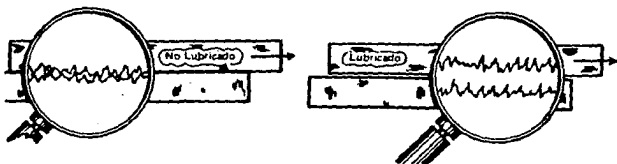


Fig. 1.10: El lubricante reduce la fricción.

Esto explica también la manera de cómo un lubricante reduce el desgaste. Si no estuviesen lubricados, algunos de los pequeños pi

cos se romperían al moverse un bloque contra otro. A la larga, esto resultaría en un desgaste visible de los bloques. Los picos no pueden hacer contacto entre ellos cuando un lubricante está presente y consecuentemente, se reduce el desgaste.

- Se lleva el calor: Otra función de los lubricantes consiste en llevarse el calor. Cierta cantidad de calor se desarrolla siempre en los puntos de contacto de dos piezas de una máquina que rozan una contra la otra, aún cuando estén bien lubricadas. El aceite absorbe el calor. En algunos sistemas circulatorios, el aceite caliente se lleva a enfriadores, y luego se le regresa para otro ciclo, pero un calor excesivo del aceite es una señal de peligro que demanda una inspección de la maquinaria para determinar la causa de la generación de calor (ver figura 1.11)

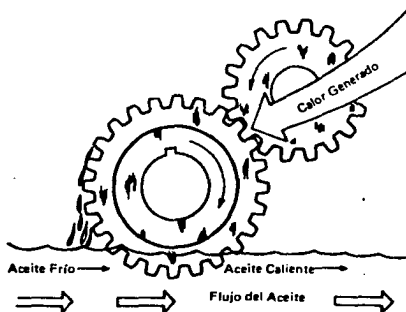


Fig. 1.11: El lubricante se lleva el calor.

- Evita la suciedad: El uso apropiado de los lubricantes puede evitar que la suciedad entre en un cojinete y dañe las superficies lisas de éste y el muñón. Cada vez que se hace una nueva aplicación de grasa, cierta cantidad de grasa limpia es obligada a salir por los extremos para mantener el sello (ver figura 1.12).

-Evita la herrumbre: El efecto de la herrumbre sobre un metal no protegido puede verse a simple vista. Cuando el metal ha sido expuesto

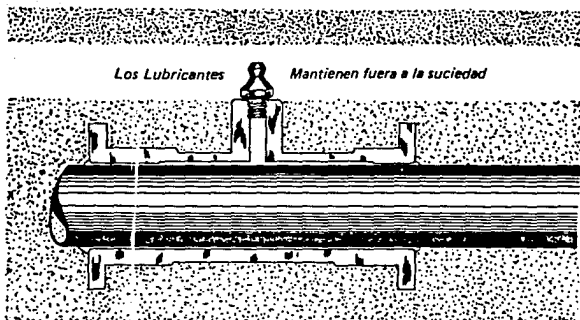


Fig. 1.12: Los lubricantes evitan la suciedad.

al aire y a la humedad sin protección, el efecto se refleja en una gran oxidación, que en algunas veces, puede demeritar a tal grado una pieza, que puede hacerla inservible. La presencia de una película lubricante sobre cojinetes y engranes los protege de la herrumbre al evitar el contacto con el aire y la humedad. Por esta razón, los cojinetes y engranes que se tengan en almacén deberán cubrirse con una capa de producto antiherrumbre.

- Transmite potencia: La gran mayoría de las personas están familiarizados con el elevador hidráulico que se usa para levantar automóviles en un taller de servicio. Dicho elevador es un ejemplo del aceite para transmitir potencia, y este principio es utilizado en muchas máquinas.

En un equipo hidráulico que usa aceite como medio de transmisión de potencia, el aceite no se considera como un lubricante como tal, pero el mantenimiento del equipo hidráulico es a menudo responsabilidad del encargado de la lubricación.

1.10 LINEAMIENTOS GUIA GENERALES DE SELECCION DE LUBRICANTES.

La lubricación práctica es más que una ciencia exacta, un arte; la selección del lubricante adecuado depende del diseño del equipo, - las condiciones de operación y el método de aplicación.

La mayoría de los fabricantes de equipo proporcionan recomendaciones de lubricación basadas en el diseño, condiciones normales de operación y experiencia pasada. Siempre que sea posible, se deben de seguir esas recomendaciones. Además, los proveedores más prestigiosos de aceite se mantienen en íntimo contacto con los fabricantes más importantes de equipo, y están a la disposición de los usuarios para la selección de lubricantes.

El aceite de viscosidad adecuada para una aplicación es una - función de la velocidad, carga y temperatura, como anteriormente se - había mencionado. Idealmente, se preferiría seleccionar el aceite de la viscosidad más baja posible que es capaz de mantener una película lubricante entre las superficies móviles. La selección de un aceite - de más alta viscosidad que la necesaria, puede resultar en pérdidas - de potencia y aumentos de temperatura debidos a la más alta fricción fluida interna del lubricante. El efecto de las temperaturas de opera - ción en la selección del lubricante no deben de pasarse por alto, con el objeto de asegurar el espesor adecuado de la película lubricante, y fricción fluida mínima ante los cambios de temperatura.

Los fluidos con alto índice de viscosidad (IV) deben utilizarse para aplicaciones en las que se tengan amplios rangos de temperatura.

1.11 LIMITES DE OPERACION DE LOS ACEITES DE PETROLEO.

Como resultado de la tecnología de aditivos, puede encontrarse para la mayor parte de las aplicaciones un aceite de lubricación adecuado a base de petróleo. También pueden ocurrir rendimientos no satisfactorios de los aceites de petróleo en tres tipos de condiciones extremas de temperatura:

- Temperaturas excesivamente altas.
- Temperaturas excesivamente bajas.
- Variaciones exageradas de la temperatura.

Los aceites de petróleo soportarán adecuadamente muy altas — temperaturas durante períodos de tiempo muy cortos. Ocurrirán problemas cuando el aceite se someta a altas temperaturas durante períodos de tiempo largos. La rapidez de oxidación de los aceites de petróleo sometidos a temperaturas constantes por arriba de 115°F (45°C) se duplicará aproximadamente por cada 15 a 20°F (8 a 10°C) de elevación de temperatura. Las temperaturas por arriba de 200°F (95°C) casi — siempre producirán lodos excesivos, por lo que deben evitarse.

En los sistemas de circulación, el recipiente del aceite debe estar siempre lo bastante frío para que se pueda poner la mano en él, la rapidez de oxidación suele ser despreciable a temperaturas por debajo de los 115°F (45°C). Los aceites de petróleo no deben utilizarse a temperaturas más bajas de 10 a 15°F (8 a 10°C) por arriba de su punto de fluidez. Para aplicaciones sometidas a grandes variaciones de temperatura se deben emplear fluidos con alto índice de viscosidad. El índice de viscosidad debe ser lo suficientemente alto para asegurar que la viscosidad del aceite permanezca dentro de los límites recomendados en ambos extremos, alto y bajo de temperatura, dentro de los cuales trabaja el equipo a ser lubricado.

CAPITULO II
IMPORTANCIA DE LA LUBRICACION EN UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

- 2.1 Importancia de la lubricación en el mantenimiento industrial.**
- 2.2 Tipos de mantenimiento.**
 - 2.2.1 Mantenimiento correctivo.**
 - 2.2.2 Mantenimiento preventivo.**
 - 2.2.3 Mantenimiento predictivo.**
- 2.3 Forma de aplicación de los lubricantes.**
 - 2.3.1 Aceites**
 - 2.3.1.1 Lubricación escasa.**
 - 2.3.1.2 Métodos de depósito.**
 - 2.3.1.3 Sistema de circulación.**
 - 2.3.1.4 Otros métodos de lubricación.**
 - 2.3.2 Grasas.**
 - 2.3.2.1 Aplicación manual.**
 - 2.3.2.2 Graseras de copa.**
 - 2.3.2.3 Graseras.**
 - 2.3.2.4 Pistolas de engrasar.**
 - 2.3.2.5 Domba de cubeta.**
 - 2.3.2.6 Bomba de engrase neumáticas.**
 - 2.3.2.7 Pistolas de rociado.**
 - 2.3.2.8 Sistemas centralizados de engrasar.**
- 2.4 Departamento de mantenimiento.**
- 2.5 Hoja de control.**
- 2.6 Manejo y almacenamiento de lubricantes.**
 - 2.6.1 Almacenaje a la intemperie.**
 - 2.6.2 Almacenaje bajo techo.**
 - 2.6.3 Equipos para sacar lubricantes de sus envases.**
- 2.7 Principales contaminantes que afectan el desempeño de los lubricantes.**

2.1 IMPORTANCIA DE LA LUBRICACION EN EL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL.

El mantenimiento, tal como se aplica a la maquinaria en plan--tas de producción, es aquel que se programa cuidadosamente con antici--pación, en base a la inspección del equipo, con el propósito de preve--nir fallas y paros de emergencia.

Como función principal, el mantenimiento se ocupa de la conser--vación de las máquinas de producción, evitando que éstas causen paros en la operación por la necesidad de darles servicio o repararlas. El objetivo principal del mantenimiento es, por supuesto, aumentar la --productividad a través de mejorar la eficiencia de las máquinas y re--ducir los costos de operación, aspectos que se traducen en menos re--chazos por mejores acabados de los productos y reducción en los mate--riales de repuesto debido a la más efectiva actuación del personal en las reparaciones y en la lubricación.

Por todo lo anterior, se deduce que el mantenimiento tiene un efecto muy grande sobre la producción y por otra parte, la lubrica--ción correcta influye muy fuertemente en los costos de mantenimiento, siendo ésta en realidad, una parte integral del programa de manteni--ento. Uno de los objetivos de la lubricación, es conservar las máqui--nas operando suavemente y produciendo piezas con exactitud y acabado aceptables. Otro de sus objetivos es el reducir el desgaste en las --piezas que se están lubricando. La importancia de la lubricación en --el mantenimiento mecánico, tal como se ha hecho notar, se capta fácil--mente, lo que no es fácil comprender o apreciar completamente es que la lubricación en sí misma, tiene un gran efecto sobre su propio cos--to y sobre los costos de producción, como un resultado de conservar --las máquinas en la línea de producción con un mínimo de paros. Cual--quier economía en estos costos aumentará directamente las utilidades de la empresa.

Es importante en todos los casos llevar registros de manteni--miento por grupos selectos de puntos que servirán de guía para planea--ciones futuras y comparaciones de los progresos logrados en la redu--

cción de costos de mantenimiento. Se ha comprobado que llevando registros adecuados, los costos del mantenimiento se pueden reducir de un 10% a un 25%, o aún más, implantando prácticas correctas de lubricación dentro del programa de mantenimiento. Estos porcentajes son de gran valor al tratar de demostrar que es posible obtener buenos ahorros cuando se aplica una lubricación correcta.

2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO.

El mantenimiento industrial se ha dividido en tres géneros:



2.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

Este tipo de mantenimiento es la serie de trabajos que es necesario efectuar en las instalaciones, aparatos o maquinaria cuando éstos dejan de proporcionar el servicio para el cual han sido diseñados.

El mantenimiento correctivo se controla por medio de reportes u órdenes de trabajo de equipo fuera de servicio, los cuales deberán de ser atendidos de inmediato, ya que un reporte de éstos significa siempre el paro de un servicio. Es muy común que el personal de mantenimiento al ocurrir un paro en el servicio, ocasionado por una falla en el equipo, aproveche para reparar algunos otros elementos de éste o cambiar piezas adicionales que no son esenciales para que la máquina pueda seguir proporcionando el servicio; por lo tanto, debe de tenerse el cuidado de que al atacar un mantenimiento correctivo no se traspasen los linderos del mantenimiento preventivo, el cual será definido más adelante.

- Ventajas:

- 1.- Bajo costo inicial de implantación.
- 2.- No se requiere de especialización de los obreros, solamente del técnico encargado de la reparación.

- Desventajas:

- 1.- Falta de programación y planeación.
- 2.- A veces, por la rapidez de las reparaciones, éstas no quedan bien hechas, volviéndose a presentar en poco tiempo la misma falla.
- 3.- Mayor número de productos rechazados ocasionados por el mal funcionamiento del equipo.

2.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El mantenimiento preventivo consiste en la serie de trabajos - que es necesario desarrollar en alguna máquina, equipo o instalación - para evitar que ésta pueda interrumpir el servicio que presta.

Esta serie de trabajos generalmente se toman de las instrucciones de mantenimiento que dan los fabricantes al respecto, y las estadísticas que los técnicos de mantenimiento hacen sobre los equipos; - la ejecución del mantenimiento preventivo debe llevarse a cabo por medio de programas, es decir, debe planearse, ya que tanto el material como la mano de obra y el momento de efectuar el trabajo están - adecuados en cantidad, calidad y costo. Este tipo de mantenimiento se puede dividir en programas de inspección, pruebas y rutinas.

- Ventajas:

- 1.- Reduce el tiempo ocioso de la máquina debido a menos paros imprevistos.
- 2.- Menor número de reparaciones.
- 3.- Menor número de productos rechazados , con menos desperdicios y - mejor control de calidad.
- 4.- Mejor control de refacciones, lo que conduce a tener un inventario mínimo.
- 5.- Mayor seguridad en el equipo y trabajadores.

- Desventajas.

- 1.- Alto costo de implantación.
- 2.- Costo por almacenamiento de partes y materiales.
- 3.- Mayores trámites administrativos.

2.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

En este tipo de mantenimiento, conviene resaltar que el predic tivo no se define como el establecimiento de inspecciones de la maqui naria. Significa, más bien, el tener un servicio de información sobre el estado de las máquinas. Si este servicio es suficientemente fiable, el conocimiento del estado del equipo será de gran ayuda para la em— presa, ya que al obtener análisis exactos se puede conocer el estado real en el que operan varias partes de la máquina.

La validez del sistema depende fundamentalmente de la veraci— dad de la información disponible, incluso para los órganos más difíciles de acceso, y en la frecuencia de las intervenciones de inspección que han de tener carácter sistemático y formal.

El parámetro que ha permitido el establecimiento del manteni— miento predictivo en la industria, es la vibración para todas aque— llas plantas que cuentan con equipo rotatorio (como la industria del papel). Se establece entonces la posibilidad de medir y analizar las vibraciones con instrumentos que permitan determinar el estado de efici encia de casi la totalidad de las piezas mecánicas en movimiento; - las variaciones del nivel vibratorio provienen siempre de cambios en el estado de funcionamiento. La apreciación de la vibración de la má— quina se ha simplificado por las normas internacionales (como la ISO) que definen el nivel vibratorio aceptable para un determinado tipo de máquina y recomiendan métodos apropiados de vigilancia para fines in— dustriales.

Otro tipo de pruebas de las que éste mantenimiento se vale — son las de laboratorio, en las cuales se determina el estado de la ma— quinaria.

- Ventajas:

- 1.- Reduce al mínimo los paros no programados; los paros inesperados que arruinan la productividad pueden ser eliminados por el progr— ma de mantenimiento predictivo, el cual vigila el estado de la ma— quinaria, advirtiendo si sobreviene algún problema.
- 2.- Reduce los costos de mantenimiento; se evita el costo que origina la reparación de un equipo cuyo estado funcional todavía es acep—

table.

- 3.- Elimina las revisiones innecesarias; el mantenimiento predictivo pone al descubierto el estado de la maquinaria mientras ésta sigue trabajando, permitiendo programar el desarmado sólo cuando sea necesario.
- 4.- Funcionamiento adecuado del equipo: La vibración y los ruidos indeseables deterioran las condiciones de la maquinaria; asimismo, provocan fatiga en el personal y por ello, una baja productividad.
- 5.- Proporciona mayor seguridad: Los peligros que trae la maquinaria defectuosa pueden ser detectados y corregidos antes de que se provoque algún accidente.

- Desventajas:

- 1.- Sistema operativo costoso, ya que el instrumental para realizar las pruebas es caro y de empleo delicado.
- 2.- Se requiere de mano de obra especializada, ya que para manejar el equipo para realizar las pruebas se requiere de personal calificado.

2.3 FORMA DE APLICACION DE LOS LUBRICANTES.

Existen diversos métodos mediante los cuales se hace llegar al lubricante, ya sea aceite o grasa, a las partes a ser lubricadas de la maquinaria:

2.3.1 ACEITES.

Existen en la práctica varios métodos de aplicación de los aceites, los cuales dependen del diseño de la máquina o parte a lubricar.

2.3.1.1 LUBRICACION ESCASA.

La lubricación escasa o de una sola vez se llama así porque el aceite pasa a través de la parte a lubricar una sola vez y no vuelve a utilizarse. Entre los métodos de este tipo se encuentran la lubricación manual, la lubricación por goteo, la lubricación por mecha y la lubricación por botella.

La lubricación manual consiste en la aplicación directa del aceite a las partes móviles de una máquina por medio de una aceitera, y es muy utilizada en equipo antiguo. Este método tiene la desventaja de que se aplica aceite en exceso, que pronto se elimina, dejando a la pieza lubricada operar con aceite insuficiente hasta la siguiente lubricación; por esta razón, las piezas lubricadas por el método manual no están tan bien protegidas contra el desgaste como las que se lubrican con métodos más confiables.

Cuando se requiere de un suministro más uniforme de aceite, puede usarse un lubricador por goteo. Consiste este sistema de una palanca de cierre, ajuste de alimentación, cámara de aceite, aguja de la válvula y mirilla. Antes de arrancar una máquina equipada con lubricadores por goteo, las palancas de cierre deberán ser ajustadas, con el objetivo de que el aceite sea alimentado adecuadamente. Deberá revisarse por la mirilla el goteo del aceite, de tiempo en tiempo, pa

ra ver que la alimentación sea correcta.

El lubricador a mecha consiste en un recipiente de aceite y una mecha de lana. La mecha jala aceite del depósito y lo alimenta a la parte a ser lubricada. La cantidad de aceite que se surte a la piza puede ser regulada cambiando el tamaño de la mecha. El depósito deberá mantenerse bien lleno, ya que la cantidad del aceite alimentado disminuye a medida que el nivel baja en el depósito.

El lubricador por botella consiste en una botella de cristal invertida que se monta sobre el cojinete y se monta en un perno deslizante que descansa en el muñón. Cuando el muñón gira, comienza a vibrar, la vibración estimula al flujo de aceite desde la botella al cojinete, realizándose de esta forma la lubricación. En la figura 2.1 se puede ver a los cuatro tipos de lubricación escasa.

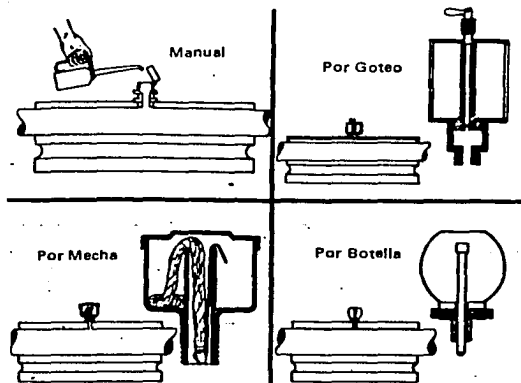


Fig. 2.1: Lubricación escasa.

2.3.1.2 METODOS DE DEPOSITO.

En contraste con los métodos de una sola vez, los métodos de depósito usan el mismo aceite una y otra vez. Todos estos métodos utilizan un suministro de aceite que se mantiene en la base de la caja de engranes, pero se utilizan diversas formas de surtir el aceite desde el depósito a las partes móviles.

En el método de lubricación por anillo, un anillo metálico de diámetro mayor que el muñón se monta sobre éste y gira con él. El anillo, al sumergirse en aceite, lo lleva hacia la parte superior del muñón desde donde fluye a lo largo y en torno al mismo, dando lubricación antes de regresar al depósito.

El sistema de lubricación por cadena es semejante al sistema de anillo, con la diferencia de que éste se substituye por una cadena de pequeños eslabones. La cadena lleva un volumen mayor de aceite que el anillo.

Un grupo de cojinetes y engranes encerrado en una caja hermética, generalmente emplea el método de lubricación por salpique. En este método, alguna parte móvil se encuentra en contacto directo con el aceite que se halla en la parte inferior de la caja. A medida que la parte móvil gira, salpica y lleva el aceite a las otras partes que se encuentran dentro de la caja, manteniéndolas bien abastecidas de lubricante. El salpique es uno de los métodos más confiables para mantener un flujo de aceite en puntos donde se necesita.

En todos los métodos de lubricación por depósito, es importante que el depósito se revise periódicamente para asegurarse de que se mantiene un adecuado nivel de aceite. Se cuenta con un medidor de nivel en la parte baja del depósito para este fin. Hay también agujeros de llenado en la parte superior de la caja para añadir aceite cuando sea necesario. En la figura 2.2 se pueden ver las diferentes formas de lubricación por depósito.

2.3.1.3 SISTEMA DE CIRCULACION

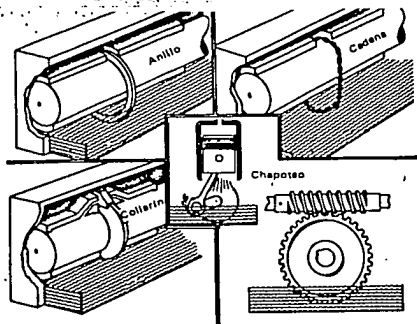


Fig 2.2: Lubricación por depósito.

Muchas máquinas grandes y cierto número de máquinas pequeñas — están equipadas con sistemas de lubricación por circulación. Estos — sistemas utilizan bombas y tubería para surtir aceite a presión, y a menudo, en grandes cantidades en partes móviles, estos sistemas tienen también equipos de control de temperatura. Los motores grandes, — máquinas de vapor y las máquinas de papel, donde la lubricación es de extrema importancia, están generalmente con sistemas de circulación.

Un complicado sistema de circulación es el "sistema de alimentación por gravedad", para lubricar los cojinetes de una máquina de vapor de gran tamaño. En este caso, una bomba saca el aceite del tanque en el sótano, lo pasa por un filtro y lo lleva hasta uno de dos tanques que se encuentran a cierta altura sobre el piso. Los tanques se usan alternadamente, dejándose uno de ellos sin usar a fin de que la tierra y el agua que se hallan acumulados en el aceite puedan asentarse y luego drenarse, en tanto que el otro tanque está en uso. De éste último, el aceite fluye por gravedad a través de un enfriador de aceite y desde ahí, a través de una tubería que tiene mirillas de cristal para inspección, pasa a la máquina para hacer su tarea de lubricación.

De la máquina se drena al tanque al sótano, desde el cual fue bombeado para repetir el ciclo. Tomando en cuenta que el aceite se —surte por gravedad, a este sistema se le denomina "Sistema de Alimentación por Gravedad", el cual se puede ver en la figura 2.3 a).

Una combinación de gusano sinfín en caja cerrada puede ser lubricado por un simple tipo de sistema de lubricación circulante. La —bomba es accionada por una extensión de la flecha del gusano. La bomba surte el aceite en todo momento cuando el engrane está en opera—ción. La misma bomba saca el aceite del fondo de la caja y lo bombea directamente a ciertos cojinetes y al gusano sinfín. Esto asegura una inundación de aceite en las partes móviles, que vuelve al depósito —por gravedad. Este sistema se puede ver en la figura 2.3 b).

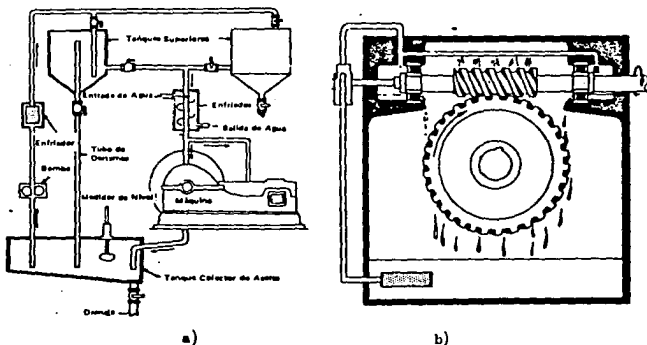


Fig.2.3.a) Alimentación por gravedad b) Tipo sencillo.

2.3.1.4 OTROS METODOS DE LUBRICACION.

Otro método de lubricación es el procedimiento de neblina o va por de aceite, de reciente invención. En este método se utiliza aire comprimido para atomizar el aceite de un depósito y surtirlo en forma de neblina, por medio de una tubería, a los cojinetes o engranes. Es-

te método suministra una atmósfera saturada de aceite que lubrica — los cojinetes y el aire que pasa ayuda a llevarse el calor y evita — la entrada de tierra. En la figura 2.4 se puede apreciar este siste— ma.

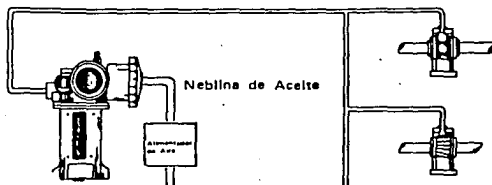


Fig. 2.4: Sistema de lubricación por neblina.

Otro sistema de lubricación es el denominado "Lubricador mecá— nico de alimentación forzada". Al lubricar el pistón o el cilindro — de una máquina de vapor o de un compresor de aire, es necesario sur— tir de aceite al cilindro venciendo la oposición que presentan el va— por o el aire a presión. El abastecimiento debe hacerse en cantida— des pequeñas, pero cuidadosamente controladas, ya que el cilindro ne— cesita ser adecuadamente lubricado, pero sin inundarlo. El dispositi— vo que se usa para esta operación es un lubricador mecánico de ali— mentación forzada. Consiste en un depósito de aceite y varias unida— des individuales de bombeo que surten el aceite en pequeñas cantida— des controladas a través de tubería a los diferentes puntos a lo lar— go de los lados del cilindro. Las unidades de bombeo son operadas — por una flecha común, que puede ser accionada por un motor eléctrico o por alguna parte móvil de la propia máquina a ser lubricada. Cada unidad de bombeo puede ajustarse para surtir exactamente la cantidad de aceite requerida para el punto en cuestión.

En la figura 2.5 se observa el depósito de aceite, las cuatro unidades individuales de bombeo y las tuberías de pequeño diámetro — para llevar el aceite a los cuatro puntos localizados a los lados — del cilindro. Al estar en operación, el depósito de aceite debe ser

reabastecido según se requiera y el flujo de aceite de cada unidad de bombeo debe revisarse periódicamente mediante la observación de las gotas que pasan a través de la mirilla que se encuentra inmediatamente encima de cada unidad de bombeo.

Los lubricantes mecánicos de alimentación forzada, originalmente diseñados para surtir de aceite a los cilindros son a menudo utilizados para llevar lubricantes fluidos a los cojinetes y engranes descubiertos en los que se desea un abastecimiento en cantidad pequeña controlada.

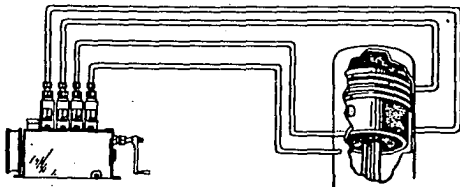


Fig. 2.5: Lubricador mecánico de alimentación forzada.

2.3.2 GRASAS.

Básicamente, hay tres métodos para aplicar la grasa:

- Manualmente.
- Mediante dispositivos mecánicos manuales que surten la grasa a un solo punto cada vez.
- Mediante sistemas de engrasado centralizados, que abastecen a un determinado número de puntos desde un depósito central.

2.3.2.1 APLICACION MANUAL.

La aplicación manual, como su nombre lo indica, consiste en aplicar la grasa directamente al punto a ser lubricado con la mano; este método es frecuentemente utilizado durante el ensamble de una máquina. La grasa se distribuye a mano sobre cojinetes y engranes

para protegerlos de la herrumbre y para asegurar la lubricación cuando la máquina es arrancada por primera vez. En los cojinetes de bolas o los de rodillos, la grasa se introduce con los dedos en los espacios entre las bolas o rodillos.

Otro método de lubricación a mano consiste en que la grasa — fundida se vierta desde un recipiente adecuado en los engranes de gufa abierta. Debe de tenerse el cuidado de no aplicar demasiada grasa al hacerlo con estos métodos manuales, ya que el exceso se escurre y se pierde. En la figura 2.6 se ilustran los métodos anteriormente mencionados.

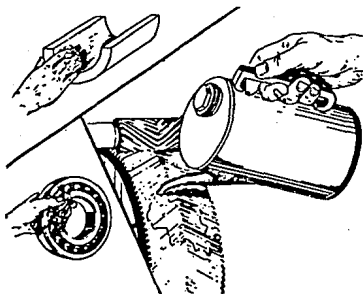


Fig. 2.6: Aplicación manual de grasa.

2.3.2.2 GRASERAS DE COPA.

La graseras de copa es un dispositivo muy conocido para aplicar grasa a los cojinetes. El tipo ordinario de ajuste por atornillamiento consiste de un pequeño depósito para retener la grasa y una placa que se atornilla dentro de él, haciendo presión sobre la grasa y obligándola a pasar al cojinete. Se llena desatornillando la placa, llenando el depósito con grasa y volviendo a atornillar la placa.

El tipo de copa por compresión tiene una placa con un resorte que mantiene la presión sobre la grasa y la obliga a pasar lentamente hacia las partes a lubricar. En la figura 2.7 se pueden apreciar las graseras de copa.

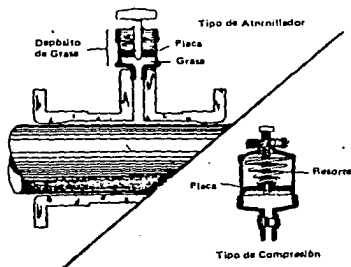


Fig. 2.7: Graseras de copa.

2.3.2.3 GRASERAS.

Las graseras o válvulas de engrase, hacen posible el uso de pistolas de engrasar a presión. De los diversos tipos disponibles, la graseras hidráulica es la que se utiliza más frecuentemente en la maquinaria de tipo ligero o de poco tamaño. En los casos en que es deseable, debido por el espacio disponible o por otras consideraciones de diseño, se utilizan las graseras al ras, aunque no es del todo hundida, esta graseras sobresale muy poco de la superficie. A este tipo de graseras se le conoce también como graseras ocultas. Las graseras de cabeza de botón se usan en equipos en los que prevalecen las condiciones severas de operación y deben abastecerse grandes cantidades de grasa a presión por la graseras.

La construcción interna de todas estas graseras incluye un resorte que retiene a una bola de acero contra el agujero de introducción de la grasa; la grasa al entrar a presión obliga a la bola a

retroceder contra el resorte, pero cuando la presión deje de ejercer se, la bola vuelve a su lugar sellando efectivamente el agujero contra el escape de grasa o la entrada de suciedad.

Las graseras deben de limpiarse con un trapo (que no sea estopa) antes de que se aplique la pistola de engrase. De otra manera, - la presión de la pistola podría forzar la entrada de suciedad dentro de la graseras y de allí llevarla al cojinete. La figura 2.8 ilustra este tipo de graseras.

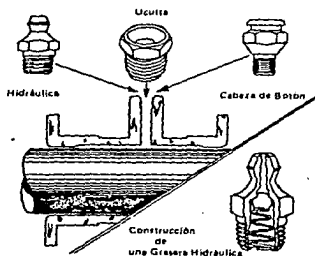


Fig. 2.8: Graseras.

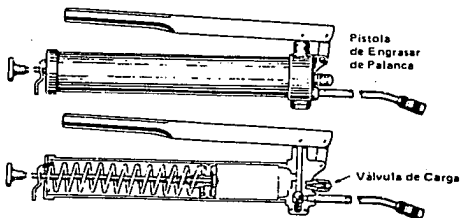
2.3.2.4 PISTOLAS DE ENGRASAR.

Comúnmente se utilizan dos tipos de pistolas de engrasar de - operación manual, las que pueden cargar de medio a un kilogramo y medio de grasa.

La pistola de palanca se usa principalmente para el engrasado de piezas grandes de maquinaria en las que se requiere un volumen - grande de grasa y presiones de 700 Kg/cm^2 . El llenado de la pistola se hace a través de la válvula de carga que ésta tiene al frente. La grasa es obligada a pasar a la graseras bombeando con la palanca. A medida que la grasa es inyectada, el resorte empuja la placa hacia adelante, manteniendo la grasa restante apretada y en posición de uso, en la figura 2.9 a) se puede apreciar este tipo de pistola.

La pistola de pistón se usa generalmente para surtir pequeñas cantidades de grasa a bajas presiones. Esta pistola se llena a través de la válvula de carga en el frente de la misma, y comúnmente se utiliza para engrasar cojinetes de motores y máquinas pequeñas; - para inyectar la grasa se coloca la nariz contra la grasera y se empuja el mango. Esto hace operar a una unidad de bombeado que se encuentra en el frente de la pistola (pistón) y obliga a la grasa a entrar al cojinete. En la figura 2.9 b) se puede apreciar este tipo de bomba.

a)



b)

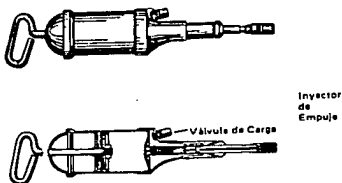


Fig. 2.9: Pistolas de engrasar. a) De palanca b) De pistón.

2.3.2.5 BOMBA DE CUBETA.

Se hace uso de una bomba manual de cubeta que carga alrededor de 15 Kg de grasa, en los casos en que se requiere una mayor capacidad de transporte de grasa. Puede usarse para llenar las pistolas manuales de engrasar o para bombear grasa directamente a los mecanismos a través de las graseras. Para operar la bomba de cubeta, se coloca ésta en el piso y se acciona el mango, a fin de enviar grasa a través de la manguera, hasta las graseras que usualmente están equipadas con graseras de cabeza de botón. En la figura 2.10 se puede ver la bomba de cubeta y sus diferentes aplicaciones.

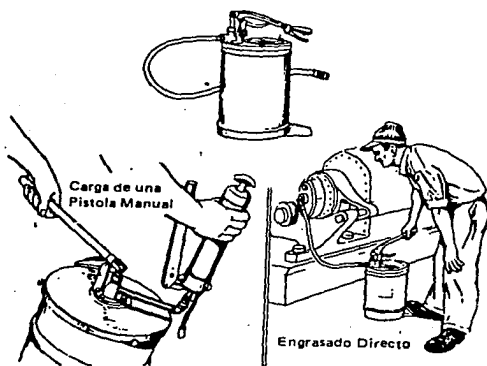


Fig. 2.10: Bomba de cubeta.

2.3.2.6 BOMBAS DE ENGRASE NEUMÁTICAS.

Una bomba neumática de engrasar puede usarse con ventaja cuando se deben lubricar muchos cojinetes que requieran un volumen de grasa considerable.

Una bomba de engrasar neumática típica tiene capacidad para aproximadamente 20 Kg de grasa y va montada en un carrito. Para ope-

rar la bomba, debe primero conectarse a una toma de aire comprimido por medio de una manguera. La grasa se surte por conducto de una manguera y una válvula de control manual a los mecanismos que van a ser lubricados.

Otro tipo de bomba de potencia es la bomba neumática de barril. Estas bombas pueden utilizarse para bombear la grasa directamente a los cojinetes, a las pistolas portátiles y a las bombas de cubeta. En la figura 2.11 se muestran las bombas de grasa neumáticas.

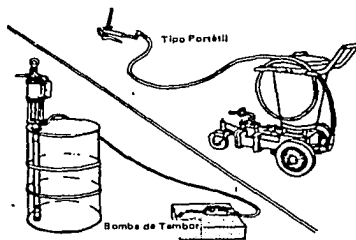


Fig. 2.11: Bombas de grasa neumáticas.

2.3.2.7 PISTOLAS DE ROCIADO

El rociado es otro método para la aplicación de grasa. La pistola de rociado, semejante a las que se utilizan para pintar, usa aire comprimido para rociar los dientes de los engranes con una película de lubricante lo suficientemente gruesa para que pueda lubricar; la grasa es abastecida a la pistola de rociar a través de una manguera desde una bomba neumática de barril que se inserta en el tambor de la grasa. En la figura 2.12 se puede apreciar este tipo de pistola.

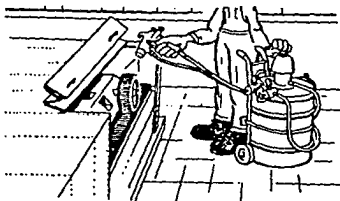


Fig. 2.12: Pistola de rociado.

2.3.2.8 SISTEMAS CENTRALIZADOS DE ENGRASAR.

El sistema de engrase centralizado es el mejor método para abastecer de grasa a un gran número de cojinetes de una máquina, si se le da un adecuado servicio y mantenimiento. Un sistema de esta naturaleza consiste en un depósito localizado al centro con una bomba y tubería permanente con válvulas de distribución de grasa a través de las cuales la grasa es llevada desde el depósito a las partes a lubricar, generalmente cojinetes. Cuando se hace operar la bomba, cada cojinete recibe una cantidad definida de grasa, eliminando así la necesidad de engrasar individualmente a mano. La bomba puede ser operada por un motor eléctrico. Este sistema puede ser equipado con un regulador de tiempo, el cual automáticamente arranca y para la bomba a intervalos definidos.

El encargado de la lubricación reabastece el depósito con grasa cuando sea necesario, e inspecciona el sistema periódicamente para asegurarse de que no hay líneas rotas o dañadas. No debe haber fugas en ninguna de las uniones de la tubería. En la figura 2.13 se puede apreciar uno de estos sistemas.

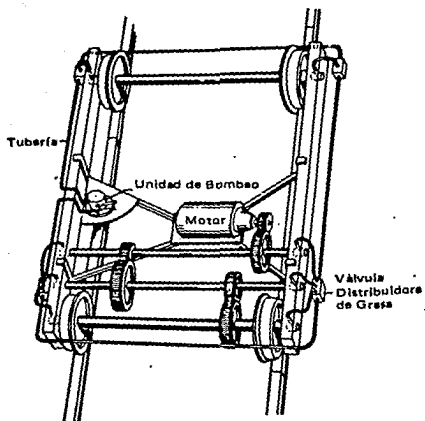


Fig. 2.13: Sistema centralizado de engrasar.

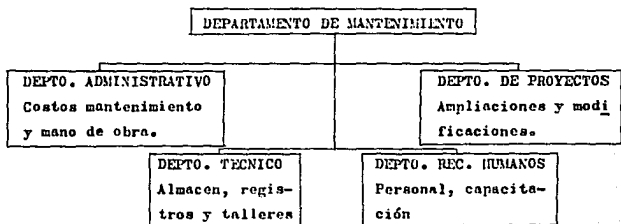
2.4 DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO.

Para que en una planta pueda haber un correcto sistema de mantenimiento, éste deberá estar integrado por:

- Departamento Administrativo: Este se encarga de controlar los costos del mantenimiento, como los de las refacciones utilizadas para la reparación de las máquinas, lubricantes, materiales stock (para almacenamiento). También se encarga de los costos derivados de la mano de obra, es decir, del personal, así como de las catego—rías, promociones, etc. Otra de las funciones del departamento son las órdenes de trabajo, así como de las solicitudes de mantenimiento.
- Departamento Técnico: Este se encarga de que el almacén de la planta tenga las piezas de repuesto necesarias para dar mantenimiento a los equipos. Asimismo, se encarga de llevar el registro adecuado de los equipos de la planta; éstos registros incluyen las caracte—rísticas más importantes de los equipos como son voltaje, revolu—ciones por minuto, amperaje, etc. También se encarga de la elabora—ción de los planos del equipo instalado en la fábrica. El departa—mento técnico también controla los talleres que se encuentran dentro de la planta, así como de mantener el correcto número de herra—mienta en los mismos. El llevar en forma adecuada el manejo de la herramienta es muy importante para el desempeño del mantenimiento, también se encarga de las instalaciones que hay en la fábrica, como son la eléctrica, hidráulica, de gas, neumática, contra incen—dio y el correcto funcionamiento de éstas; asimismo, se encarga de los equipos de seguridad que utiliza el personal.
- Departamento de Recursos Humanos: Este se encarga de todos los as—untos relacionados con el personal que labora en mantenimiento — como son las categorías, el alcance de los diferentes puestos, res—ponsabilidades y requerimientos de los diversos cargos, también se encarga de la capacitación permanente del personal, lo que es vi—tal para cualquier tipo de industria, si ésta se desea mantener ac—tualizada. Para la capacitación de la mano de obra, es preferente llevar al personal a cursos, los cuales se pueden impartir dentro de la planta o en lugares especiales fuera de ésta, en los cuales

un instructor se encarga de dar la capacitación adecuada.

- Departamento de Proyectos: Este departamento se encarga de los proyectos de la fábrica, como son las ampliaciones y modificaciones, para realizar un proyecto, es necesario efectuar los planes de inversión (a corto, mediano y largo plazo), efectuar el anteproyecto (para ver si el proyecto se cancela, se pospone o se lleva a cabo) después se pasa a la ingeniería de detalle (en la que se dan las especificaciones detalladas del equipo a instalarse). Una vez que se tienen estos puntos, se procede a la realización del proyecto; también es importante el realizar una post-evaluación; esto es para determinar qué tan rentable es el proyecto, y si se lograron los objetivos propuestos.



2.5 HOJA DE CONTROL.

Para llevar a cabo la elaboración de una hoja de control de la lubricación de una planta, es aconsejable seguir el siguiente procedimiento:

- 1.- Se inicia con el conocimiento (o elaboración) de diagramas de planta, para poder identificar a los equipos y tener una distribución de la planta.
- 2.- En base a la distribución de la planta, efectuar el recorrido para revisar en su totalidad los equipos de la planta que usan lubricante y poder avisar de anomalías oportunamente en relación a la operación del equipo.
- 3.- Paralelo al punto anterior y/o en todo momento se busca información técnica sobre lubricación de los equipos o actualización que permita mejorar el uso de lubricantes; ésta actividad deberá ser permanente.
- 4.- Se registran todos los equipos que requieren lubricación en la "carta de lubricación", procurando llenar y mantener actualizado lo registrado en todos sus conceptos (es importante la participación de todo el departamento de mantenimiento para mantener actualizados estos registros).
- 5.- Es importante hacer una relación de equipos prelubricados, en la que estarán equipos que llevan lubricante en sus componentes, pero por diseño no se pueden lubricar periódicamente. Para estos equipos lo único que se puede hacer es establecer la vida útil del lubricante y de la pieza lubricada para procurar su cambio oportunamente, antes de que se presenten fallas.
- 6.- Se establece una tabla de equivalentes de lubricantes a ser utilizados en la planta.
- 7.- Se parte a registrar las rutinas de lubricación de acuerdo a su periodicidad, haciéndose cartas diferentes de acuerdo a esto último.
- 8.- Los encargados de la lubricación deben de llenar diariamente la carta.
- 9.- El responsable de la lubricación (supervisor) llevará el registro y control de los programas de lubricación.

- 10.- En caso de contar la planta con alguna máquina que tenga un sistema central de lubricación, en base a un programa establecido se ejecutan en los depósitos de lubricación central, en los depósitos hidráulicos, limpiezas periódicas por medio de la separadora centrífuga, para incrementar el rendimiento del lubricante, y obtener un ahorro por este concepto.
- 11.- Una vez en funcionamiento los programas de lubricación, se vigila su cumplimiento periódicamente de acuerdo a las frecuencias establecidas, procurando con la práctica llevar un registro lo más actualizado posible, esta vigilancia estrecha la realiza el supervisor de lubricación.

2.6 MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE LUBRICANTES.

Los fabricantes de lubricantes realizan programas muy amplios de investigación a fin de producir los aceites y grasas que mayor — protección y rendimiento brinden a los equipos mecánicos; ésto también es para evitar cualquier contaminación que pueda afectar sus ca racterísticas durante la producción o el envasado. Generalmente, un minucioso control de calidad puede asegurar y garantizar que el contenido de cualquier envase al ser entregado a un consumidor posee la calidad y pureza que corresponde al tipo de lubricante cuyo nombre — lleva impreso.

Entre los principales factores que pueden alterar las características de los lubricantes después de haberse entregado y antes de usarse se pueden mencionar:

- Manejo descuidado: El mal manejo de los botes, cubetas y tambores que contienen lubricante produce roturas en las uniones de estos envases.
- Contaminación con suciedades: Si los lubricantes no se protegen — adecuadamente, estos pueden contaminarse con polvo y otras impurezas.
- Contaminación con agua: En el manejo y almacenamiento de lubricantes, los aceites están más propensos a contaminarse con agua que las grasas.
- Exposición a altas y bajas temperaturas: Si se almacenan grasas — en lugares a altas temperaturas, se eliminará su contenido de humedad, lo que conducirá a que se separe el aceite del jabón inuti lizándose la grasa como lubricante. Las grasas no deben de mantenerse cerca de las tuberías de vapor o fuentes de calor. Cuando — los aceites se almacenan en lugares de bajas temperaturas, éstos fluyen más despacio, y las grasas se endurecen. A muy bajas tempe raturas puede ser sumamente difícil manejar aceites muy pesados o grasas duras.
- Confusión de las marcas: Si las marcas de los diversos aceites y grasas han sido dañadas o borradas por el manejo descuidado o por exposición a la intemperie, es posible que ocurran errores al con

fundir un lubricante por otro.

- **Descomposición por almacenamiento prolongado:** El control insuficiente de las existencias de una bodega de lubricantes puede ocasionar pérdidas al dañarse los lubricantes por un almacenamiento sumamente prolongado. Los aceites solubles para corte, son especialmente susceptibles a descomponerse durante períodos prolongados de almacenamiento, ya que al perder su contenido requerido de humedad, puede inutilizar al aceite al convertirse en una masa gelatinosa.

2.6.1 ALMACENAJE A LA INTEMPERIE.

Se debe de evitar en lo posible el almacenaje al exterior, ya que cuando los envases se exponen a la intemperie, las marcas se borran rápidamente. El almacenamiento prolongado a la intemperie ocasionalmente puede ocasionar fugas y pérdidas del producto; ósto se debe en parte a los esfuerzos a que se somete a las uniones de los envases por las contracciones y expansiones alternativas del metal cuando se ve sujeto a cambios considerables de temperatura. La posibilidad de que se contaminen los lubricantes con agua, herrumbre y polvo, es otra objeción para el almacenamiento a la intemperie. Las precauciones que se deben tomar al almacenar lubricantes a la intemperie, se pueden resumir en la forma siguiente:

- 1.- De ser posible, proveer un techo provisional para proteger los envases contra los elementos naturales (ver fig 2.14)

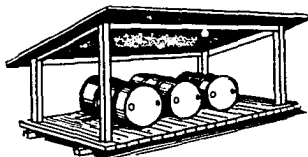


Fig 2.14: Almacenamiento temporal de aceite.

- 2.- Colocar los tambores de modo que no puedan "respirar" a través de los tapones y contaminarse con la humedad.
- 3.- Si los sellos de los tapones se han removido, asegurarse de que éstos estén bien apretados.
- 4.- Antes de quitar los tapones, secarlos y limpiarlos; así como las superficies alrededor.

2.6.2 ALMACENAJE BAJO TECHO.

El almacenamiento interior debe escogerse tomando en cuenta la conveniencia para la descarga y los puntos en que eventualmente se usarán en la planta.

Cuando se debe economizar espacio, el almacenamiento de envases llenos sin abrir, requiere la utilización de anaqueles resistentes (ver fig. 2.15); el arreglo de éstos anaqueles desde luego, se considera de acuerdo con el total de existencia que se va a almacenar, así como el tamaño de los envases (ver fig. 2.16)

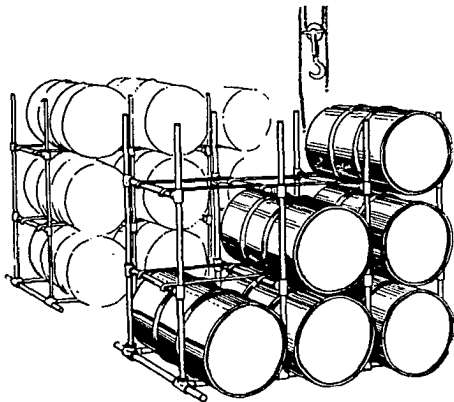
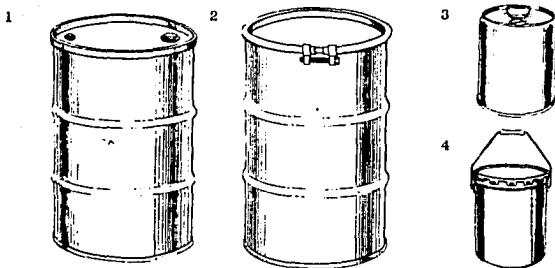


Fig. 2.15: Anaqueles para almacenamiento de lubricantes.



- Fig 2.16: Dimensiones de los envases para aceite y grasa:
- 1.- Tambor para 200 lts. de lámina delgada. Diámetro 60 cms y altura 89 cms.
 - 2.- Tambor para 181.4 Kgs de grasa, con tapa removible. Diámetro 29 cms. y altura 90 cms.
 - 3.- Cubeta para aceite de 20 lts. Diámetro 29 cms. y altura 36 cms.
 - 4.- Cubeta para grasa de 16 Kgs. Diámetro 29 cms. y altura 34 cms.

También se debe de tomar en cuenta la necesidad de almacenar los productos fácilmente, así como para utilizar y acabar primeramente las existencias antiguas. La manipulación de los tambores para colocarlos y sacarlos de los anaqueles, requiere de algún tipo de equipo mecánico para su manejo. Las grúas de mano operadas eléctricamente son utilizadas con mucha amplitud, así como también los montacargas. Estos últimos son más flexibles y por lo general también se usan para transportar el desembarque de los envíos; éstos son factores secundarios pero deben planearse cuidadosamente.

El tamaño de la bodega de lubricantes naturalmente estará basado en la cantidad y número de lubricantes que se deben aplicar. El espacio ocupado por los anaqueles puede estimarse del número y tama-

ño de los envases.

Las aceiteras de mano, los botes grandes, los carros para lubricantes, pistolas de grasa, etc. deben de conservarse dentro de la bodega de lubricantes y no dejarse en cualquier lugar de la planta - en donde obstruya los pasillos y quede sujeto a la contaminación o aún al desperdicio. Guardando este equipo dentro de la bodega de lubricantes, el supervisor podrá controlar su limpieza y condiciones generales. Se recomienda usar un gabinete para el equipo del lubricador.

En muchas plantas, se utilizan aceites solubles que se mezclan con agua y se usan como refrigerantes. Estos aceites se pueden mezclar en las condiciones requeridas en un tambor abierto, o depósitos en los cuales la mezcla agua-aceite se agita, ya sea a mano o mecánicamente. La figura 2.17 muestra un mezclador operado eléctricamente

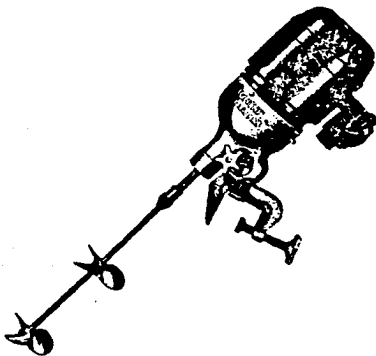


Fig. 2.17: Mezclador para aceite, eléctrico

La operación de una eficiente bodega de lubricantes requiere de cierta labor administrativa. Para este trabajo se debe de proveer un escritorio o lugar adecuado para llenar los récords, requisiciones, reportes de existencias, órdenes de trabajo, reportes de los lubricadores y los programas e instrucciones de lubricación.

Por lo general se requieren otros materiales aparte de los lubricantes, los cuales deben estar disponibles en cantidades limitadas; aunque el aprovisionamiento provenga del almacén general, se deben considerar los materiales siguientes, así como el espacio para los mismos:

- Trapos, estopas limpios (libres de pelusa).
- Graseras.
- Depósitos para trapos sucios.
- Un tablero mostrando los diferentes tipos de graseras y su nombre correcto.
- Botes y botellas aceiteras.
- Botes limpios o frascos para muestras de aceites usados.

Se recomienda también que la bodega para lubricantes sea una construcción separada de la planta y resistente al fuego. Los depósitos no deben colocarse sobre plataformas de madera, sino sobre piso de cemento, metal o cualquier otro material resistente al fuego. Los tapones, tapas de los tambores, cubetas y otros depósitos deben estar cerrados durante el tiempo que no están en uso efectivo. También estas bodegas deben de estar adecuadamente ventiladas.

2.6.3 EQUIPOS PARA SACAR LUBRICANTES DE SUS ENVASES.

Las llaves para tambor son dispositivos eficientes y económicos para el vaciado de aceites (ver fig 2.18). Las hay disponibles - en tamaños diferentes para aceites con flujo rápido y lento. Una de estas llaves puede acoplarse a un tambor mientras se encuentra parado y después se podrá levantar con una grúa o montacargas y colocarlo en una posición horizontal; una combinación eficiente para éste propósito, es un banco tipo de cuna, el cual facilita voltear un tambor de su posición vertical hasta acostarlo, tal como se puede ver - en la figura 2.19.

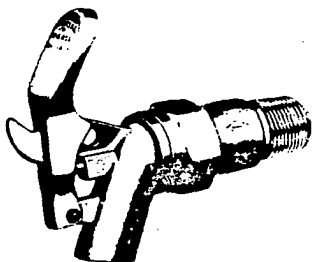


Fig. 2.18: Llave de tambor para aceite.

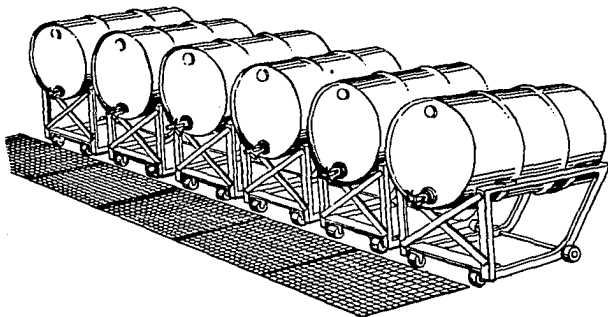


Fig. 2.10: Una serie de bancos de tipo de cuna con sus llaves para el vaciado.

Resulta muy conveniente una bomba que pueda insertarse en el orificio del tapón, para sacar el aceite. Estas bombas pueden obtenerse para sacar flujos medidos de aceite. Uno de los tipos más sencillos es la bomba operada a mano (figura 2.20); también hay disponibles en el mercado bombas para tambores accionadas por aire y por electricidad (figura 2.21)

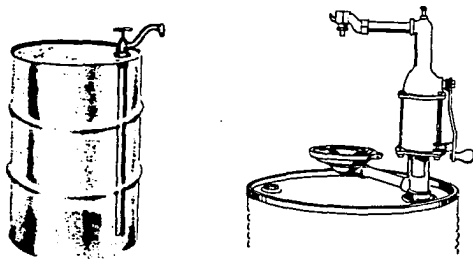


Fig. 2.20: Bombas para tambor operadas a mano.

Las bombas para tambores permiten el uso del tambor original y limpio que se recibió del proveedor de lubricantes, por lo que hay pocas probabilidades de que la contaminación se acumule con el tiempo. Sin embargo, no resulta práctico y es casi imposible limpiar una bomba de tambor lo suficientemente bien como para permitir su uso con varios aceites diferentes. Por esta razón, el uso de una sola bomba para varios aceites resultará en contaminación y desperdicio.

La grasa ofrece un problema particular para su vaciado, ya que su consistencia requiere el uso de tambores con la tapa superior removible. Estos tambores cuando están abiertos, fácilmente pueden recolectar polvo, ceniza u otros contaminantes. Estos contaminantes no se separan de la grasa, sino que van directamente a las máquinas, en donde pueden causar serios daños. El método tan común de sacar grasa por medio de una paleta o espátula de un tambor abierto, propicia esta situación. Si se utilizan paletas, las de metal son mejores

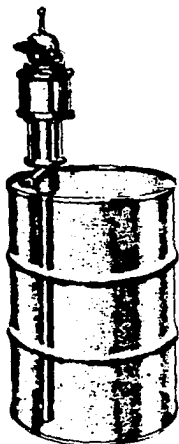


Fig 2.21: Bomba accionada por aire.

que las de madera, ya que no se astillan contaminando la grasa. En cualquier caso, éstas deben de protegerse del polvo y la tierra cuando no estén en uso; se debe de usar una paleta especial para cada consistencia de grasa.

Las bombas accionadas por aire (figura 2.21) se utilizan para sacar grasas blandas y pueden sacar hasta 10 Kg de grasa por minuto, son particularmente útiles para transferir grasa a depósitos más pequeños, tales como los llenadores para pistolas de grasa o algunas bombas de mano las cuales tienen aditamentos para llenar pistolas — graseras directamente de los tambores de grasa.

2.7. PRINCIPALES CONTAMINANTES QUE AFECTAN EL DESEMPEÑO DE LOS LUBRICANTES.

Entre estos contaminantes se encuentran los siguientes:

- Polvo: Este puede tener su origen en la bodega de lubricantes cuando las condiciones de limpieza no son muy aceptables y se dejan los envases destapados; también puede aparecer cuando los recipientes utilizados para vaciar el lubricante no tienen tapas y se dejan en lugares poco limpios. Las máquinas deberán limpiarse frecuentemente, ya que cuando hay capas de polvo o suciedad sobre la máquina, y si los dispositivos y sistemas de lubricación tienen polvo, éste puede contaminar al aceite.

Pueden también existir contaminantes de éste tipo en el aire, ocasionando daños en la maquinaria tales como el desgaste abrasivo y reducción de la vida del aceite (ya que el polvo metálico acelera la oxidación).

- Agua: El agua proviene principalmente de la condensación, la cual se forma cuando las máquinas se enfrían al terminar su trabajo; algunas veces penetra a los tambores de aceite almacenados a la intemperie y en forma incorrecta. Su efecto sobre el desempeño de los lubricantes resulta igualmente perjudicial, ya que se forman emulsiones junto con las suciedades. Además ocasiona herrumbre y corrosión.

- Fluidos para corte: Este es otro de los contaminantes más comunes del cual existen dos tipos: solubles y no solubles.

Estos líquidos generalmente contaminan al lubricante por escarpes o salpiques durante la operación de las máquinas o por haber quedado residuos de ellos en los recipientes en que se vacían los lubricantes. En todos los casos, estas contaminaciones alteran en mayor o menor grado las características del lubricante, especialmente su viscosidad y estabilidad, lo cual significa la aparición de problemas de calentamiento, desgaste, corrosión, herrumbre, etc.

- Solventes: Los solventes representan otro tipo de contaminante común. Durante la limpieza de las partes de las máquinas resulta frecuente que queden ciertos residuos de solventes que adelgazan suma-

mente las películas de aceite, a tal grado que puede ocurrir desgaste. Por otra parte, también suele ocurrir contaminación cuando se usan los mismos recipientes para vaciar el lubricante que los que se emplean para manejar solventes.

CAPITULO III
APLICACIONES MAS IMPORTANTES

- 3.1 Lubricación de engranes.**
- 3.2 Tipos de engranes.**
- 3.3 Lubricación de engranes encerrados**
 - 3.3.1 Características de la película lubricante.**
- 3.4 Lubricación de engranes descubiertos.**
 - 3.4.1 Características de la película lubricante.**
- 3.5 Factores que afectan la lubricación de engranes.**
 - 3.5.1 Tipos de engranes.**
 - 3.5.2 Velocidad del piñón.**
 - 3.5.3 Relación de reducción.**
 - 3.5.4 Temperatura de operación.**
 - 3.5.5 Potencia aplicada.**
 - 3.5.6 Características de la carga.**
 - 3.5.7 Tipo de impulsión.**
 - 3.5.8 Método de aplicación.**
 - 3.5.9 Contaminación con agua.**
 - 3.5.10 Fugas de lubricante.**
 - 3.5.11 Polvo y suciedad.**
- 3.6 Lubricación de rodamientos.**
- 3.7 Tipos de rodamientos.**
 - 3.7.1 Rodamientos radiales.**
 - 3.7.2 Rodamientos de carga radial y axial.**
 - 3.7.3 Rodamientos de carga axial.**
 - 3.7.4 Separadores.**
- 3.8 Fundamentos de la lubricación en rodamientos**
 - 3.8.1 Deslizamiento sobre las carreras.**
 - 3.8.2 Rozamiento con los separadores.**
 - 3.8.3 Rozamiento entre los rodillos o agujas.**

- 3.8.4 Rozamiento con los sellos o retenes
- 3.8.5 Contaminantes.
- 3.9 Requerimientos de la lubricación en rodamientos.
 - 3.9.1 Velocidad.
 - 3.9.2 Carga.
 - 3.9.3 Temperatura de operación.
- 3.10 Lubricación con aceite para rodamientos.
 - 3.10.1 Características del aceite.
- 3.11 Lubricación con grasa para rodamientos.
 - 3.11.1 Características de la grasa.
- 3.12 Lubricación de Pistones.
 - 3.12.1 Principios de operación.
- 3.13 Cilindro de vapor: fundamentos de la lubricación.
 - 3.13.1 Características de la lubricación en cilindros de vapor.
- 3.14 Cilindros en motores diesel y gasolina: fundamentos de la lubricación.
 - 3.14.1 Características de la lubricación en cilindros de motores diesel y gasolina
- 3.15 Cilindros en compresores de aire: Fundamentos de la lubricación.
 - 3.15.1 Características de la lubricación en cilindros de compresores de aire.
- 3.16 Cilindros en compresores de sistemas de refrigeración: Fundamentos de la lubricación.
 - 3.16.1 Características de la lubricación en cilindros de compresores de sistemas de refrigeración.
- 3.17 Lubricación de guías.
- 3.18 Cuadro comparativo problemas - soluciones.

3.1 LUBRICACION DE ENGRANES.

En las primeras máquinas construidas por el hombre para facilitar su trabajo, los engranes constituyeron una parte esencial. Los dientes de los engranes primitivos estaban hechos de pedazos de madera y estaban insertados en las caras laterales de las ruedas de madera, por lo que resultaban artefactos rústicos, capaces de transmitir tan sólo cargas ligeras a velocidades reducidas. Su lubricación no tenía la menor importancia, ya que al gastarse o romperse un diente con suma facilidad se le cambiaba por otro.

El primer paso importante en materia de diseño se dió cuando se abandonaron los toscos dientes iniciales y se desarrollaron otros, los cuales fueron muy semejantes a los actuales; siendo de maderas duras. Los primeros engranes de metal, probablemente fueron de bronce o de hierro vaciado. Con este adelanto, la lubricación asume un importante papel al reducir el desgaste y prolongar la vida de los engranes; como las cargas y velocidades eran bastante moderadas, los aceites de procedencia animal o vegetal bastaban para lubricarlos, desde entonces se han perfeccionado los perfiles y proporciones de los dientes de los engranes. Además, en la actualidad se cuenta con máquinas herramientas, capaces de producir dientes de engranes de los metales más duros y resistentes. Los engranes modernos cumplen su misión dondequiera que existan fuerzas que transmitir o movimientos mecánicos que controlar; dadas las múltiples aplicaciones que tienen los engranes, necesariamente debe de existir una gran diversidad de tipos en cuanto a su diseño, tamaño, velocidad y capacidad de carga.

Con la evolución de la técnica de diseño y fabricación de engranes, aumentó la importancia de la lubricación, ya que por muy correctos que sean los perfiles y el maquinado de los engranes, es imposible que trabajen sin la protección de una adecuada película de aceite, la cual evita el contacto de metal contra metal, y de esta forma, evitar un desgaste rápido en los dientes, con la consiguiente falla del engrane.

3.2 TIPOS DE ENGRANES.

Entre los diversos tipos de engranes, se pueden mencionar:

- Engranes Rectos: Estando paralelos los ejes, los dientes de los engranes se pueden maquinar perpendiculares a las caras laterales; - los engranes de este tipo se llaman rectos (ver figura 3.1)

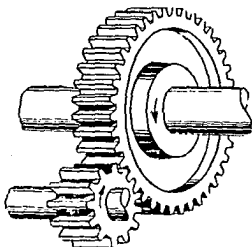


Fig. 3.1: Engranes rectos.

Aunque ninguna de estas formas especiales varía materialmente de los engranes rectos usuales, en lo que respecta a la acción de los dientes, es conveniente mencionar algunos que tienen aplicaciones especiales. Un engrane recto engranado con un elemento conocido como "cremallera" (fig. 3.2), la cremallera puede suponerse una sección corta de un engrane recto infinitamente grande, tan grande que sus dientes están prácticamente en línea recta.

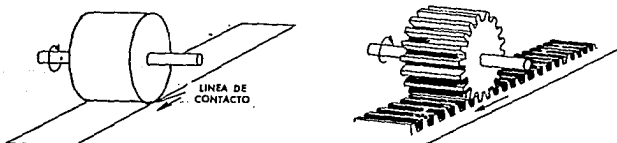


Fig. 3.2: Engranes recto y cremallera

Los engranes elípticos transforman la rotación uniforme del -

eje impulsor en una rotación rítmica y pulsante del eje impulsado; - estos engranes se utilizan para accionar transportadores grandes de cadena (ver figura 3.3)

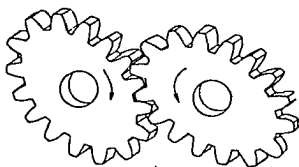


Fig. 3.3: Engranes elípticos.

Mediante la utilización de un engrane "igualador" (figura 3.4) el piñón impulsor gira a una velocidad constante, pero el movimiento que imparte al engrane "compensador" es irregular, pero controlado, por lo que imparte una velocidad uniforme a las cadenas.

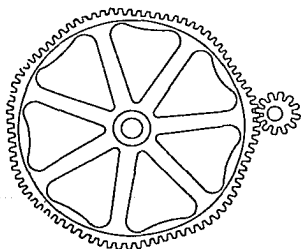


Fig. 3.4: Engrane igualador.

Los engranes rectos comunes se pueden emplear en grupos especiales tales como el arreglo de la figura 3.5, que hace factible un reductor de velocidad sumamente compacto. En este tipo de arreglos, ambos ejes, el impulsado y el impulsor, quedan alineados y giran en

el mismo sentido, aunque a velocidades diferentes.

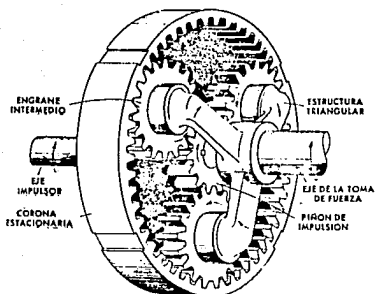


Fig. 3.5: Juego de engranes de reducción tipo planetario.

En la disposición de engrane "escalonado" (figura 3.6), ésta impedía el paso brusco de la carga de un diente a otro, ya que cada diente escalonado absorbería una parte de ella antes de que el diente precedente desengranara; de hecho ésta disposición aumenta el número de dientes en contacto al mismo tiempo.

En la actualidad, los engranes escalonados tienen poca aceptación para la transmisión de fuerza, por lo difícil que resulta equilibrar la carga entre las superficies en contacto; para esta aplicación se emplea el equivalente moderno del engrane escalonado o sea — el engrane "helicoidal".

— Engranes Helicoidales de Ejes Paralelos: Este tipo de engranes debe su nombre al torcimiento uniforme de sus dientes, el cual forma una verdadera hélice, de ahí su nombre de "helicoidal". El ángulo de la hélice puede variar desde veinte hasta cuarenta y cinco grados — aproximadamente, empleándose el que permita el mayor número de dientes al mismo tiempo. Aún con sólo dos dientes helicoidales en contacto, la transmisión de movimiento y fuerza es suave y uniforme. En la figura 3.7 se puede ver un par de engranes helicoidales de ejes paralelos.

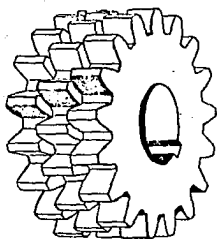


Fig. 3.6: Engrane escalonado.

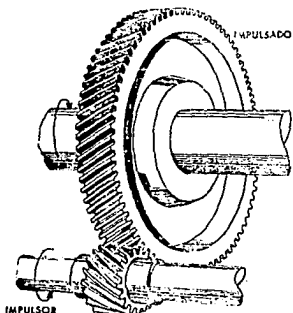


Fig. 3.7: Engrane helicoidal y piñón de ejes paralelos.

Con el advenimiento de las máquinas herramienta modernas, se hizo posible el maquinado económico de dientes helicoidales opuestos en el mismo engrane, llamándose entonces "doble helicoidal" (ver figura 3.8).

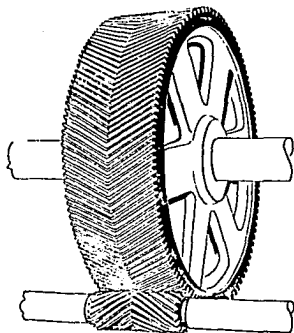


Fig. 3.8: Engrane y piñón doble helicoidales de ejes paralelos.

- Engranajes Helicoidales de Ejes Cruzados: Se puede transmitir una cantidad limitada de fuerza si a dos superficies planas se les desarrollan dientes helicoidales, sin importar el ángulo de cruzamiento entre sus ejes. En la figura 3.9 se puede ver un arreglo de engranes helicoidales de ejes cruzados.

- Engranajes Sinfín: Cuando el engrane impulsor de una transmisión helicoidal en ángulo recto es de mucho menor diámetro que el engrane impulsado, se le puede calificar como juego de engrane sinfín y corona (ver figura 3.10), siendo el sinfín el engrane más pequeño; éste tiene la apariencia de un tornillo. El número relativo de dientes entre el engrane sinfín y su corona determina la relación de la reducción de la velocidad.

- Engranajes Cónicos: Se emplean exitosamente cuando en la transmisión hay cambios de dirección en ángulo recto, aunque también pueden emplearse si el ángulo de intersección es agudo u obtuso (ver figura 3.11). Si los engranes están montados sobre ejes en ángulo recto y si estos son de igual tamaño se les puede llamar engranes en escua-

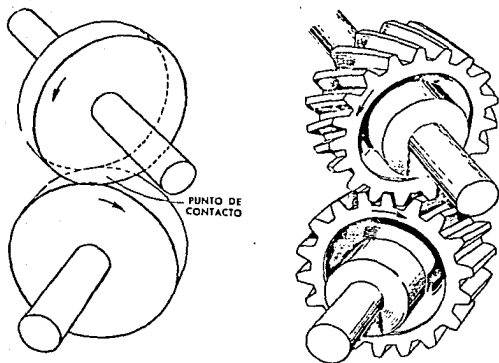


Fig. 3.9: Engranés helicoidales de ejes cruzados.

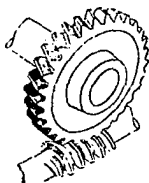


Fig. 3.10: Engranés sinfín y corona helicoidal.

dra. El engrane impulsor puede tener menor diámetro que el impulsado, ya que en muchos casos se emplean juegos de engranes como reductores de velocidad (ver figura 3.12).

Los engranes cónicos pueden ensamblarse en un grupo especial que se conoce como diferencial; éste se muestra en la figura 3.13, y es utilizado en las unidades automotrices para dividir la fuerza y -

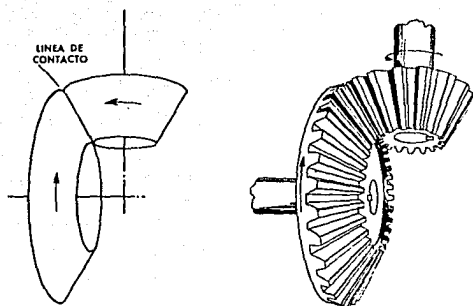


Fig. 3.11: Engranés cónicos.

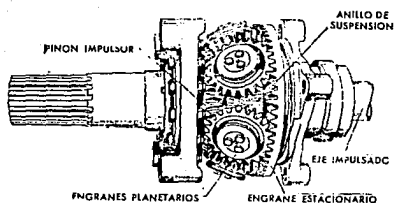


Fig. 3.12: Reductor con engranes planetarios.

la velocidad entre dos ejes, lo que permite que las ruedas de los vehículos giren a distintas velocidades simultáneas que se requieren al dar la vuelta en una esquina.

En la misma forma que los dientes de un engrane recto pueden torcerse para formar un engrane helicoidal, así los dientes de un engrane cónico ordinario pueden torcerse para formar un engrane cónico espiral (ver figura 3.14). El ángulo de la espiral se selecciona de modo que la punta del diente anterior haya perdido contacto; al

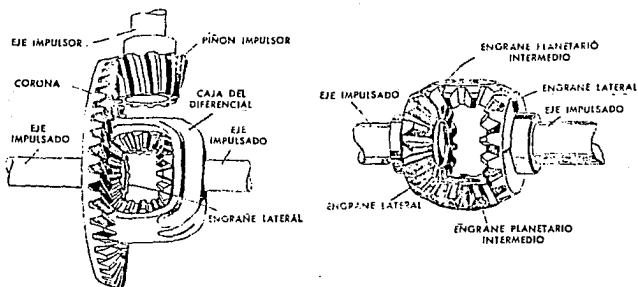


Fig. 3.13: Juego de engranes de diferencial.

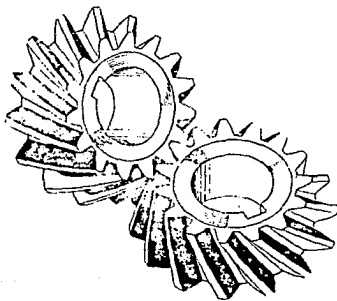


Fig. 3.14: Engranés cónicos espirales.

igual que los helicoidales, este tipo de engranes transmite el movimiento en forma muy suave.

- Engranés Hipoidales: Los engranes hipoidales se emplean en máquinas que necesitan que dos de sus ejes se crucen, uno por debajo del otro, y en donde el diseño de las mismas no permite el uso de un engrane sinfín. Para las condiciones propuestas anteriormente, los en-

granes hipoidales proporcionarán un robusto y silencioso movimiento, prácticamente los ejes de todos los engranes hipoidales forman ángulos rectos. En la figura 3.15 se ilustra este tipo de engrane.

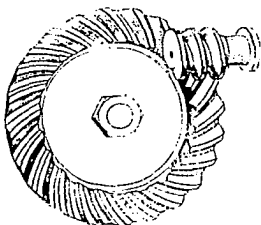


Fig. 3.15: Engranes hipoidales.

3.3 LUBRICACION DE ENGRANES ENCERRADOS.

Para una correcta lubricación de los engranes encerrados se deberá aplicar una adecuada cantidad de aceite limpio sobre los dientes en el momento de efectuarse el engranaje. La forma de aplicación puede llevarse a cabo por medio de las siguientes formas:

- Salpique: Este es el método más común para lubricar engranes, en juegos pequeños y también en grandes unidades operando a bajas velocidades (ver figura 3.16).

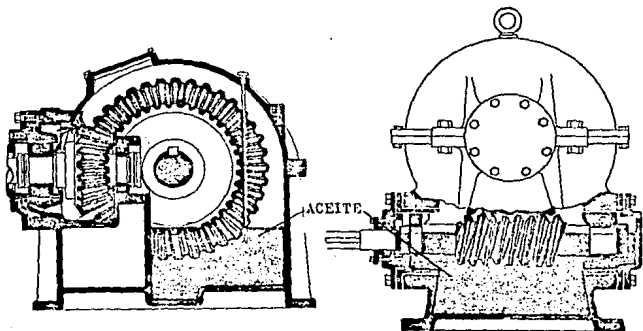


Fig. 3.16: Engranes lubricados por salpique.

La lubricación a salpique es generalmente satisfactoria en aplicaciones para engranes que operan a una velocidad por abajo de 915 m / min. (300 ft / min.). Es muy importante el mantener un nivel adecuado de aceite dentro de la caja, ya que un bajo nivel tiene como resultado una pobre distribución; por el contrario, un nivel alto trae como consecuencia mucho arrastre de aceite ocasionando pérdida de energía y generación de calor. Una elevación de la temperatura reduce la viscosidad del aceite a un valor por debajo de lo requerido para una buena lubricación. El alto y el bajo nivel contribuyen también a la formación de espuma.

- Alimentación a Presión: Cuando la velocidad es superior a 1525 m / min. (5000 ft / min.) el sistema de lubricación por salpique no provee el suficiente aceite a los engranes para un adecuado enfriamiento, teniendo que hacer uso de otro sistema de alimentación. La forma más sencilla es el usar una bomba para que sea conducido el aceite hasta la parte más alta de la caja de engranes y regarlo a todos los componentes. Para velocidades que sean arriba de 2135 m / min (7000 ft / min.) se pueden utilizar sistemas combinados de salpique y alimentación a presión para una eficiente lubricación.

Se utilizan dos tipos diferentes de alimentación a presión: - el sistema integral, el cual se aplica a cajas de engranes que tienen el depósito de aceite integrado, y el sistema centralizado, el cual utiliza un depósito de aceite exterior a la caja de engranes, - la cual contiene únicamente aceite limpio; éste sistema puede ser utilizado para una sola caja de engranes o para suministrar lubricación a varios juegos de engranes. Ambos sistemas de lubricación pueden venir equipados con purificadores o filtros para retener sedimentos e impurezas que lleve el aceite en suspensión, enfriadores de aceite y en algunos casos calentadores son instalados en estos sistemas para mantener una temperatura uniforme de operación. En la figura 3.17 se puede ver un sistema de lubricación centralizado.

3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA PELICULA LUBRICANTE.

Para entender más fácilmente lo que le sucede a una película lubricante cuando engranan dos dientes, convendrá ver primeramente - lo que sucede cuando dos ruedas de fricción cilíndricas ruedan y se deslizan una sobre otra. Supóngase que las dos ruedas mostradas en - la figura 3.18 son unidas entre si bajo presión y se hacen girar en direcciones opuestas a la misma velocidad, sin que ocurra ningún deslizamiento. Supóngase que se vierte algún aceite sobre las ruedas y que a cada una de ellas se le adhiere una capa superficial de aceite; a medida que el giro las haga entrar en contacto, tenderán a expulsar y a remover éste aceite. Debido a su viscosidad el aceite se resiste a ser removido y en ésta forma tiende a separar las ruedas. Si

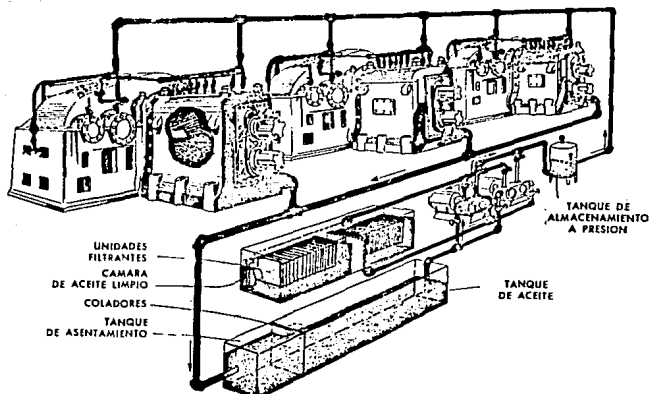


Fig. 3.17: Sistema de lubricación centralizado.

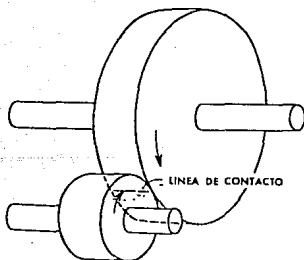


Fig. 3.18: Superficies cilíndricas de fricción de ejes paralelos.

la velocidad de rodamiento entre las ruedas es alta, la presión ligera y la viscosidad del aceite es elevada, el aceite no podrá ser eliminado fácilmente, y una cantidad considerable deberá pasar entre —

las ruedas (acción de expulsión de la película). Durante esta operación, el aceite separa a las ruedas, formándose una película de aceite gruesa y fluida. Mientras mayor sea el régimen de rodamiento, mayor será esta acción de expulsión de la película. Por otra parte, si la velocidad de rodamiento es baja, la presión elevada y el cuerpo del aceite ligero, entonces es posible que todo el aceite sea eliminado antes de que llegue a la línea de contacto y escape eventualmente por los lados de las ruedas. En este caso, no se podrá formar una película gruesa y fluida.

Ahora asúmase que una de las ruedas deja de operar, en cuyo caso sólo ocurrirá deslizamiento. El aceite que se adhiere a la rueda será arrastrado dentro del área de contacto. Como se mencionó anteriormente, el aceite por su viscosidad se resiste a ser eliminado y una parte pasará entre las ruedas. Mientras mayor sea el régimen de rotación o sea, el régimen de deslizamiento, mayor será la formación de la película y ésta será más gruesa.

De un modo similar se forma la película entre las superficies de rodamiento y deslizamiento de los dientes de los engranes. Esta acción se puede apreciar más fácilmente con los dientes de los engranes rectos, aunque los mismos factores son igualmente aplicables a los demás tipos de engranes. En los engranes rectos, al igual que en todos los engranes, existe un máximo deslizamiento al iniciarse el contacto entre dientes; al continuar el engranaje, el régimen de deslizamiento disminuye gradualmente hasta la línea de paso en donde llega a cero. Con base en lo expuesto anteriormente, las superficies de fricción de las ruedas se convierten en superficies de paso en los engranes. En una vista lateral, la superficie de paso se conoce como "circunferencia primitiva". La intersección de la superficie de paso con la cara del diente, se llama "línea de paso" (ver figura 3.19). Al continuar el engranaje, aumenta nuevamente el deslizamiento, hasta alcanzar el máximo cuando el diente finalmente se separa; la línea de contacto siempre se mueve de la raíz a la punta de los dientes impulsores y de la punta a la raíz de los dientes impulsados.

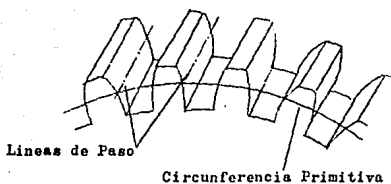


Fig. 3.19: Circunferencia primitiva y línea de paso.

Cuando engranan dos dientes (figura 3.20) el rodamiento y deslizamiento ayudan a la formación de la película de aceite.

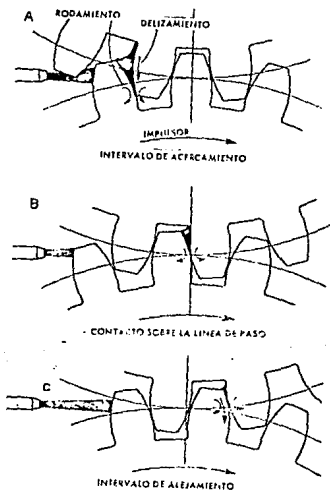


Fig. 3.20: Formación de la cuña de aceite.

La intensidad de la acción que forma la película en cualquier fase del engranaje, es por lo tanto, el resultado tanto del deslizamiento como del rodamiento. La cuña de aceite siempre apunta hacia la raíz del diente impulsor (ver figura 3.20). Durante la primera — parte del engranaje (posición A) el diente impulsado se desliza y — rueda sobre la superficie del diente impulsor. El deslizamiento y rodamiento en esta dirección tiende a formar una cuña de aceite apuntando hacia la raíz del diente impulsor.

Cuando continúa el engranaje hasta que el contacto se encuentra en la línea de paso (posición B), el deslizamiento se ha reducido a cero y ocurre únicamente rodamiento. La dirección del rodamiento es hacia la raíz del diente impulsado. Durante el intervalo de — alejamiento (posición C), el diente impulsor se desliza y rueda se— bre el diente impulsado, durante todo el período de engranaje las — condiciones son favorables para que se forme la película fluida. Para que se formen películas resistentes en forma de cuña sobre las su— perficies de los dientes, es necesario desde luego, que éstas lleven una buena capa de aceite al deslizarse y hacer contacto. En la figura 3.20 se puede ver cómo es necesario alimentar el aceite a los — dientes un poco antes de que engranen, para asegurarse de que éstos arrastren una buena cantidad. Sin embargo, la velocidad de operación de los engranes tiene una considerable influencia sobre el punto de aplicación del aceite, así como también sobre la cantidad de éste — que deberá aplicarse.

Los sistemas de lubricación por salpique utilizados en juegos de engranes de baja velocidad, automáticamente libran el aceite de los dientes después de producirse el engranaje. Los sistemas de lubricación a presión para velocidades en la línea de paso por de 1525 m / min. (5000 ft / min.) son diseñados también atomizando el aceite a los engranes en el instante de empezar el engranaje. A estas velocidades, el aceite es requerido para lubricación, y como una función secundaria, para enfriamiento. Para velocidades de la línea de paso entre 1525 y 3660 m / min. (5000 y 12000 ft / min.) la acción del aceite cambia, ya que es requerido más como refrigerante que como lu—

bricante. Atomizado el aceite a los engranes en el momento de empujar el engranaje, se puede asegurar una cantidad de lubricante para la formación de una buena película de aceite, pero cuando existe un exceso en la cantidad de aceite suministrado, se produce una alta presión y un sobrecalentamiento. Así en este rango de velocidades, - el aceite puede ser aplicado, ya sea en el lado del inicio del engranaje o en el lado de salida, dependiendo cual sea más efectivo. Cuando la velocidad en la línea de paso esté en el rango de 3660 a 6100 m / min. (12000 a 20000 ft / min.) el aceite usualmente se aplica en el lado de salida del engranaje, puesto que el aceite es requerido - en este caso más como refrigerante que como lubricante, la alta velocidad a la que operan los engranes conducen suficiente cantidad de lubricante hacia el lado donde inicia el engranaje. Para velocidades muy altas de juegos de engranes (arriba de 6100 m / min.) el punto de aplicación de aceite es extremadamente importante, ya que el enfriamiento en estos casos es crítico, siendo muy poco el tiempo que pasa un mismo diente el punto de engranaje para que el aceite disminuya la temperatura. También a estas velocidades, las turbulencias de aire originadas por el movimiento de los engranes pueden desviar el suministro de aceite colocado en el lado de salida de los engranes.

Siempre que los dientes de los engranes trabajen separados - por completo, estará ocurriendo una lubricación limitada, la cual depende de otros factores de operación tales como la naturaleza del aceite, suministro del mismo, velocidad de paso de los engranes, temperatura de operación y carga. Cuando las cargas son altas, o se presenta el golpe de carga, y las velocidades son relativamente bajas, es probable que algunos engranes operen con lubricación limitada o - bajo condiciones que son descritas como lubricación de película mezclada.

Aunque la acción de rodamiento es prácticamente igual en todos los engranes, la acción de deslizamiento que se ha discutido representa lo que ocurre únicamente en engranes rectos, cónicos, espirales y helicoidales con ejes paralelos. En los engranes hipoidales

y sinfín existe además un deslizamiento lateral.

Existen diferentes opiniones acerca de la forma exacta de contacto y la dirección correcta del deslizamiento en un juego de engranes corona y sinfín. Sin embargo, parece razonable aceptar la idea de que durante la operación de un engrane sinfín, la dirección resultante del deslizamiento se determine conjuntamente, tanto por deslizamiento radial ocasionado por la rotación del engrane, como por deslizamiento lateral, causado por la rotación del sinfín.

Puesto que la dirección de deslizamiento durante el engranaje de engranes rectos, es en ángulo recto con la línea de contacto, — existen condiciones ideales para la formación y conservación de la cuña de aceite. Con engranes helicoidales y cónicos espirales la dirección de deslizamiento con respecto a la línea de contacto no se aparta tan fuertemente del ángulo recto como para interferir la formación de la cuña de aceite. Sin embargo, los engranes sinfín se acercan más a la condición en donde la dirección de deslizamiento coincide con la línea de contacto y por lo tanto, se dificulta la formación de la cuña de aceite.

3.4 LUBRICACION DE ENGRANES DESCUBIERTOS.

Los engranes descubiertos se utilizan en muchas máquinas tales como máquinas para papel, prensas de perforación, etc. Pueden estar provistos de guardas de seguridad para proteger a los operadores o bien para evitar que objetos sean atrapados en el engranaje. Posiblemente algunos tengan cubiertas contra polvo, pero éstas nunca son tan herméticas como las que se utilizan en engranes encerrados.

Los métodos utilizados para lubricar los engranes descubiertos varían según el tipo de engranaje, las características del lubricante y los deseos y necesidades del usuario. Algunos de abertura lenta se sumergen en una charola poco profunda de lubricante (ver figura 3.21), llevando así lubricante a los dientes del engrane.

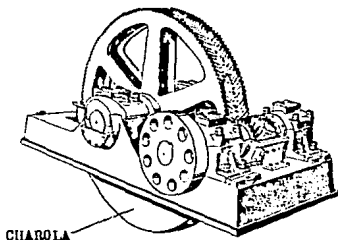


Fig. 3.21: Sistema de lubricación a charola.

Sin embargo, la mayoría de los engranes descubiertos tienen que ser lubricados manualmente (figura 3.22) o mediante dispositivos mecánicos como el sistema de lubricación por goteo o el sistema de lubricación por alimentación forzada, ambos sistemas se muestran en las figuras 3.23 y 3.24.

En años recientes, tanto los sistemas de aplicación con aire

han sido ampliamente aceptados. En la figura 3.25 se ilustra una vista lateral de una boquilla de atomización

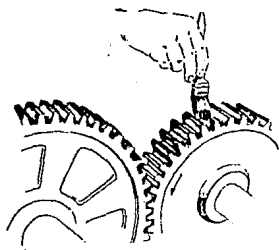


Fig. 3.22: Sistema de lubricación a mano.

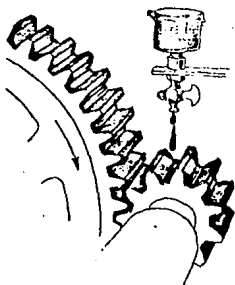


Fig. 3.23: Sistema de lubricación por goteo.

En una instalación de este tipo, tanto el ángulo de atomización con respecto al engrane en funcionamiento, como la distancia entre la boquilla y las superficies de los dientes son factores muy importantes para obtener una cobertura satisfactoria de lubricante.

Durante la operación, la fuerza centrífuga tiende a arrojar - el lubricante fuera de los engranes. A menos que éste se aplique con

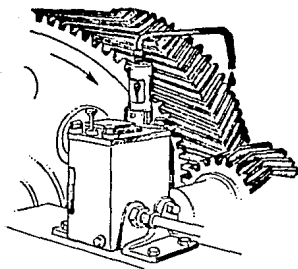


Fig.3.24: Sistema de lubricación por alimentación forzada.

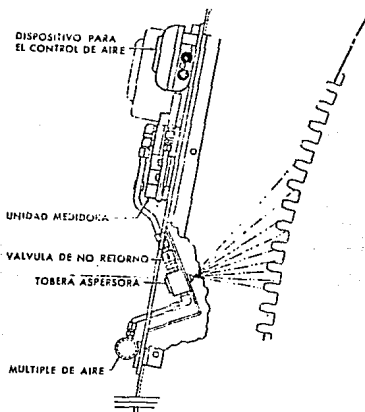


Fig. 3.25: Sistema de lubricación por atomización.

moderación, el sistema será sucio y poco seguro. Por lo tanto, a pe-

ser de cual sea el método de aplicación, la cantidad de lubricante — utilizado en engranes descubiertos rara vez resulta adecuada para — conservar la película a un nivel constante.

3.4.1 CARACTERISTICAS DE LA PELICULA LUBRICANTE.

Cuando se aplica lubricante por primera vez en los engranes — descubiertos, la película puede ser muy gruesa. Sin embargo, rápidamente se adelgaza conforme se desplaza el lubricante hasta dejar una película microscópicamente delgada y casi transparente sobre las superficies de metal. Por lo tanto, durante gran parte del tiempo, los engranes descubiertos operan en condiciones límite de lubricación, en las cuales una película extremadamente delgada debe ser capaz de resistir la fricción o la presión de la superficie metálica de los — dientes. La capacidad que tenga para hacerlo depende grandemente de la viscosidad del lubricante; la película formada debe adherirse perfectamente a las superficies del diente, a modo de reducir al mínimo el contacto de metal con metal (y por ende el desgaste). En el límite de la lubricación adecuada, el desgaste puede conservarse a niveles casi despreciables.

Cuando la lubricación no es adecuada, ocurre desgaste a ambos lados de la línea de paso, pero por lo general será advertida primero una reducción en la parte superior de los dientes. Generalmente, este efecto será advertido primero en la punta de los dientes del engrane impulsado y algunas veces estará acompañado de notable desgaste en la raíz del diente impulsor.

3.5 FACTORES QUE AFECTAN LA LUBRICACION DE ENGRANES.

Al seleccionar un aceite para lubricar engranes, ya sean encerrados o abiertos, se deben de tomar en cuenta los siguientes factores de diseño y operación:

3.5.1 TIPOS DE ENGRANES.

Con engranes rectos helicoidales, cónicos y cónicos espirales, la línea de contacto entre dientes engranando se desplaza rápidamente sin que ocurra deslizamiento lateral sobre la superficie total de trabajo de cada diente; por lo tanto, el contacto en cualquier punto específico dura solamente unos instantes. La presión en este punto se aplica y releva tan rápidamente que comparativamente hay poco tiempo para desplazar la película fluida de aceite. Sin embargo, si se requiere la formación de una película efectiva de aceite, es importante que éste tenga la viscosidad correcta, ya que un aceite sumamente ligero sería desplazado del área de contacto y ocurriría un desgaste.

En un engrane sinfín, el barrido de la línea de contacto sobre los dientes de la corona se efectúa desde las partes superiores de los dientes hasta sus raíces. La dirección de barrido tiende a formar una película fluida de aceite. Por otra parte, el sinfín gira a una velocidad mucho más alta y tiene un gran deslizamiento lateral; debido a esta elevada velocidad de deslizamiento, la duración del contacto en cualquier punto de la superficie del sinfín es muy reducida. Esta condición sería favorable para la formación de una película efectiva de aceite, de no ser porque la dirección del deslizamiento casi coincide con la de la línea de contacto. Esto hace necesario usar un aceite de alta viscosidad. Generalmente, existe lubricación limitada o de frontera, lo que también requiere un aceite con excelentes propiedades lubricantes.

Tratándose de engranes hipoidales, mientras menor sea el descentrado de sus ejes, las condiciones que afectan a la película -

se acercarán más al caso de los engranes cónicos espirales; por el contrario, mientras mayor sea el descentralizado de sus ejes, más se aproximarán las condiciones a las existentes en los engranes sinfín, por lo general, los engranes hipoidales están contruidos en acero, y con frecuencia tratados térmicamente. Las superficies endurecidas son capaces de soportar esfuerzos enormes y han sido diseñadas para transmitir potencias muy elevadas; cuando los engranes hipoidales operan bajo tales condiciones, se requieren lubricantes especiales - tipo extrema presión (E.P.).

3.5.2 VELOCIDAD DEL PIÑÓN.

Mientras mayor sea la velocidad de engranaje, mayores serán las velocidades de rodamiento y deslizamiento de los dientes. Cuando se dispone de una cantidad abundante de aceite, la velocidad ayuda a formar y conservar una película fluida de aceite. A altas velocidades, una mayor cantidad de aceite es arrastrada hacia el área de presión, además de que se reduce el tiempo disponible para que el aceite sea expulsado al engranar los dientes. Por lo tanto, en estos casos, se pueden utilizar aceites comparativamente ligeros, ya que a pesar de su fluidez, el tiempo disponible para que sea expulsado es corto. Sin embargo, cuando las velocidades del piñón son bajas, hay mayor tiempo disponible para que el aceite sea expulsado de entre los dientes, además de que penetra una mayor cantidad de aceite al área de presión. Por lo tanto, mientras menor sea la velocidad del piñón, más viscoso debe ser el aceite lubricante.

3.5.3 RELACION DE REDUCCION.

La relación de reducción es otro factor que interviene para la selección de un buen lubricante, ya que para relaciones altas de velocidad, no se requiere más de un solo paso de reducción. Cuando la reducción de velocidad es mayor de 10 a 1, se emplea un juego de engranes de reducción múltiple. En una reducción de este tipo, la primera reducción se encuentra operando a altas velocidades, requiriéndose un aceite de baja viscosidad. Consecuentemente, las redu-

ciones que operen a bajas velocidades requerirán de un aceite de alta viscosidad. En juegos de reducción múltiple, usualmente se selecciona la viscosidad del aceite para satisfacer las necesidades del piñón de baja velocidad de la última reducción. En algunos juegos de engranes se puede conseguir un cambio en la viscosidad del aceite haciéndole pasar a través de un enfriador para aumentar su viscosidad y así poder lubricar los engranes que se encuentran operando a bajas velocidades; en otra etapa del sistema, el aceite es calentado para reducir su viscosidad y con ello poder alimentar al conjunto de engranes que se encuentra operando a elevadas velocidades.

3.5.4 TEMPERATURA DE OPERACION.

La temperatura a la que pueden operar los diversos tipos de engranes constituyen otro factor importante para la selección del aceite. Los cambios de temperatura afectan la viscosidad del aceite, aumentándola o disminuyéndola según sea el caso. Cuando la temperatura se aumenta, aparte de verse reducida la viscosidad del aceite, existe además una mayor rapidez a la oxidación. Para una correcta evaluación de la temperatura, se deberá considerar tanto la temperatura donde se encuentran localizados los engranes, así como su temperatura de operación. Cuando un juego de engranes se encuentra en lugares fríos, las temperaturas finales de operación pueden ser mucho más bajas. A bajas temperaturas, es necesario seleccionar un aceite que sea lo suficientemente fluido en el momento del arranque, pero al mismo tiempo sea lo suficientemente viscoso para conservar la película protectora cuando alcance su temperatura de operación. Durante la operación, el calor generado por la fricción metálica entre las superficies de los dientes y por la fricción fluida del aceite serán causas para una elevación de la temperatura en el lubricante. De este modo, una elevación en el aceite de 50°C (90°F) y una temperatura ambiente de 15.6°C (60°F) producirán una temperatura de operación de 65.6°C (150°F), por otro lado, si se conserva la misma elevación de temperatura de operación del aceite y no así la temperatura ambiente, la cual asciende a 38°C (100°F), se producirá una temperatura de operación de 88°C (190°F). Para este último caso se requerirá

para una buena lubricación un aceite de alta viscosidad con una buena estabilidad a la oxidación.

3.5.5 POTENCIA APLICADA.

La carga aplicada a los dientes de los engranes actúa para expulsar la película de aceite que separa las áreas de contacto. Por esto, la presión entre los dientes es un factor que debe de considerarse cuando se selecciona el lubricante adecuado. A mayor presión, la viscosidad del aceite deberá ser mayor también, para que resista la acción que tiende a expulsarlo, y para que se conserve una cuña de aceite efectiva. Cuando la presión entre los dientes es reducida, un aceite de cuerpo ligero formará películas protectoras que tendrán una fricción fluida mínima y asegurarán una baja pérdida de potencia.

3.5.6 CARACTERISTICAS DE LA CARGA.

La naturaleza de la carga en cualquier juego de engranes tiene una influencia considerable sobre la selección del aceite. Si la carga es uniforme, el momento de torsión y la carga soportada por los dientes también será uniforme. Sin embargo, las presiones excesivas por cargas de impacto, tienden a romper momentáneamente las películas lubricantes. Por lo tanto, cuando no se han considerado cargas de impacto durante el diseño, se requiere de un aceite de mayor viscosidad para evitar la ruptura de la película. Desde luego, que en algunas operaciones, las condiciones pueden ser aún más severas debido a sobrecargas o a una combinación de éstas con cargas de impacto; en estos casos, puede ser imposible el conservar una cuña efectiva de aceite; generalmente se requiere el uso de un aceite de extrema presión (E.P.).

3.5.7 TIPO DE IMPULSION.

Cuando la fuerza transmitida a los engranes es desarrollada por motores eléctricos o turbinas, el momento de torsión uniforme de estas unidades no impone ninguna carga adicional sobre los dientes -

de la transmisión. La torsión variable desarrollada por los motores diesel, vapor, etc. ocasiona una variación de la carga sobre los — dientes. Por lo tanto, cuando los engranes de transmisión están im— pulsados por este tipo de motores, se requieren aceites de mayor vis— cosidad para asegurar películas completas en todo momento. Sin embar— go, cuando estas variaciones se han considerado en el diseño, no se— rá necesario utilizar un aceite más pesado para este objeto.

3.5.8 METODO DE APLICACION.

Cuando se aplica aceite lubricante a los dientes de engranes por medio de sistemas de salpique, la formación de la cuña de aceite es menos efectiva que cuando el aceite es circulado y rociado direc— tamente sobre las superficies de contacto. En las unidades de baja — velocidad lubricadas por salpique, únicamente una cantidad limitada de aceite es arrastrada al área de contacto; para compensar esta si— tuación, es necesario utilizar aceites de mayor viscosidad, ya que — mientras más viscoso sea el aceite, mayor será su tendencia a adhe— rirse a los dientes, en donde permanecerá en mayor cantidad.

En un juego de engranes lubricados con un sistema de circula— ción, generalmente hay más oportunidad para dispersar el calor que — cuando se trata de sistemas a salpique. Esto se debe a que con el — sistema de circulación el aceite es arrastrado a todas las superfi— cies de la caja de engranes, y en esta forma, se enfría más fácilmen— te. Por otra parte, con un sistema de lubricación a salpique, particu— larmente con una unidad a baja velocidad, el aceite puede moverse sobre un área muy reducida restringiéndose de esta forma la disipa— ción de calor, requiriéndose para esta unidad un aceite más viscoso.

El lubricante dentro de un juego de engranes está sujeto a un servicio sumamente severo. Es arrojado de los dientes y de los ejes en forma de niebla fina, quedando sujeto al efecto oxidante del aire caliente. Además, la fricción fluida del mismo aceite y en algunos — casos el rozamiento metálico elevan su temperatura. Asimismo, la vio— lenta agitación de sistemas lubricados por salpique eleva su tempera—

tura, acelerándose la oxidación.

Para engranes descubiertos, si el lubricante se pretende aplicar con goteros o lubricadores de alimentación forzada o bien por atomización, éste debe de ser lo suficientemente delgado como para fluir a través del equipo de aplicación. En el caso de utilizar brocha, el lubricante debe ser lo suficientemente líquido para distribuirse uniformemente sobre la superficie del diente. En cualquier caso, durante la operación, el lubricante debe ser viscoso y pegajoso para resistir la presión de desplazamiento de los dientes del engrane; cuando el lubricante se aplique por charola, éste no debe ser tan viscoso que ofrezca resistencia que ocasione pérdida de potencia

3.5.9 CONTAMINACION CON AGUA.

En algunos casos, el agua llega a penetrar a los sistemas de lubricación de engranes encerrados. Este contaminante puede provenir de los serpentines de enfriamiento, de la condensación del vapor o de la humedad del ambiente. A menudo, los engranes descubiertos que funcionan a la intemperie, están expuestos a lluvia o nieve. Esta posibilidad de contaminación por humedad hace necesario emplear un aceite con alta desemeulsibilidad o sea, un aceite que pueda separarse rápida y completamente del agua.

Se debe hacer todo lo posible para evitar el agua en la caja de los engranes, utilizando ventilación adecuada, filtros, centrífugas, etc. Si llega agua dentro de la caja, ésta puede formar herrumbre, con los consiguientes daños a las superficies de los dientes y el deterioro del aceite.

3.5.10 FUGAS DE LUBRICANTE.

Aunque la mayoría de las cubiertas de los engranes encerrados son herméticas, su operación excesiva o en condiciones severas pueden causar fugas en sus sellos o en sus juntas. Cuando dichas fugas son grandes y no pueden ser controladas mediante otros métodos, pue-

den requerirse lubricantes diseñados especialmente para evitarlas; - estos lubricantes de engranes contra fugas son generalmente grasas - semifluidas.

3.5.11 POLVO Y SUCIEDAD.

Muchos engranes descubiertos, ya sea que operen en interiores o a la intemperie, están expuestos a condiciones de polvo y suciedad; el polvo abrasivo que se adhiere a las superficies cubiertas de aceite, causa un desgaste excesivo del diente. Cuando se utilizan lubricantes viscosos, la suciedad puede acumularse en la raíz del diente, formando depósitos duros. Dichos depósitos tienden a separar los engranes. Para estos casos, es conveniente utilizar un lubricante con viscosidad media.

3.6 LUBRICACION DE RODAMIENTOS.

Aun bajo condiciones ideales de operación, la vida de un rodamiento está limitada por la habilidad de sus elementos para soportar los esfuerzos que ocasionan la falla por fatiga.

La duración de un rodamiento depende de las cargas a que se ve sujeto y de su capacidad para soportarlas, así como de otras condiciones de operación, tales como la velocidad, temperatura, etc. La vida de un rodamiento puede reducirse considerablemente si no está correctamente instalado y lubricado, o si se encuentra sujeto a condiciones adversas de operación. Pero cuando se usan lubricantes adecuados de alta calidad, correctamente aplicados, se elimina una de las muchas causas de fallas prematuras, pudiéndose medir los resultados de una lubricación correcta en términos de:

- Mayor producción continua.
- Menores costos de mantenimiento.
- Reducción en el consumo de energía.
- Bajos costos de lubricación.

Los rodamientos son, en todos los sentidos, elementos de precisión indispensables para la maquinaria moderna. Su efectividad ha sido ampliamente comprobada, y como resultado, su uso se ha generalizado enormemente, tanto para ejes verticales como horizontales, trabajando a altas y bajas velocidades.

3.7 TIPOS DE RODAMIENTOS.

Las partes esenciales de los rodamientos son las siguientes: un anillo estacionario o fijo, un anillo giratorio y los elementos de rodamiento que separan los anillos, al mismo tiempo que permiten el libre movimiento del anillo giratorio bajo condiciones de carga; en algunos casos, los elementos de rodamiento son esferas cuidadosamente escogidas, en otros pueden ser rodillos. Los anillos tienen unas ranuras llamadas carreras, que sirven para retener y guiar las esferas o rodillos. El anillo interior va colocado en un eje, y el anillo exterior ajusta dentro de un dispositivo llamado soporte que encierra todo el mecanismo. Los sellos o retenes que se colocan en el eje ayudan a evitar la entrada de contaminantes indeseables, y al mismo tiempo, evitan el escurrimiento del lubricante. El eje gira junto con el anillo interior que ha sido metido a presión y por lo tanto se encuentra muy ajustado, mientras que el soporte y el otro anillo permanecen estacionarios.

Debido al gran número de tipos de maquinaria, y a la gran cantidad de condiciones de operación existentes, se han desarrollado varios tipos de rodamientos:

3.7.1 RODAMIENTOS RADIALES.

Los rodamientos radiales de esferas (figura 3.26) han sido diseñados principalmente para soportar cargas radiales (perpendiculares al eje o flecha) y no para cargas de empuje axial (en dirección al eje o flecha); sin embargo, en algunos casos, pueden soportar una combinación de cargas axiales y radiales.

Por otra parte, en el caso que el rodamiento tenga aberturas laterales para la inserción de un mayor número de esferas, sin que haya necesidad de aumentar las dimensiones del rodamiento, éste podrá soportar mayores cargas radiales, pero su habilidad para soportar cargas de empuje axial no será mayor de un 50% a un 75% de la capacidad de carga radial.

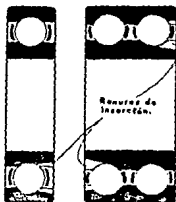


Fig. 3.26: Rodamientos radiales de una y dos hileras, de esferas.

Los rodamientos de rodillos cilíndricos (ver figura 3.27), están diseñados para soportar cargas radiales muy altas, pero no tienen la capacidad de resistir continuamente las cargas axiales. Pueden sin embargo, resistir leves e intermitentes esfuerzos laterales, los cuales son necesarios para controlar y permitir ligeros desplazamientos del eje o flecha soportada.

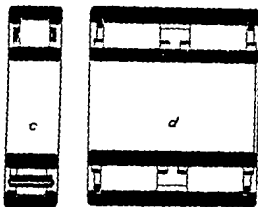


Fig 3.27: Rodamientos radiales de rodillos cilíndricos de una y dos hileras.

Los rodamientos de agujas (figura 3.28) soportan únicamente - cargas radiales, y por lo general, se usan donde no existe espacio - suficiente para acomodar un rodamiento de rodillos; en estos casos, el reducido diámetro de las agujas permite la instalación de este tipo de rodamientos en espacios limitados, pudiendo al mismo tiempo resistir elevadas cargas radiales gracias a la facilidad de poder aco-

modar un mayor número de delgadas agujas.

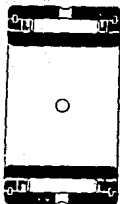


Fig. 3.26: Rodamiento de agujas con separadores.

3.7.2 RODAMIENTOS DE CARGA RADIAL Y AXIAL.

Los rodamientos de esferas de contacto angular, mostrados en la figura 3.29, y los de rodillos cónicos, mostrados en la figura 3.30, pueden soportar tanto cargas radiales como axiales, aunque los que contienen una sola hilera de elementos de rodamiento, pueden resistir esfuerzos en una sola dirección, mientras que los cojinetes - de doble hilera, pueden soportar esfuerzos axiales en ambas direcciones.

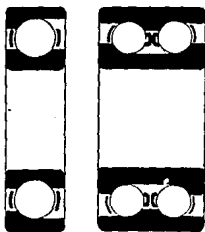


Fig. 3.29: Rodamientos de esferas de contacto angular de una y dos hileras.

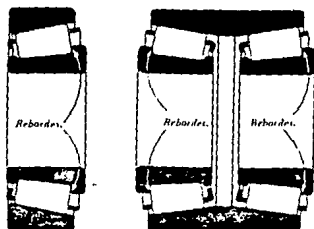


Fig. 3.30: Rodamientos de rodillos cónicos de una y dos hileras.

3.7.3 RODAMIENTOS DE CARGA AXIAL.

Ciertos cojinetes de esferas y rodillos diseñados para soportar cargas axiales, colocados en ejes horizontales y verticales pueden soportar únicamente fuertes cargas axiales, por lo que si también existen cargas radiales de alguna consideración, se utilizan rodamientos para soportar ese tipo de carga (ver figura 3.31)

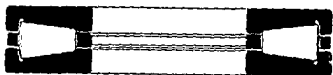
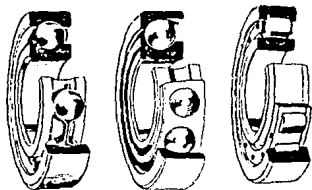


Fig. 3.31: Rodamiento de rodillos cónicos de empuje axial.

3.7.4 SEPARADORES.

Un marco de separación circular encierra parcialmente a los elementos de rodamiento y los mantiene uniformemente separados (figura 3.32). En un cojinete de carga radial, el separador evita que los elementos se junten al entrar a la zona de presión. Estos separados



Acero Remachado Acero Prensado Bronce Maquinado.

Fig. 3.32: Separadores típicos de rodamientos radiales. Los separadores de rodamientos de empuje axial son similares.

res (que también se conocen como jaulas o retenes), sirven para distribuir la carga uniformemente entre los elementos de rodamiento y mantienen al eje correctamente centrado. También evitan la fricción que ocurriría si las superficies de los elementos adyacentes (esferas o rodillos moviéndose a gran velocidad) entraran en contacto. Además, los separadores de rodillos y agujas mantienen el alineamiento axial de estos elementos, evitando que rueden oblicuamente.

3.8 FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION EN RODAMIENTOS.

Hasta en un rodamiento antifricción existen ciertas fuentes de rozamiento que podrían ocasionar la casi inmediata falla de la unidad, si ésta trabajara sin lubricante o una falla prematura si el rodamiento tuviese una lubricación deficiente. Entre las fuentes de rozamiento se encuentran:

3.8.1 DESLIZAMIENTO SOBRE LAS CARRERAS.

Las elevadísimas presiones unitarias que soportan los rodamientos tienden a aplastar las superficies de las esferas o rodillos tan pronto empiezan a girar bajo carga sobre sus carreras. En un rodamiento de esferas estas presiones son tan elevadas como para causar esfuerzos de compresión que pueden variar de 200000 a 300000 lb / in², y en algunas ocasiones puede llegar hasta 500000 lb / in².

En cualquier rodamiento radial, ya sea de esferas o rodillos en que la carga es soportada únicamente por los elementos en la zona de presión, la deformación es mayor en el punto de máxima presión y correspondientemente es menor en los puntos adyacentes, en donde la presión es más reducida (ver figura 3.33).

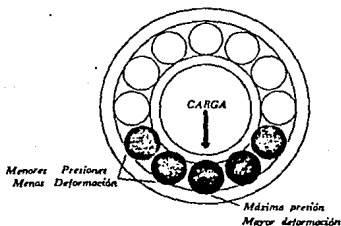


Fig. 3.33: Distribución de la carga entre los elementos de rodamiento en la zona de presión de un rodamiento radial.

En los rodamientos de empuje axial, en los cuales todas las esferas o rodillos soportan una carga igual, la presión ejercida sobre los elementos de rodamiento y la consiguiente deformación de estos resulta uniforme.

Al desgastarse, el tamaño de las esferas o rodillos es un poco menor al tamaño que tenían originalmente, y por otra parte, estas mismas presiones unitarias causan una depresión en las carreras, por lo que las áreas de las superficies comprimidas son ligeramente mayores. Este aplastamiento de las superficies de contacto permiten cierto deslizamiento de los elementos entre sus respectivas áreas de contacto. Este tipo de deslizamiento ocurre en todos los tipos de rodamientos.

3.8.2 ROZAMIENTO CON LOS SEPARADORES.

En los rodamientos radiales existe cierta cantidad de rozamiento entre los separadores y los elementos de rodamiento cuando los separadores fuerzan las esferas o rodillos a la zona de presión, y después las detienen al salir de ésta. En los rodamientos de rodillos y en los de agujas existe otra causa de rozamiento cuando los separadores evitan que los rodillos o agujas se coloquen en forma oblicua.

3.8.3 ROZAMIENTO ENTRE LOS RODILLOS O AGUJAS.

Cuando los rodamientos de agujas o de rodillos cilíndricos no tienen separadores, la velocidad de rozamiento de los elementos adyacentes son mayores a las velocidades de rozamiento que ocurrirían entre los rodillos y sus separadores, por lo tanto, el rozamiento es mucho mayor.

3.8.4 ROZAMIENTO CON LOS SELLOS O RETENES.

La cantidad de rozamiento que existe entre los ejes y los sellos o retenes depende entre otras cosas del tipo de sello y del cuidado que se haya puesto en su instalación; por lo general, hay menos

rozamiento con sellos de cuero o de hule sintético que con sellos de fieltro. Cuando se usan sellos propiamente instalados se reduce el rozamiento.

3.8.5 CONTAMINANTES.

A menos de que los sellos estén correctamente instalados y lubricados, ciertos contaminantes dañinos pueden abrirse paso a través de los sellos y causar daños de consideración a los elementos de rodamiento y carreras. Por ejemplo, el polvo abrasivo causa un excesivo desgaste, con lo que eventualmente se reduce la precisión, se producen vibraciones y la operación es ruidosa, todo esto a elevadas velocidades, puede causar la falla o rotura de los separadores. Igualmente, si finas partículas metálicas caen en el paso de los elementos de rodamiento, éstas mellarán las carreras, lo que a su vez ocasiona la falla de la unidad. Por otra parte, una pequeña cantidad de agua dentro de la caja de rodamiento puede causar herrumbre, a menos de que se use un lubricante adecuado.

3.9 REQUERIMIENTOS DE LA LUBRICACION EN RODAMIENTOS.

Los lubricantes adecuados para los cojinetes antifricción están diseñados para reducir todas las clases de rozamiento y mantener las temperaturas de operación lo suficientemente bajas como para mantener la dureza original y resistencia a la fatiga de los elementos de rodamiento.

El uso de aceite o grasa depende en gran parte de los métodos provistos para la aplicación del lubricante, pero en cualquier caso, las características requeridas de un lubricante dependen a su vez de las velocidades de operación y de la temperatura. Si se usa grasa, ésta debe servir también para ayudar a los sellos o retenes a excluir los contaminantes.

3.9.1 VELOCIDAD.

Las velocidades permisibles dependen del tipo de rodamiento, de la clase de separadores y del tipo y efectividad del lubricante; los separadores de bronce maquinado permiten mayores velocidades que los de acero prensado o remachado. Igualmente, la lubricación con aceite permite velocidades de un 50 a 100% mayores que la grasa, debido a que el aceite se distribuye más uniformemente y es mejor enfriante. La selección de la viscosidad de un aceite para rodamientos depende en parte de la velocidad; en un rodamiento de alta velocidad, un aceite de cuerpo relativamente ligero ayuda a mantener la temperatura de operación a un nivel relativamente bajo, ya que se reduce considerablemente la fricción fluida y el enfriamiento resulta bastante efectivo. En un rodamiento de baja velocidad, un aceite de cuerpo pesado ayuda a reducir el rozamiento metálico y el desgaste; cuando se utiliza grasa, ésta debe de ser lo suficientemente suave para ir penetrando lentamente hacia los elementos de rodamiento, pero no tan suave que un exceso de grasa pueda interferir con el libre movimiento de las esferas o rodillos y ocasionar una fricción fluida innecesaria, así como altas temperaturas de operación. Pero tampoco debe ser tan dura como para que los elementos de rodamiento se vean

imposibilitados de succionar pequeñas cantidades de grasa y distribuir las para que puedan ofrecer protección contra el desgaste.

3.9.2 CARGA.

La carga normal de un rodamiento produce presiones unitarias tan altas entre los elementos de rodamiento y sus carreras que parece imposible que algún lubricante pudiera resistir la ruptura de la película y evitar el contacto metálico y la falla prematura.

Por otra parte, estas tremendas presiones actúan solo por un momento sobre la película separadora, y no le dan tiempo para escapar al lubricante. Como resultado de la viscosidad, y del reducido período de tiempo, las elevadas presiones unitarias no expulsan al lubricante, ni tampoco lo desplaza la pequeña cantidad de deslizamiento entre los elementos de rodamiento y sus carreras.

Por lo tanto, un lubricante adecuado para las velocidades y temperaturas de operación también protegerá contra el desgaste, ya que en lo que se refiere al desgaste de esferas, rodillos y carreras se ha visto que no es necesario aumentar la viscosidad del aceite; las presiones existentes entre los elementos de rodamiento y los separadores son bastante bajas y por consiguiente no hay un aumento apreciable de viscosidad.

3.9.3 TEMPERATURA DE OPERACION.

La temperatura normal de operación, algunas veces se ve aumentada por el calor conducido al rodamiento por una flecha caliente (por conducción) o por calor radiado a la caja en lugares con ambientes sumamente calientes (por radiación). Como las altas temperaturas adelgazan el aceite o ablandan la grasa, su habilidad lubricante se ve restringida en varios aspectos:

- Menos adecuada para proteger contra el desgaste que puede resultar del deslizamiento entre los elementos de rodamiento y sus carreras.

- Menos adecuado para resistir la fricción entre las esferas o rodillos y los espacios de los separadores.
- Menos adecuado para lubricar ciertos tipos de sellos o retenes -- sin excesivo escurrimiento.

La exposición del lubricante durante prolongados períodos de tiempo bajo la agitación constante y en íntimo contacto con el aire caliente existente dentro del soporte, ocasiona una oxidación gradual y mientras mayor sea la temperatura, con mayor rapidez se llevará a cabo el proceso de oxidación. La oxidación de la grasa por lo general ocasiona un endurecimiento gradual del lubricante, o puede ocasionar la separación del aceite de la estructura de la grasa (jabón).

Cuando los rodamientos se ven expuestos a bajas temperaturas ambientales, el aceite en el depósito se espesa y la grasa se endurece, si el aceite no es lo suficientemente delgado para distribuirse inmediatamente, o la grasa no es lo suficientemente blanda para que penetre en forma adecuada, la fricción de arranque y aún el rozamiento una vez que ya esté funcionando normalmente será muy elevado; -- cuando existe ésta condición puede ocurrir un desgaste excesivo y la falla prematura del rodamiento.

3.10 LUBRICACION CON ACEITE PARA RODAMIENTOS.

Los métodos para la aplicación de los aceites están relacionados con las velocidades de operación. Entre estos métodos se incluyen la lubricación por baño, copa gotera, mecha, neblina de aceite o rocío, y mientras estos dispositivos reciban una adecuada atención — proveerán a los elementos de rodamiento, carreras y separadores con cantidades adecuadas de lubricante. Puesto que el aceite es un excelente refrigerante, ciertos rodamientos que operan normalmente a — temperaturas elevadas son lubricados, enfriados y lavados por aceite en circulación, tal como sucede en los rodamientos de la sección de secado de una máquina de papel, de la cual se hablará en el siguiente capítulo con más detalle.

3.10.1 CARACTERISTICAS DEL ACEITE.

Los aceites adecuados para una lubricación efectiva de los rodamientos deben tener:

- La mayor resistencia posible a la oxidación y a la formación y — acumulación de lodos en servicios prolongados.
- Viscosidad correcta a las velocidades y temperaturas de operación para reducir el rozamiento y proteger contra el desgaste.
- Resistencia de la película adecuada para soportar la fuerte se— ción de rozamiento que tiende a eliminar el lubricante entre los rodillos y carreras en rodamientos de rodillos cónicos sujetos a pesadas cargas radiales y axiales.
- Propiedades anti-herrumbrantes para ofrecer máxima protección con tra la herrumbre, en los casos en que la humedad exista.

En algunos casos, el tipo de aceite suministrado a los roda— mientos depende del tipo de lubricante requerido por los engranes.

3.11 LUBRICACION CON GRASA PARA RODAMIENTOS.

Aunque los soportes de algunos rodamientos se empaquen de grasa con la mano, la mayoría está equipado con conexiones para graseras en las cuales, la grasa es forzada por medio de una pistola graseras a presión, que puede ser operada manualmente o por aire a presión. Exceptuando los raros casos en que sea necesario excluir el agua empacando completamente el soporte con grasa, ninguno deberá estar tan lleno que la constante agitación causada por los elementos pueda causar una innecesaria fricción fluida y elevadas temperaturas de operación. Para obtener una lubricación satisfactoria, bajo condiciones de altas y bajas velocidades, la grasa debe de tener una consistencia que le permita a las temperaturas de operación, penetrar lenta y gradualmente a las carreras. Las elevadas velocidades ocasionan un cambio en la estructura de la grasa, la cual se ablanda tanto que penetra rápidamente a las carreras e interfiere con el libre movimiento de los elementos de rodamiento. Es aconsejable a velocidades altas (arriba de 3600 RPM) se utilice una grasa que no se descomponga, sino que conserve una consistencia que permita a los elementos de rodamiento recoger y distribuir las cantidades necesarias de grasa para una lubricación correcta.

En el caso en que un grupo de rodamientos es aprovisionado de grasa desde un sistema centralizado (fig. 3.34), la grasa debe de ser lo suficientemente suave como para mantener siempre cubierta la bomba de succión, ya que cuando se usa una grasa inadecuada la presión ejercida sobre la grasa tiende a separar a los elementos que la componen.

Algunos fabricantes utilizan una grasa especial para empaques de rodamientos, la cual servirá para toda la vida útil del mismo, llamándose a éstos "rodamientos prelubricados".

3.11.1 CARACTERISTICAS DE LA GRASA.

Las grasas adecuadas para la lubricación de rodamientos son -

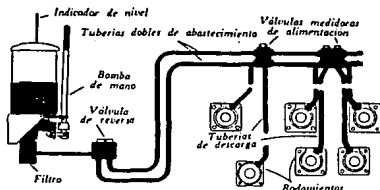


Fig. 3.34: Sistema central de engrase.

grasas especiales de alta calidad elaboradas para ser utilizadas por prolongados períodos de tiempo, estas grasas tienen:

- Extraordinaria resistencia a la oxidación y a la formación de depósitos a las temperaturas de operación.
- Adecuada estabilidad estructural para resistir el ablandamiento o endurecimiento durante el servicio.
- Consistencia correcta para el método utilizado en su aplicación y un cuerpo adecuado para penetrar a las temperaturas de operación.
- Gran habilidad para proteger las partes metálicas contra la herrumbre.

Es importante también el mencionar que existen aparatos para analizar el estado de los rodamientos. El aparato mostrado en la figura 3.34a, es un medidor de impulsos de choque con microprocesador incorporado, permanentemente programado para analizar la estructura de la pulsación de choques procedentes de cualquier clase de rodamientos. El instrumento indica visualmente el estado de funcionamiento del rodamiento en lo que respecta a lubricación y deterioro. Primeramente, se programan las rpm y el tipo de rodamiento a analizarse posteriormente, se coloca el transductor en la parte a ser medida, y con base en esto, se obtienen ciertos números, los que comparándolos en una tabla, nos darán las condiciones de lubricación del rodamiento. Estos instrumentos son muy útiles para un correcto mantenimiento

de los rodamientos.

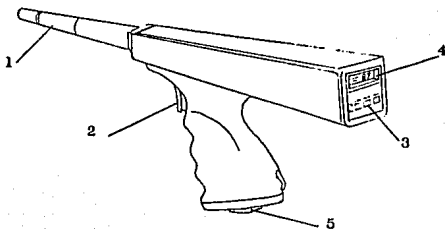


Fig. 3.34a: Aparato analizador de rodamientos modelo SPM-DEA-52. 1. Transductor 2. Gatillo 3. Botones de mando 4. Pantalla 5. Pilas.

Para iniciar la medición, se debe de apretar el gatillo (2) - durante un lapso de 8 segundos.

3.12 LUBRICACION DE PISTONES.

Los motores de gas, diesel y de vapor, así como también los -
compresores de aire y refrigeración no pueden funcionar sin una ade-
cuada lubricación en el cilindro.

3.12.1 PRINCIPIOS DE OPERACION.

Dos son los elementos básicos en cualquier operación de cilin-
dro: el cilindro y su pistón. El pistón generalmente opera contra la
presión de un gas. Un pistón y cilindro bien ajustados y pulidos ope-
ran teóricamente sin desgaste, sin escapes de gas y sin pérdidas de
potencia. Sin embargo, en la práctica, las expansiones diferentes en-
tre el pistón y el cilindro bajo condiciones normales de trabajo ha-
cen que el ajuste sea imposible. Por consiguiente, el pistón se hace
de un diámetro menor que el del cilindro, y la separación que existe
se hace ocupar por anillos flexibles que mantienen el contacto apro-
piado entre pistón y cilindro, y un sello efectivo a través de las -
distintas fases de la operación (figura 3.35).

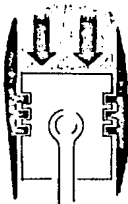


Fig. 3.35: Cilindro y pistón.

Como el pistón se mueve en el cilindro, los anillos se desli-
zan a lo largo de las paredes del cilindro. Los anillos también su-
fren movimientos horizontales por las variaciones del diámetro del -
cilindro ocasionadas por las diferencias de temperatura. El gas bajo

presión tiende a escaparse entre el anillo y la pared del cilindro, así como también entre el anillo y su ranura (figura 3.36).

EXPANSIÓN DEL CILINDRO

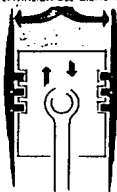


Fig. 3.36: Los anillos del pistón sufren movimientos horizontales debidos a la expansión del cilindro.

Las superficies de los anillos, cilindros y ranuras aparentemente son lisas, sin embargo, son muy irregulares. Al deslizarse un metal sobre otro se produce desgaste excesivo y pérdida de potencia (figura 3.37).

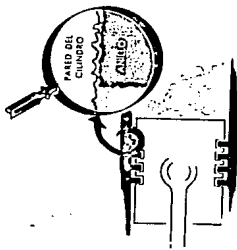


Fig. 3.37: Irregularidades del cilindro.

Un aceite lubricante tiene como funciones principales dentro de un cilindro el reducir a un mínimo el desgaste y la pérdida de potencia por fricción, así como prevenir el escape de los gases. Ahora bien, como las condiciones de lubricación son diferentes en un motor

de gas que en uno de vapor o en un compresor, ya sea para aire o para refrigeración, se analizarán cada uno de estos elementos per se rado.

3.13 CILINDRO DE VAPOR: FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION.

En cualquier cilindro, el lubricante deberá funcionar con el objeto de prevenir el desgaste y ayudar a sellar la fuga de gases de combustión, como anteriormente se había mencionado.

En una máquina de vapor, el problema se complica por tres consideraciones especiales: calor, humedad y el hecho de que el vapor - de escape (o agua que se condensa de este vapor) debe mantenerse libre de contaminantes. Cuanto mayor sea la presión de vapor, mayor será la tendencia de fugas del mismo cilindro. A mayor temperatura del vapor, mayor efecto adelgazante habrá en la película lubricante. Las válvulas requieren lubricación para disminuir el desgaste y promover una acción suave. Esta función generalmente la desarrolla el aceite atomizado que lleva el vapor a las superficies de las válvulas; para éstas se requiere de una lubricación que no forme depósitos, ya que pueden impedir su correcto funcionamiento.

Entre las paredes del pistón y el cilindro, bajo las condiciones existentes de vapor y carga, el aceite deberá resistir la acción "lavadora" de las superficies de rozamiento.

3.13.1 CARACTERISTICAS DE LA LUBRICACION EN CILINDROS DE VAPOR.

Las características de un aceite para lubricar este tipo de cilindros son:

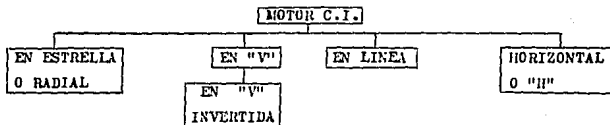
- Deberá proveer una distribución rápida y efectiva: Antes de que se logre alguna lubricación, el aceite deberá llegar a todas las superficies de fricción dentro del cilindro. Algunas veces, el aceite es alimentado directamente a las superficies de fricción, pero generalmente, el vapor es el agente conductor del aceite. Este fracciona el aceite en gotas minúsculas distribuidas igualmente. El cuerpo del aceite deberá ser correcto, ni demasiado pesado para la distribución, ni demasiado ligero para que forme una película lubricante adecuada.
- Debe lubricar las válvulas: Una película de aceite es fácilmente "lavada" del metal por el vapor que contiene agua. Para resistir esto

se le agregan compuestos al aceite; el aceite forma entonces una emulsión con el agua en el vapor, o sea, una mezcla que retiene su alto valor lubricante y resiste el lavado de las superficies de metal.

- Debe proteger contra el desgaste y la fuga del vapor: Como se ha mencionado, habrá desgaste y uso ineficiente del vapor, a menos que una película de aceite cubra las superficies de fricción. La selección de la viscosidad del aceite depende de la temperatura y presión de operación. Entre mayor sea la presión del vapor, mayor será la temperatura, y por lo tanto, el aceite deberá ser más pesado.

3.14 CILINDROS EN MOTORES DIESEL Y GASOLINA: FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION.

La disposición de los cilindros en estos motores es:



La figura 3.38 ilustrará estas disposiciones.

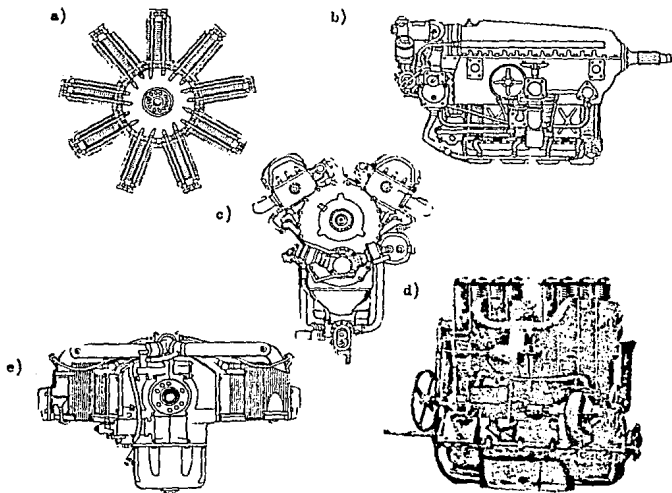


Fig. 3.38: Arreglos típicos de los cilindros: a)Motor en estrella "Clerget" b)Motor en V invertida "De Havilland" c)Motor R.R. Merlin en V d)Motor en línea"Mercedes" e)Motor horizontal "Continental".

En estos motores, la potencia en los cilindros se provee por medio de la combustión del combustible. El proceso de combustión es acompañado por una expansión de los gases que hace mover al pistón; el problema básico para la lubricación de cilindros de combustión interna es el mismo que en cualquier otro cilindro, o sea, el obtener una reducción en pérdida de potencia y desgaste. Las altas presiones de combustión tienden a forzar fuertemente los anillos del pistón — contra las paredes del cilindro. Las altas temperaturas en la cámara de combustión tienden a deformar el cilindro. En los cilindros, los gases a altas temperaturas y presiones, especialmente en la carrera de compresión tienden a forzar el paso entre los anillos y sus respectivas ranuras. Si se forman depósitos de combustible que no se — han quemado en el respaldo de los anillos que interfieren con su función apropiada, hacen que la acción sellante de los anillos se dificulte y por ende, se tenga una pérdida de potencia.

3.14.1 CARACTERISTICAS DE LA LUBRICACION EN CILINDROS DE MOTORES DIESEL Y GASOLINA.

El aceite debe realizar las siguientes funciones primordiales:

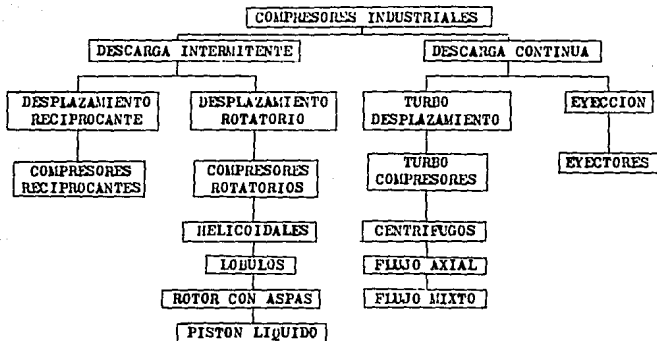
- Cubrir las paredes del cilindro: A pesar de que las altas temperaturas en el cilindro tienden a adelgazar el aceite de un modo drástico, especialmente en la parte superior del cilindro, deberá haber — una constante película delgada de aceite alimentada con cada carrera ascendente del pistón. Por lo tanto, el aceite usado en la lubricación del cilindro debe ser de una consistencia adecuada, ya que si — ésta es ligera, será demasiado delgada para proteger al cilindro con tra el desgaste excesivo.

- Mantener los anillos libres: Después de la combustión algunos de los productos de este proceso pasarán entre los anillos. Los largos períodos en que los anillos se mantienen libres se deben a que la película de aceite lubricante expuesta al calor intenso no se endurece y no se combina con las impurezas del combustible que formarían los depósitos gomosos en la parte interior del anillo. Por lo tanto, para mantener los anillos libres, la película lubricante deberá tener una cualidad de limpieza en la combustión.

- Evitar el paso de los gases de combustión: Una fuga de los gases de combustión se traduce en una pérdida de potencia y la desaparición de la película lubricante en el cilindro. Es necesaria una acción libre de los anillos y una cualidad sellante del aceite.

3.15 CILINDROS EN COMPRESORES DE AIRE: FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION.

La clasificación general de éstos equipos es:



- Compresores de desplazamiento recíprocanes: En este tipo de compresores, en un recipiente hermético se captura determinada cantidad de gas, se reduce su volumen incrementando la presión y después se expulsa al exterior. Estos compresores requieren tanque regulador.

- Compresores de desplazamiento rotatorio: En éstos, se atrapa una cantidad de gas en un recinto cerrado con baja presión, para transportarlo hasta una abertura de descarga, donde se comprime y después se expulsa al exterior. Estos compresores, al igual que los de desplazamiento recíprocante, requieren de tanque regulador.

- Compresores de turbo desplazamiento: Por medio de la acción mecánica de un rotor que gira a alta velocidad, incrementa la velocidad del gas para después transformarla en presión, y expulsar el gas comprimido al exterior.

- Compresores de eyección: En este tipo de compresores, un gas entra a alta velocidad a una boquilla, en la cual se mezcla con otro gas, para luego pasar a una cámara donde la alta velocidad de los gases se transforma en presión por medio de un difusor. Este tipo de compresores, al igual que los de turbo desplazamiento, no requieren

de tanque regulador.

En los compresores de aire, el problema principal de lubricación del cilindro es usar la menor cantidad de aceite posible. Según Mobil Oil Co., el aceite se deberá abastecer a un rango de una gota - por minuto por cada pulgada de diámetro del cilindro, y al mismo tiempo, obtener un mínimo desgaste y evitar pérdidas de eficiencia - debido a la fuga de los gases por los anillos.

Debido a las enormes cantidades de aire que pasan rápidamente a través del cilindro del compresor, las cantidades más pequeñas de polvo o tierra contaminantes representan un volumen total muy grande; este polvo en el aire actúa muchas veces como abrasivo, generando así el desgaste y adheriéndose a las superficies pegajosas de aceite para así formar depósitos; en algunos compresores y bombas de vacío, la humedad del aire puede llegar a las paredes del cilindro. Debido a estas condiciones típicas de operación, todas las superficies de fricción requieren protección contra el desgaste. Como las válvulas de descarga son las partes más calientes del compresor, alcanzando temperaturas que varían entre 121°C - 260°C , dependiendo de las presiones de descarga, cualquier depósito que se forme en estos puntos calientes, estorbará la acción de las válvulas, reduciendo la eficiencia del compresor y su seguridad. Igualmente, cualquier depósito que pueda formarse en las líneas de descarga puede resultar en incendios o explosiones, y constituir un peligro.

3.15.1 CARACTERISTICAS DE LA LUBRICACION EN CILINDROS DE COMPRESORES DE AIRE.

Las funciones primordiales que debe de cumplir el aceite son:

- Debe ser estable: Cada gota de aceite que es alimentada al cilindro está sujeta a la influencia oxidante del oxígeno que está presente en un volumen enorme de aire que está siendo comprimido. El grado de calentamiento debido a la compresión no es suficiente para producir un efecto adelgazante en el aceite. Pero para reducir la cantidad de oxidación se alimentará lo menos posible de un aceite altamente estable.

Los principios de la lubricación correcta en los cilindros.

te estable y de una consistencia moderadamente ligera al cilindro; - unas cuantas gotas deberán desparramarse en una capa tan tenue y ser vir para un tiempo tan largo que el aceite deberá ser capaz con cada gota, de un cubrimiento excelente.

- Mantener los anillos libres: Afortunadamente, el problema de mantener los anillos libres en un compresor de aire no es difícil, ya que el cilindro de aire se diferencia del cilindro del motor de combustión interna, en que no tiene proceso de combustión alguno en su cámara; el aceite está solamente sujeto a una descomposición ligera con un calor moderado bajo la presencia de oxígeno.

- Evitar fugas de aire en los pistones: Cuando los anillos se mantienen libres y funcionando por completo, se ha logrado mantener una de las defensas contra las fugas de aire. Para mantener ésto, el aceite deberá tener una viscosidad correcta para una distribución adecuada, y así prevenir el desgaste.

- Mantener limpio el sistema de descarga y las válvulas: De todos los problemas que se presentan en la operación del compresor de aire, ninguno es tan vital como las válvulas de escape. Una acción deficiente de la válvula conduce a una sobrepresión, pérdida de eficiencia, altas temperaturas, y en algunos casos, explosiones. La necesidad básica es aire puro y una película de aceite durable. En la tabla 3.1 se puede apreciar la selección de aceite para compresores.

| Tipo de compresor | Tipo de servicio | Grado de viscosidad ISO recomendado |
|------------------------------|------------------|-------------------------------------|
| Reciprocante | | |
| Carter | Todos | 68-100 |
| Cilindros | | |
| Bajo 300 lb/in ² | Aire seco | 68-100 |
| | Aire húmedo | 100 |
| Sobre 300 lb/in ² | Aire seco | 100-150 |
| | Aire húmedo | 220 |
| Rotatorio | | |
| Tipo de aspas deslizantes | | |
| Enfriado por aire o agua | Aire seco | 32-68 |
| | Aire húmedo | 46-68 |
| Sumergido en aceite | Aire seco | 150 |
| | Aire húmedo | 150 |
| Tipo de lóbulos o impulsor | Aire | 32-46 |
| Tipo de pistón líquido | Aire | 32 |
| Compresores dinámicos | | |
| Centrífugos | Aire | 32 |
| De flujo axial | Aire | 32 |

Tabla 3.1: Selección de lubricantes para compresores.

3.16 CILINDROS EN COMPRESORES DE SISTEMAS DE REFRIGERACION: FUNDAMENTOS DE LA LUBRICACION.

En el sistema de un refrigerador, la prevención del desgaste y la protección de la eficiencia en el cilindro de un compresor de refrigeración no son los únicos factores que conciernen a la selección de un lubricante correcto. Hablando en términos generales, los problemas de lubricación son tres: el evaporador, el condensador y el compresor son los elementos afectados. Los elementos que integran un ciclo de refrigeración se muestran en la figura 3.39.

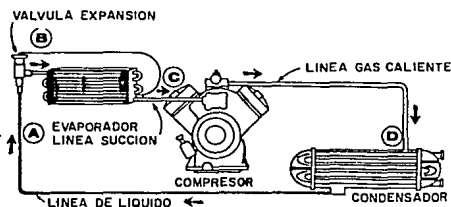


Fig. 3.39: Componentes del ciclo de refrigeración.

En los serpentines del condensador el enfriamiento externo absorbe el calor del refrigerante gaseoso y lo convierte en líquido, - no resultará un enfriamiento eficiente en el condensador si los serpentines de éste se cubren con una capa de depósitos gomosos. El resultado será que la presión en el condensador tenderá a aumentar, - requiriendo esto de potencia adicional.

Una operación eficiente y durable del compresor de refrigeración requiere que el desgaste de las superficies de rozamiento entre el cilindro, pistón y anillos sea mínimo, y que se tenga un sellamiento apropiado. El problema se complica con las diferencias tan marcadas en temperaturas durante la operación, y por la naturaleza - del refrigerante.

Los serpentines del evaporador son todavía otro lugar donde — los depósitos en las superficies pueden interferir con una operación eficiente. Si el aceite se congela en el interior de éstos, la capacidad de la planta de refrigeración para producir un enfriamiento adecuado es debilitada.

3.16.1 CARACTERISTICAS DE LA LUBRICACION EN CILINDROS DE COMPRESORES DE SISTEMAS DE REFRIGERACION.

Las funciones que debe de cumplir el aceite son las siguientes:

- Proteger anillos y cilindros y prevenir el escape de los gases: — Otra vez, como en el caso de todos los cilindros, las funciones primarias del lubricante son prevenir el desgaste y el escape de los gases. Esto requiere de un aceite con cualidades de distribución a baja temperatura, pero que tenga suficiente cuerpo para separar superficies de rozamiento a temperaturas altas que existen en el compresor.

- No deberá dejar depósitos gomosos: La cantidad de aceite transportado al refrigerante gaseoso es poca, pero esta cantidad se descompone para formar depósitos; la acumulación sobre un cierto período de tiempo puede resultar en un serio problema de mantenimiento. Un aceite durable y químicamente estable deberá ser usado, tales aceites — mantienen los condensadores limpios.

- No deberá congelarse en los serpentines del evaporador: Aquí en los serpentines de expansión una conducción de calor defectuosa es otra vez un problema. El aceite congelado en el interior de los serpentines es el que origina ésto. Por lo tanto, deberá seleccionarse cuidadosamente el aceite para prevenir un funcionamiento deficiente en los serpentines del evaporador.

3.17 LUBRICACION DE GUIAS

Aunque una lubricación efectiva protege a las guías de las máquinas herramienta del desgaste, hay que hacer otras consideraciones igualmente importantes cuando las máquinas deben mantener estrechas tolerancias en las medidas y en el acabado de las superficies. Con este motivo, la lubricación de todas las guías debe ser tal, que el movimiento de las mesas y de los porta-herramientas sea suave y preciso.

Cuando las guías están lubricadas con un aceite inadecuado, - la mesa puede verse levantada por una capa de aceite, de modo que la propia mesa flota sobre películas de aceite cuyo espesor varía durante la carrera de trabajo. Estas variaciones del espesor de la película producen una superficie ondulada, y pueden ocasionar la variación de las medidas de las piezas trabajadas. Este fenómeno puede evitarse mediante el uso de un aceite de baja viscosidad, ya que mediante la reducción de ésta, se evitará que la mesa flote, y de esta forma se obtengan buenos trabajos.

Particularmente, cuando se mueven a bajas velocidades, las mesas mal lubricadas pueden separar la película de aceite; entonces, - la mesa se clava momentáneamente hasta que su mecanismo la fuerza a saltar hacia adelante, para volver a clavarse un poco más tarde. Puede llegar a hacerse muy difícil el logro de la exactitud de las medidas de las piezas, debidos a estos avances y paros alternativos.

Por lo tanto, es aconsejable el usar un aceite con la viscosidad adecuada, que evite la formación de superficies onduladas, y al mismo tiempo, tenga la suficiente consistencia para evitar que la película lubricante se rompa. Los fabricantes de máquinas recomiendan un aceite con propiedades dobles. Este aceite cumple con las prestaciones deseables de un buen aceite para mecanismos hidráulicos, y para guías igualmente bueno.

3.18 CUADRO COMPARATIVO PROBLEMAS - SOLUCIONES.

En este cuadro se presentan los problemas más comunes que suceden en la lubricación, así como sus posibles soluciones. El objetivo de este cuadro es el de mostrar un panorama más amplio al encargado de la lubricación, con el fin de que las máquinas estén óptimamente lubricadas

| PROBLEMA | SOLUCION |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - El aceite está mezclado con agua. | - Verificar el aislamiento de la tubería de el sistema de lubricación. - Centrifugar periódicamente el aceite para separarlo del agua. |
| - Las piezas que están en contacto entre sí tienen desgaste prematuro. | - Verificar que el depósito de aceite tenga el nivel adecuado. - Verificar que las bombas del sistema de lubricación funcionen adecuadamente. - Verificar que la viscosidad del aceite en uso sea la adecuada. |
| - En el aceite se forma espuma. | - Verificar que no existan fugas en el sistema de lubricación por las cuales entre aire al sistema. - Disminuir o aumentar el nivel de aceite en el depósito del sistema. |
| - El aceite contiene muchas impurezas sólidas y su color es obscuro. | - Cambiar periódicamente el aceite. |
| - Las piezas se sobrecalientan. | - Verificar el nivel de aceite en el depósito. |

- Las piezas se detienen al entrar en contacto con el lubricante.
- El aceite se ensucia muy rápidamente.
- Verificar el funcionamiento de las bombas del sistema.
- Verificar que la viscosidad del aceite en uso sea la adecuada.
- Verificar que el nivel del aceite sea adecuado.
- Seleccionar un aceite con menor viscosidad.
- Verificar que no haya fugas en el sistema de lubricación por las que entren impurezas.
- Verificar que los filtros se encuentren en óptimo estado.
- Verificar que no haya depósitos lodosos en el sistema de lubricación.

CAPITULO IV
CASO PRACTICO

- 4.1 Generalidades.**
- 4.2 Proceso de fabricación del papel.**
 - 4.2.1 Preparación pasta.**
 - 4.2.2 Sección húmeda de la máquina.**
 - 4.2.3 Sección de prensas.**
 - 4.2.4 Sección de secado.**
- 4.3 Partes que integran la máquina de papel.**
- 4.4 Sistema central de lubricación.**
- 4.5 Condiciones iniciales de la lubricación.**
- 4.6 Carta de lubricación modificada.**
- 4.7 Cantidades de lubricante.**
 - 4.7.1 Cantidades de aceite.**
 - 4.7.2 Cantidades de grasa.**

4.1 GENERALIDADES.

En esta sección del trabajo, se desarrollará conforme a la metodología expuesta en el capítulo dos, una carta de lubricación para una máquina de papel y todos sus equipos auxiliares (bombas, agitadores etc.). La máquina de papel sobre la cual se enfocará el estudio es de manufactura alemana, marca "Voith", y se encuentra instalada en la planta "Peña Pobre" de las "Fábricas de Papel Loreto y Peña Pobre S.A. de C.V."; a esta máquina se le puede dividir en tres secciones:

- Mesa de formación.
- Sección de prensas.
- Sección de secado.

Estas máquinas cuentan también con un sistema central de lubricación, del cual se hablará más adelante. Para entender mejor esto, se hablará, en forma resumida, de la fabricación del papel.

4.2 PROCESO DE FABRICACION DEL PAPEL.

En la actualidad existe una variedad de máquinas de papel, — las cuales se diferencian principalmente por su diseño, tipo de papel que fabrican, velocidad, capacidad de secado y volumen de producción, siendo en términos generales el principio de operación para la obtención de papel el mismo para todas las máquinas.

Con el fin de poder describir en forma adecuada el proceso de fabricación del papel, éste se ha dividido en la siguiente forma:

4.2.1 PREPARACION PASTA.

Hoy en día como materia prima para la fabricación del papel — se cuenta con celulosa, la cual está compuesta por fibras de madera, bagazo de caña e de algodón. El objetivo de esta sección es el de — mezclar por medios mecánicos los materiales fibrosos (celulosa) como los de otro tipo (colorantes, cargas minerales, etc.) para que la — pasta adquiera consistencia, color, tono y longitud de fibras; esto es para una buena formación de la hoja de papel en la máquina.

Este proceso, como se indicó, se realiza por medio de un tratamiento mecánico, que incluye el pulpeo, el batido y la refinación, almacenando en depósitos la mezcla obtenida con un batido constante; el proceso de pulpeo consiste en reducir el material seco a forma de pulpa o pasta, agregando la cantidad suficiente de agua. El batido — tiene como base el mezclar al mismo tiempo, en una suspensión acuosa, los diferentes tipos de productos químicos y colorantes, como por — ejemplo, el hipoclorito de sodio. En la refinación, las fibras se reducen con objeto de adaptarlas mejor para la formación de la hoja de papel. El equipo utilizado en la preparación de pasta es:

- Hidrapulper: Consiste en un tanque de hierro fundido o acero, soportado por patas ancladas a una base. En el fondo del tanque se encuentra un rotor de acero provisto con aspas, y éste se encuentra impulsado por un mecanismo de transmisión mecánica por medio de poleas y bandas acopladas a un motor. En el fondo del tanque también se lo-

caliza la rejilla de vaciado. La figura 4.1 ilustra un hidrapulper.

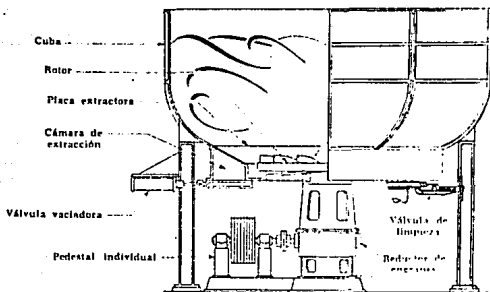


Fig. 4.1: Hidrapulper.

- **Tanques de pasta:** Los tanques pueden dividirse fundamentalmente en dos clases: tanques de mezcla y tanques de almacenamiento, pudiendo ser de agitación vertical u horizontal. En la agitación horizontal, el mecanismo de agitación está localizado dentro de un extremo del tanque, provisto con aspas tipo hélice. El fondo del tanque tiene un declive de extremo a extremo para un fácil drenaje y una completa limpieza. El uso principal de este tipo de depósitos es el de almacenamiento y batido de la mezcla. En la agitación vertical, los depósitos se utilizan para mezclar. Este tipo de tanque consiste de un cubo provisto de un agitador en la parte inferior. También aquí el fondo del tanque tiene un declive para favorecer un vaciado fácil y una limpieza completa. La figura 4.2 ilustra un tanque de pasta de agitación horizontal.

- **Refinador:** Consiste en un rotor cónico equipado con barras metálicas a todo lo largo, el cual gira en el interior de una carcasa cónica, provista también de barras alrededor de toda su superficie. La pasta entra por un extremo y sale por el otro; de esta manera, la pasta fluye paralela a las barras del cono y de la carcasa. El refi-

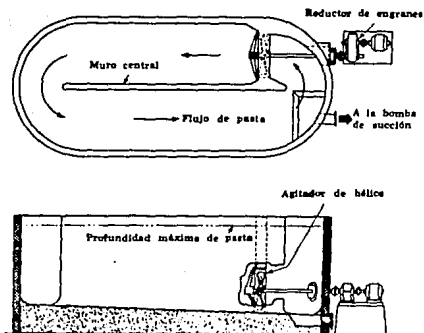


Fig. 4.2: Tanque de pasta de agitación horizontal.

nador se usa principalmente para reducir el tamaño de las fibras de la pasta, y en éste, parte de la potencia se utiliza para bombear la suspensión. La figura 4.3 muestra un refinador cónico.

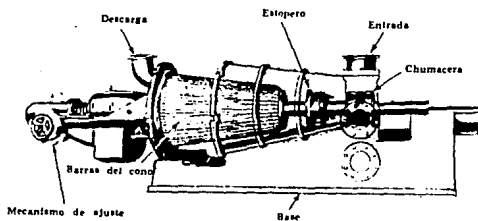
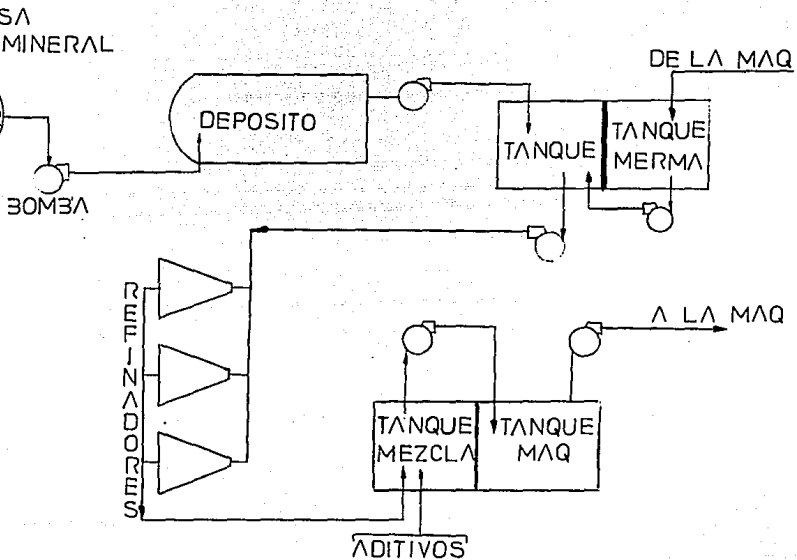


Fig. 4.3: Refinador cónico

Los refinadores se pueden agrupar dentro de dos categorías: cónicos o de discos; los cónicos se dividen a su vez en jordans (como el ilustrado en la figura 4.3) y en refinadores de alta velocidad.

Fig. 4.4: Flujo de proceso preparación pasta.
CELULOSA
CARGA MINERAL



- Bombas centrífugas: Las bombas realizan una función vital auxiliando a distribuir el agua de proceso en toda la planta y transportarla a la pasta en forma de suspensión, sin la cual la fabricación de pasta y papel como se realiza actualmente no podría existir; una bomba centrífuga consiste de un impulsor centrífugo especialmente diseñado para pasta o agua, montado sobre una flecha dentro de una caja. Debido a su diseño y a que el impulsor gira a una velocidad alta, éste origina una fuerza centrífuga suficiente para mandar el fluido contra el cabezal de descarga. La figura 4.4 ilustra el flujo de proceso de preparación de la pasta.

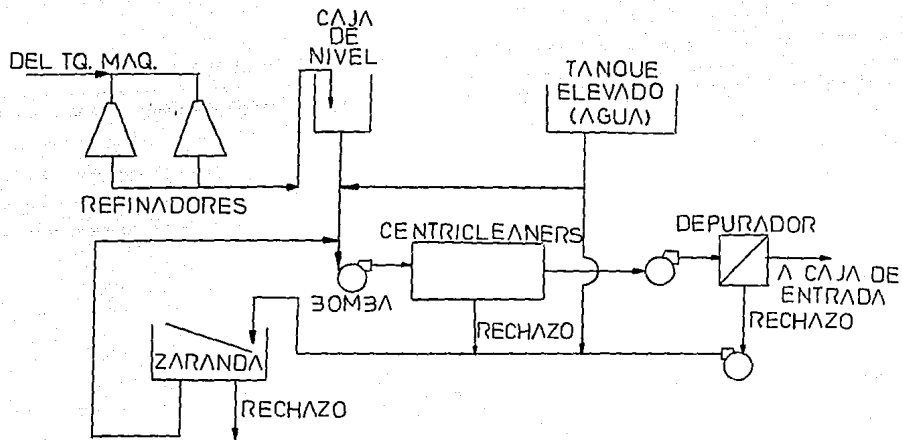
4.2.2 SECCION HUMEDA DE LA MAQUINA.

El objetivo general de esta parte, es suministrar un flujo de pasta de consistencia regulada y constante a la máquina de papel. La pasta limpia y depurada fluye al sistema de distribución de entrada, es decir, a la caja de entrada o caja de flujo, que reparte a todo el ancho de la tela de la máquina, la pasta. La tela "Fourdrinier" es una banda sin fin plástica de tejido fino que viaja alrededor y entre dos grandes cilindros. La tela está soportada sobre la sección horizontal por medio de una combinación de cajas de succión y rodillos desgoteadores. Existen en esta etapa equipos auxiliares como lo son las bombas de succión o vacío, que trabajan generando un vacío en la superficie de las cajas de succión, y de esta forma, las cajas pueden absorber agua. Dentro de los equipos de proceso de pasta se encuentran los siguientes:

- Contricleaners (limpiadores centrífugos): La función de este equipo es la de eliminar y separar de la suspensión de la pasta a los cuerpos extraños como son grapas, clavos, plásticos, etc. que se encuentran en las placas de celulosa seca antes de iniciar el proceso.

- Depuradores: La pasta es bombeada desde el área de preparación de pasta hasta la entrada del depurador, el cual tiene en su interior un tambor fijo de perforación fina; de esta forma, la pasta al salir de éste sale depurada. En el centro gira un rotor de 4 aletas, por la corriente del fluido y su propia gravedad, los cuerpos extraños caen a la parte interior del depurador, de donde son extraídos. La -

Fig. 4.51: Flujo de proceso en sección húmeda.



pasta rechazada que sale con las impurezas es recuperada por clasificación posterior en un clasificador plano vibrante (zaranda).

- Caja de nivel: Es un recipiente en el cual se mantiene un nivel determinado de pasta con derrame apropiado para conseguir un proceso continuo y libre de perturbaciones.

- Caja de entrada: También conocida como caja de flujo, es el último punto por donde pasa la pasta antes de ser depositada sobre la tela de formación. La finalidad de esta caja es la de estabilizar la pasta que llega a ella, distribuyéndola en forma continua y de igual cantidad. En la figura 4.5 se puede ver el flujo de proceso en la sección húmeda.

4.2.3 SECCION DE PRENSAS.

Después de la sección de formación, el papel pasa hacia la sección de prensas y secadores para continuar eliminando el agua. La hoja que sale de la sección de formación es una red fibrosa parcialmente saturada que puede ser comprimida a un volumen dado, según especificaciones del producto. En esta sección, el papel va sobre un fieltro; el papel y el fieltro son estructuras capilares, el fieltro tiene capilares más grandes, contiene menos agua que el papel y es más denso, por consiguiente, es más resistente a la compresión.

Una prensa consiste en dos cilindros, uno fijo y el otro móvil, acondicionado para ejercer presión sobre el primero, las prensas húmedas de la máquina de papel por lo general están provistas con fieltros; las funciones de éstos son ayudar a eliminar el agua, soportar la hoja y transferir a la misma; éstas estructuras tejidas utilizan lana como materia prima. En la figura 4.6 se muestra la trayectoria que sigue la hoja en la sección de prensas; asimismo, la figura 4.7 ilustra la forma en que el agua es eliminada en la sección de prensas, la fase 1 de esta figura se extiende desde la entrada a la zona de contacto hasta la línea central de contacto, y la fase 2 desde esta línea hasta que el fieltro y papel salen de la zona de contacto, en la fase 1 el papel y el fieltro se comprimen y se saturan de agua, el papel lleva de 2 a 4 partes de agua por parte de pa-

CAJAS DE SUCCION

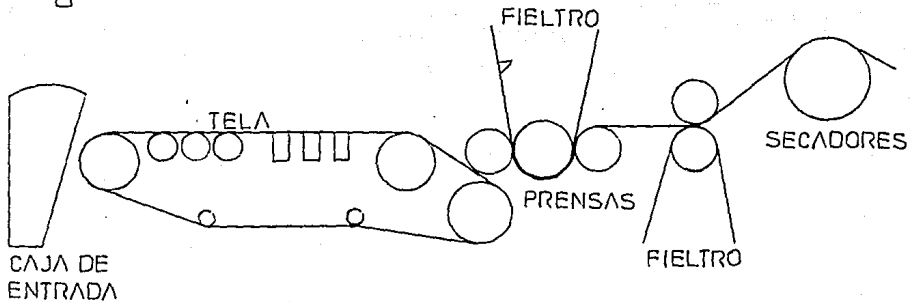


Fig. 4.6: Tela y sección de prensas.

pel contra una parte de agua en el fieltro, por consiguiente el agua fluye del papel al fieltro, disminuyendo en ésta forma el contenido de agua en el papel.

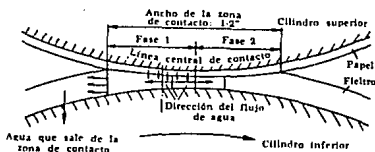


Fig. 4.7: Zona de contacto de las prensas.

4.2.4 SECCION DE SECADO.

El agua asociada con la hoja de papel, tiene una gran influencia en las propiedades mecánicas de él, de ahí su importancia. La humedad en la hoja de papel va siendo disminuida periódicamente desde la sección de formación por medio de los rodillos desgoteadores y cajas de succión y por las prensas. Durante éste recorrido se le extrae una gran cantidad de agua, de tal manera que la hoja adquiere la suficiente resistencia para poder entrar a los diferentes grupos de secadores.

Los secadores son cilindros huecos con un diámetro aproximado de 1.60 mts. y realiza la acción secadora por medio de vapor, el que es inyectado por uno de sus extremos (ver figura 4.8). Al llegar la hoja húmeda al contacto con el secador, que es sostenida lo más próxima a éste por una lona, el calor generado por el vapor en el interior del cilindro es transferido del secador a la hoja eficientemente; la lona debe de conservarse seca, de modo que el nivel de humedad de ésta no alcance el punto en que se invierta y el agua regrese a la hoja.

Una vez que el papel ha salido del área de secadores, pasa a través de un equipo llamado calandra; éste se compone esencialmente

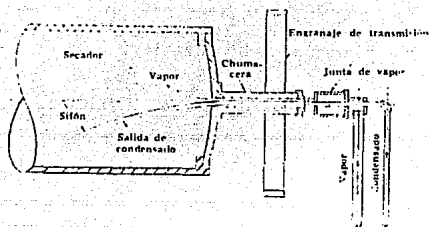
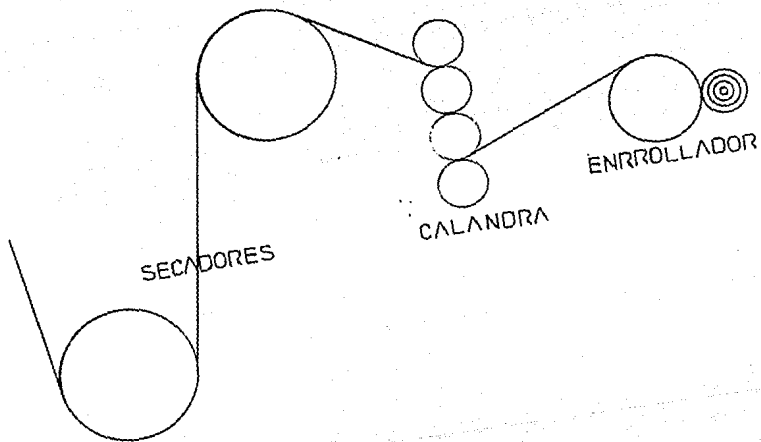


Fig. 4.8: Sección de secador.

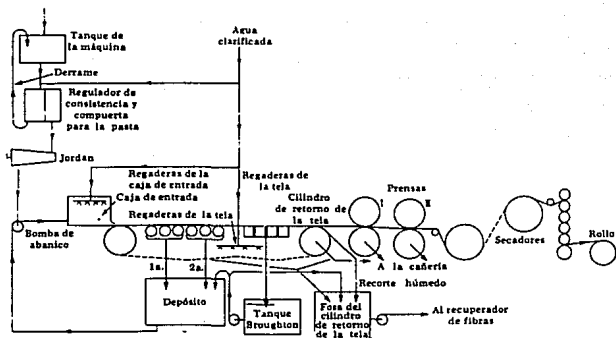
por cuatro cilindros metálicos que se encuentran colocados uno sobre otro, a los cuales se les aplica una presión hidráulica de trabajo, la finalidad de éste equipo es el de otorgarle al papel propiedades de acabado más finas (satinado).

Finalmente, el papel es embobinado en tambores con el ancho útil de la máquina, esta etapa del proceso se lleva a cabo en un enrollador; posteriormente, el papel es trasladado en una embobinadora, la cual corta los tambores, según las dimensiones requeridas por especificación de producción o del cliente. En la figura 4.9 se puede apreciar el recorrido que hace el papel en esta sección, y en la figura 4.10 se muestra un diagrama general de la producción de papel.



| | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| M A T E R I A S | P R E P A R A C I O N E S | PROCESO DE PULPEO BATIDO REFINACION MEZCLADO | S E C C I O N H U M E D A | REFINACION CAJA DE NIVEL CENTRICLEANER DEPURACION CLASIFICADOR CAJA DE ENTRADA | S E C C I O N D E P R E N S A S | C A L A N D A R A | E N R O L L A D O R | P A P E L |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|

A)



B)

Fig. 4.10: A) Esquema general de la fabricación de papel B) Diagrama simplificado de flujo en una máquina de papel.

4.3 PARTES QUE INTEGRAN LA MÁQUINA DE PAPEL.

La máquina de papel en la que se basarán los trabajos para la elaboración de la carta de lubricación tiene las siguientes características:

- Marca: Voith.
- Año de montaje: 1974.
- Velocidad máxima: 350 mts. / min.
- Ancho de la tela: 2.70 mts.
- Tipos de papel fabricados: Escritura, impresión.
- Gramaje del papel: 40 - 90 gr / cm².
- Número de secadores: 26.
- Prensa de encolado: Si.
- Producción: 38 toneladas / día.

Esta máquina tiene las siguientes partes:

I Parte: Caja de flujo, ésta consta de:

- 3 Rodillos perforados.

II Parte: Mesa de formación, ésta consta de:

- 1 Rodillo de pecho (diámetro = 500 mm)
- 1 Tabla de formación.
- 6 Rodillos guía tela (diámetro = 283 mm)
- 1 Aparato de desviación de la tela con rodillo regulador.
- 2 Rodillos tensores.
- 3 Cajas de succión.
- 1 Rodillo marcador.
- 1 Rodillo de succión.
- 1 Rodillo accionador de la tela (diámetro = 500mm)
- 1 Agitador couch - pit.

III Parte: Sección de prensas, ésta consta de:

- 1a Prensa de succión.
- 2a Prensa de succión.
- 3a Prensa de succión.

IV Parte: Secadores, ésta se divide a su vez en dos partes:

Parte A:

- Prensa offset.
- 19 Cilindros secadores (diámetro = 1.60 mts.).

- 15 Cilindros Madelaine (cilindros perforados, diámetro = 30 cm.).
- 1 Prensa de enulado.

Parte B:

- 7 Cilindros secadores (diámetro 1.60 mts.).
- 4 Cilindros Madelaine (cilindros perforados, diámetro = 30 cm.).
- 1 Cilindro refrescador (diámetro 1.60 mts.).

V Parte: Transmisión, ésta se divide en dos partes:

Parte A; Superior:

- 21 Chumaceras FAG.

Parte b; Inferior:

- 30 Chumaceras FAG.
- 5 Motorreductores.
- 11 Reductores.
- 27 Engranajes impulsores.
- 7 Piñones.

Una descripción detallada de las partes que integran a esta máquina, así como su localización se puede apreciar en la figura — 4.11. Como anteriormente se había mencionado, la máquina cuenta también con una serie de equipos auxiliares, los cuales son vitales para el correcto funcionamiento de la misma. En la figura 4.12 se — ilustra la descripción y localización (en la parte inferior o "sota no de la máquina y en el área de preparación pasta) de estos equipos.

Asimismo, esta máquina cuenta con una serie de chumaceras; y engranes, los cuales están impulsados por reductores y motorreductores, los que también tienen que ser lubricados y serán considerados en la carta de lubricación.

MESA DE FORMACION MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|------------|----------------------------------------|---------------------|
| 2-23-CB091 | CILINDRO BATIDOR 1x CAJA DE FLUJO | CILINDRO BATIDOR |
| 2-23-CB092 | CILINDRO BATIDOR 2x CAJA DE FLUJO | CILINDRO BATIDOR |
| 2-23-CB093 | CILINDRO BATIDOR 3x CAJA. DE FLUJO | CILINDRO BATIDOR |
| 2-23-TP100 | CILINDRO DE PECHO MP V | CILINDRO DE PECHO |
| 2-23-TD101 | RODILLO DESGOTEADOR 1x MP V | RODILLO DESGOTEADOR |
| 2-23-TD102 | RODILLO DESGOTEADOR 2x MP V | RODILLO DESGOTEADOR |
| 2-23-TD103 | RODILLO DESGOTEADOR 3x MP V | RODILLO DESGOTEADOR |
| 2-23-TG104 | RODILLO GUIA TELA CIL MARCADOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-TG105 | RODILLO GUIA TELA CIL MARCADOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-TC106 | CILINDRO COUCH-PIT (SUCCION TELA) MP V | CILINDRO COUCH-PIT |
| 2-23-TA107 | CILINDRO ACCIONADOR TELA MP V | CILINDRO ACCIONADOR |
| 2-23-TG108 | RODILLO GUIA TELA MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-TT109 | RODILLO TENSOR TELA MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-TT110 | RODILLO TENSOR TELA MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-TR111 | RODILLO REGULADOR TELA MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-TG112 | RODILLO GUIA TELA MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-TG113 | RODILLO GUIA TELA MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-TM120 | CILINDRO MARCADOR MP V | CILINDRO MARCADOR |
| 2-23-RG108 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU108 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG109 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU109 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG110 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU110 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG111 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU111 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG112 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU112 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG113 | EQ. LIMPIEZA TELA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU113 | EQ. LIMPIEZA RODILLO MP V | CUCHILLA |

Fig. 4.11: Mesa de formación.

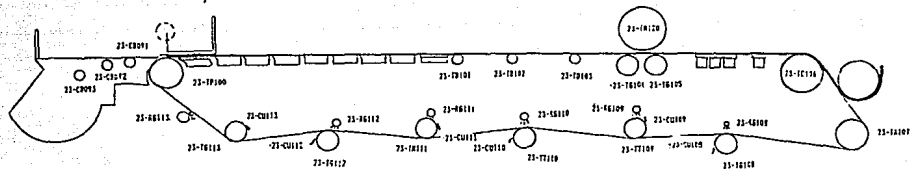


Fig. 4.11: Mesa de formación.

FORMICA DE PAVEL ROSA PUNZO.
 AREA: MESA DE FORMACION MARITIMO 3.
 DISTRIBUCION DE EQUIPO.

SECCION PRENSAS MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|----------------|-------------------------------------|----------------------|
| 2-23-FP201 EQ. | DE LA 1x PRENSA MP V | PRENSA SUCCION N. 1x |
| 2-23-RG201 EQ. | DE LA 1x PRENSA MP V | REGADERA |
| 2-23-CU201 EQ. | DE LA 1x PRENSA MP V | CUCHILLA 1x |
| 2-23-CU202 EQ. | DE LA 1x PRENSA MP V | CUCHILLA 2x |
| 2-23-FG211 EQ. | DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 1x |
| 2-23-RG211 EQ. | DE LIMPIEZA 1x FIELTRO MP V | REGADERA 1x EXTERIOR |
| 2-23-CU211 EQ. | DE LIMPIEZA RODILLO 1x - FIELTRO 1x | CUCHILLA 1x RODILLO |
| 2-23-RG212 EQ. | DE LIMPIEZA 1x FIELTRO MP V | REGADERA 1x INTERIOR |
| 2-23-RG213 EQ. | DE LIMPIEZA 1x FIELTRO MP V | REGADERA 2x INTERIOR |
| 2-23-CJ211 EQ. | DE SUCCION 1x FIELTRO MP V | CAJA DE SUCCION 1x |
| 2-23-RG214 EQ. | DE LIMPIEZA 1x FIELTRO MP V | REGADERA 2x EXTERIOR |
| 2-23-CJ212 EQ. | DE SUCCION 1x FIELTRO MP V | CAJA DE SUCCION 2x |
| 2-23-FG212 EQ. | DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 2x |
| 2-23-FG213 EQ. | DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 3x |
| 2-23-FR214 EQ. | REGULADOR DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-FT215 EQ. | SENSOR DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-FG216 EQ. | DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 6x |
| 2-23-FG217 EQ. | DEL 1x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 7x |
| 2-23-FC200 EQ. | DE LA 1x Y 2x PRENSA MP V | PRENSA COMPACTA |
| 2-23-CU200 EQ. | DE LIMPIEZA DE LA PRENSA COMPACTA | CUCHILLA 1x P. COMP. |
| 2-23-CU200 EQ. | DE LIMPIEZA DE LA PRENSA COMPACTA | CUCHILLA 2x P. COMP. |
| 2-23-RG200 EQ. | DE LIMPIEZA DE LA TIRA DE RECORTE | REGADERA |
| 2-23-FG251 EQ. | GUIA DE PAPEL DESPUES DE 2x PRENSA | RODILLO GUIA 1 PAPEL |
| 2-23-FP202 EQ. | DE LA 2x PRENSA MP V | PRENSA 2x |
| 2-23-FG221 EQ. | DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 1x |
| 2-23-FG222 EQ. | DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 2x |
| 2-23-CU222 EQ. | DE LIMPIEZA 2x RODILLO - FIELTRO 2x | CUCHILLA |
| 2-23-RG222 EQ. | DE LIMPIEZA 2x RODILLO - FIELTRO 2x | REGADERA 1x |
| 2-23-RG223 EQ. | DE LIMPIEZA 2x FIELTRO MP V | REGADERA 2x |
| 2-23-CJ221 EQ. | DE SUCCION 2x FIELTRO MP V | CAJA DE SUCCION 1x |
| 2-23-RG224 EQ. | DE LIMPIEZA 2x FIELTRO MP V | REGADERA 3x |
| 2-23-CJ222 EQ. | DE SUCCION 2x FIELTRO MP V | CAJA DE SUCCION 2x |
| 2-23-FG223 EQ. | DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 3x |
| 2-23-FT224 EQ. | TENSOR DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO TENSOR (4x) |
| 2-23-FR225 EQ. | REGULADOR DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-FG226 EQ. | DEL 2x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 6x |
| 2-23-FP203 EQ. | 3x PRENSA MP V | PRENSA 3x INFERIOR |
| 2-23-CU203 EQ. | DE LIMPIEZA 3x PRENSA MP V | CUCHILLA |
| 2-23-RG203 EQ. | DE LIMPIEZA 3x PRENSA MP V | REGADERA |
| 2-23-FP230 EQ. | 3x PRENSA MP V | PRENSA 3x SUPERIOR |
| 2-23-CU230 EQ. | DE LIMPIEZA 3x PRENSA MP V | CUCHILLA |
| 2-23-FG231 EQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 1x |
| 2-23-FG232 EQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 2x |
| 2-23-FT233 EQ. | TENSOR DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO TENSOR (3x) |
| 2-23-FG234 EQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 4x |
| 2-23-CU234 EQ. | DE LIMPIEZA 4x RODILLO - FIELTRO 3x | CUCHILLA |
| 2-23-RG234 EQ. | DE LIMPIEZA 4x RODILLO - FIELTRO 3x | REGADERA 1x |

Fig. 4.11: Sección de prensas.

SECCION PRENSAS MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|----------------|------------------------------------|----------------------|
| 2-23-CJ231 IQ. | DE SUCCION 3x FIELTRO MP V | CAJA DE SUCCION 1x |
| 2-23-FG235 IQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 5x |
| 2-23-FR236 IQ. | REGULADOR DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO REGLADOR |
| 2-23-FH237 IQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO MOUNT HOPE |
| 2-23-FG238 IQ. | DEL 3x FIELTRO MP V | RODILLO GUIA 8x |
| 2-23-FG252 EQ. | GUIA DE PAPEL DESPUES DE 3x PRENSA | RODILLO GUIA PAPEL 2 |
| 2-23-OF204 EQ. | PRENSA OFF-SET | PRENSA OFF-SET INF. |
| 2-23-OF240 EQ. | PRENSA OFF-SET | PRENSA OFF-SET SUP. |
| 2-23-CU204 EQ. | DE LIMPIEZA EN PRENSA OFF-SET INF. | CUCHILLA |

Fig. 4.11: Sección de prensas.

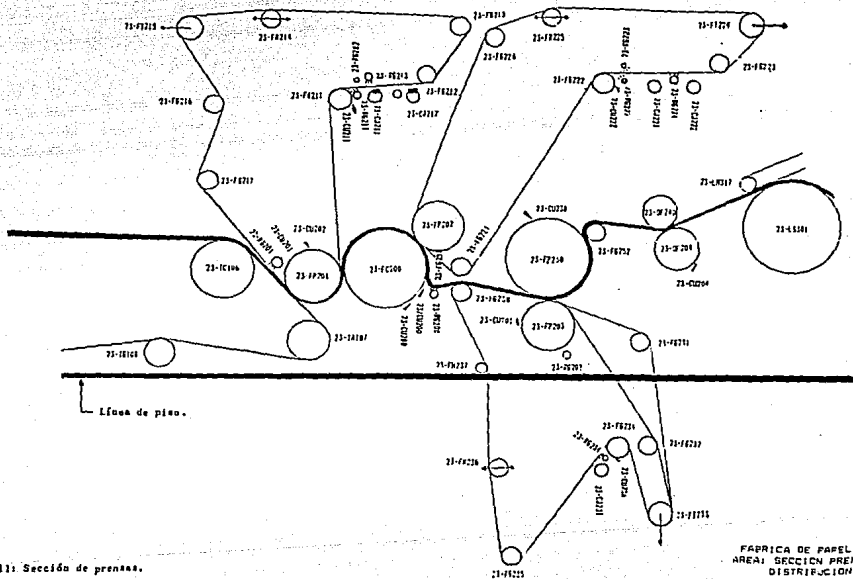


Fig. 4.11: Sección de prensas.

FABRICA DE PAPEL PECA FOLBRE.
 AREA: SECCION PRENSAS MAQUINA 5.
 DISTRIBUCION DE EQUIPO

SECCION DE SECADO MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|----------------|------------------------------------|-------------------|
| 2-23-LS301 EQ. | DE SECADO EN MP V (1x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU301 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 1 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LS302 EQ. | DE SECADO MP V (1x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU302 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 2 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LM318 EQ. | DE SECADO LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS303 EQ. | DE SECADO EN MP V (1x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU303 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 3 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LM311 EQ. | DE SECADO LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LG312 EQ. | GUIA (2) DE LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT313 EQ. | TENSOR DE LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG314 EQ. | GUIA (4) DE LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG315 EQ. | GUIA (5) DE LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR316 EQ. | REGULADOR LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LM317 EQ. | DE SECADO LONA 1x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS304 EQ. | DE SECADO MP V (2x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU304 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 4 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LS306 EQ. | DE SECADO MP V (2x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU306 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 6 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LM321 EQ. | DE SECADO LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LT322 EQ. | TENSOR DE LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LR323 EQ. | REGULADOR LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG324 EQ. | GUIA (4) DE LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG325 EQ. | GUIA (5) DE LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM326 EQ. | DE SECADO LONA 2x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS305 EQ. | DE SECADO MP V (2x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS307 EQ. | DE SECADO MP V (2x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU305 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 5 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-CU307 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 7 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LM331 EQ. | DE SECADO LONA 2x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LG332 EQ. | GUIA (2) DE LONA 2x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT333 EQ. | TENSOR LONA 2x SUPERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LR334 EQ. | REGULADOR LONA 2x SUPERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG335 EQ. | GUIA (5) DE LONA SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG336 EQ. | GUIA (6) DE LONA SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM337 EQ. | DE SECADO LONA 2x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LG308 EQ. | DE SECADO MP V (3x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LB310 EQ. | DE SECADO MP V (3x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU308 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 8 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LS312 EQ. | DE SECADO MP V (3x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LG341 EQ. | GUIA (1) DE LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG342 EQ. | GUIA (2) DE LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT343 EQ. | TENSOR LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG344 EQ. | GUIA (4) DE LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR345 EQ. | REGULADOR LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG346 EQ. | GUIA (6) DE LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG347 EQ. | GUIA (7) DE LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM346 EQ. | DE SECADO EN LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |

Fig. 4.11: Sección de secado.

SECCION DE SECADU MAQUINA 5.

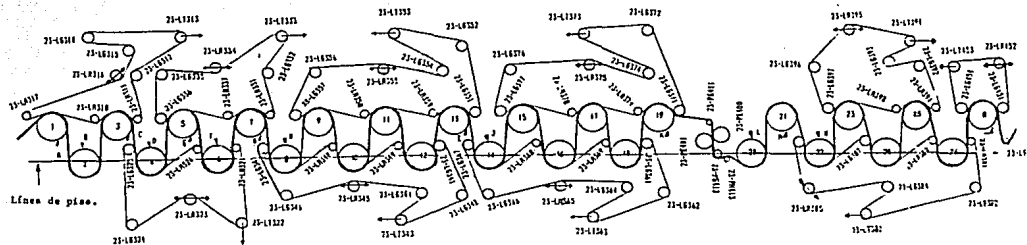
| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|------------|----------------------------------------|----------------------|
| 2-23-LM349 | EQ. DE SECADO EN LONA 3x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS309 | EQ. DE SECADO MP V (3x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS311 | EQ. DE SECADO MP V (3x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS313 | EQ. DE SECADO MP V (3x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU313 | EQ. DE LIMPIEZA DEL SECADOR 13 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LG351 | EQ. GUIA (1) DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG352 | EQ. GUIA (2) DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT353 | EQ. TENSOR LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG354 | EQ. GUIA (4) DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR355 | EQ. REGULADOR LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG356 | EQ. GUIA (6) DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG357 | EQ. GUIA (7) DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM358 | EQ. DE SECADO DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LM359 | EQ. DE SECADO DE LONA 3x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS314 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS316 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS318 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU314 | EQ. DE LIMPIEZA DEL SECADOR 16 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LG361 | EQ. GUIA (1) DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG362 | EQ. GUIA (2) DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT363 | EQ. TENSOR LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG364 | EQ. GUIA (4) DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR365 | EQ. REGULADOR LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG366 | EQ. GUIA (6) DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG367 | EQ. GUIA (7) DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM368 | EQ. SECADO DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LM369 | EQ. SECADO DE LONA 4x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS315 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS317 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS319 | EQ. DE SECADO MP V (4x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU319 | EQ. DE LIMPIEZA DEL SECADOR 19 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LG371 | EQ. GUIA (1) DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG372 | EQ. GUIA (2) DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT373 | EQ. TENSOR LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG374 | EQ. GUIA (4) DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR375 | EQ. REGULADOR LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG376 | EQ. GUIA (6) DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG377 | EQ. GUIA (7) DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM378 | EQ. SECADO DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LM379 | EQ. SECADO DE LONA 4x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-PG411 | EQ. GUIA PAPEL ENTRADA PRENSA ENCOLADO | RODILLO GUIA |
| 2-23-PE401 | EQ. PRENSA DE ENCOLADO MOVIL MP V | PRENSA DE ENCOLADO M |
| 1-23-PE400 | EQ. PRENSA DE ENCOLADO FIJA MP V | PRENSA DE ENCOLADO F |
| 1-23-PG412 | EQ. GUIA PAPEL SALIDA PRENSA ENCOLADO | RODILLO GUIA |
| 1-23-PH413 | EQ. GUIA PAPEL SALIDA PRENSA ENCOLADO | RODILLO MOUNT-HOPE |
| 2-23-LS320 | EQ. SECADO MP V (CILINDROS CROMADOS) | CILINDRO CROMADO INF |
| 1-23-CU320 | EQ. DE LIMPIEZA DE SECADOR 20 MP V | CUCHILLA |

Fig. 4.11: Sección de secado.

SECCION DE SECADO MAQUINA G.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|----------------|--------------------------------------|----------------------|
| 2-23-LS321 EQ. | SECADO MP V (CILINDROS CROMADOS) | CILINDRO CROMADO SUP |
| 2-23-CU321 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 21 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LS322 EQ. | DE SECADO MP V (5x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-CU322 EQ. | DE LIMPIEZA DEL SECADOR 22 MP V | CUCHILLA |
| 2-23-LS324 EQ. | DE SECADO MP V (5x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS326 EQ. | DE SECADO MP V (5x GRUPO INF.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LM381 EQ. | DE SECADO LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LG382 EQ. | GUIA (2) DE LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT383 EQ. | TENSOR LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG384 EQ. | GUIA (4) DE LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR385 EQ. | REGULADOR DE LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG386 EQ. | GUIA (6) DE LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG387 EQ. | GUIA (7) DE LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM388 EQ. | DE SECADO LONA 5x INFERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LS323 EQ. | DE SECADO MP V (5x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LS325 EQ. | DE SECADO MP V (5x GRUPO SUP.) | CILINDRO SECADOR |
| 2-23-LM391 EQ. | DE SECADO LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LG392 EQ. | GUIA (2) DE LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG393 EQ. | GUIA (3) DE LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LT394 EQ. | TENSOR DE LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LR395 EQ. | REGULADOR LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LG396 EQ. | GUIA (6) DE LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG397 EQ. | GUIA (7) DE LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LM398 EQ. | DE SECADO LONA 5x SUPERIOR MP V | RODILLO MADELEINE |
| 2-23-LR450 EQ. | DE ENFRIAMIENTO MP V REFRESCADOR | CILINDRO REFRESCADOR |
| 2-23-CU450 EQ. | DE LIMPIEZA DEL CILINDRO REFRESCADOR | CUCHILLA |
| 2-23-LG451 EQ. | GUIA (1) LONA REFRESCADOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LR452 EQ. | REGULADOR LONA REFRESCADOR MP V | RODILLO REGULADOR |
| 2-23-LT453 EQ. | TENSOR DE LONA REFRESCADOR MP V | RODILLO TENSOR |
| 2-23-LG454 EQ. | GUIA (4) DE LONA REFRESCADOR MP V | RODILLO GUIA |
| 2-23-LG461 EQ. | GUIA PAPEL SALIDA REFRESCADOR MP V | RODILLO GUIA |

Fig. 4.11: Sección de secado.



| CLAVES: | 1º GRUPO SUPERIOR | 2º GRUPO SUPERIOR | 3º GRUPO SUPERIOR | 4º GRUPO SUPERIOR | CILINDROS OPCIONALES | 5º GRUPO SUPERIOR | REFRESCADEROS |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------------------|---------------|
| A | 21-43301 | 5 21-43245 | 9 21-43201 | 13 21-43215 | 17 21-43219 | 21 21-43223 | 8 21-43134 |
| B | 21-43201 | 6 21-43205 | 11 21-43211 | 15 21-43217 | 19 21-43221 | 23 21-43225 | 9 21-43135 |
| C | 21-43202 | 7 21-43207 | 12 21-43212 | 16 21-43218 | 20 21-43222 | 24 21-43226 | 10 21-43136 |
| D | 21-43203 | 8 21-43208 | 10 21-43210 | 14 21-43216 | 18 21-43220 | 22 21-43224 | 11 21-43137 |
| E | 21-43204 | 4 21-43204 | 8 21-43208 | 12 21-43214 | 16 21-43218 | 20 21-43222 | 12 21-43138 |
| F | 21-43205 | 3 21-43205 | 7 21-43207 | 11 21-43213 | 15 21-43217 | 19 21-43221 | 13 21-43139 |
| G | 21-43206 | 2 21-43206 | 6 21-43206 | 10 21-43212 | 14 21-43216 | 18 21-43220 | 14 21-43140 |
| H | 21-43207 | 1 21-43207 | 5 21-43207 | 9 21-43211 | 13 21-43215 | 17 21-43219 | 15 21-43141 |
| I | 21-43208 | 0 21-43208 | 4 21-43208 | 8 21-43210 | 12 21-43214 | 16 21-43218 | 16 21-43142 |
| J | 21-43209 | 0 21-43209 | 3 21-43209 | 7 21-43209 | 11 21-43213 | 15 21-43217 | 17 21-43143 |
| K | 21-43210 | 0 21-43210 | 2 21-43210 | 6 21-43210 | 10 21-43214 | 14 21-43218 | 18 21-43144 |
| L | 21-43211 | 0 21-43211 | 1 21-43211 | 5 21-43211 | 9 21-43215 | 13 21-43219 | 19 21-43145 |
| M | 21-43212 | 0 21-43212 | 0 21-43212 | 4 21-43212 | 8 21-43216 | 12 21-43220 | 20 21-43146 |
| N | 21-43213 | 0 21-43213 | 0 21-43213 | 3 21-43213 | 7 21-43217 | 11 21-43221 | 21 21-43147 |
| O | 21-43214 | 0 21-43214 | 0 21-43214 | 2 21-43214 | 6 21-43218 | 10 21-43222 | 22 21-43148 |
| P | 21-43215 | 0 21-43215 | 0 21-43215 | 1 21-43215 | 5 21-43219 | 9 21-43223 | 23 21-43149 |
| Q | 21-43216 | 0 21-43216 | 0 21-43216 | 0 21-43216 | 4 21-43220 | 8 21-43224 | 24 21-43150 |
| R | 21-43217 | 0 21-43217 | 0 21-43217 | 0 21-43217 | 3 21-43221 | 7 21-43225 | 25 21-43151 |
| S | 21-43218 | 0 21-43218 | 0 21-43218 | 0 21-43218 | 2 21-43222 | 6 21-43226 | 26 21-43152 |
| T | 21-43219 | 0 21-43219 | 0 21-43219 | 0 21-43219 | 1 21-43223 | 5 21-43227 | 27 21-43153 |
| U | 21-43220 | 0 21-43220 | 0 21-43220 | 0 21-43220 | 0 21-43224 | 4 21-43228 | 28 21-43154 |
| V | 21-43221 | 0 21-43221 | 0 21-43221 | 0 21-43221 | 0 21-43225 | 3 21-43229 | 29 21-43155 |
| W | 21-43222 | 0 21-43222 | 0 21-43222 | 0 21-43222 | 0 21-43226 | 2 21-43230 | 30 21-43156 |
| X | 21-43223 | 0 21-43223 | 0 21-43223 | 0 21-43223 | 0 21-43227 | 1 21-43231 | 31 21-43157 |
| Y | 21-43224 | 0 21-43224 | 0 21-43224 | 0 21-43224 | 0 21-43228 | 0 21-43232 | 32 21-43158 |
| Z | 21-43225 | 0 21-43225 | 0 21-43225 | 0 21-43225 | 0 21-43229 | 0 21-43233 | 33 21-43159 |

Fig. 4.11: Sección de secado.

FABRICA DE PAPEL PARA PDBRE.
AREA: SECCION DE SECADO MAQUINA 2.
DISTRIBUCION DE EQUIPO

TRANSMISION MAQUINA 5

| <u>CODIGO</u> | <u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u> | <u>TIPO DE EQUIPO</u> |
|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| 2-23-CHS01 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS02 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS03 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS04 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS05 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS06 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS07 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS08 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS09 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS10 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS11 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS12 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS13 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS14 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS15 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS16 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS17 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS18 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS19 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS20 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHS21 | EQ. TRANSMISION SUPERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI01 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI02 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI03 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI04 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI05 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI06 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI07 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI08 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI09 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI10 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |

Fig. 4.11: Transmisión.

TRANSMISION MAQUINA 5

| <u>CODIGO</u> | <u>DESCRIPCION DEL EQUIPO</u> | <u>TIPO DE EQUIPO</u> |
|---------------|-------------------------------|-----------------------|
| 2-23-CHI11 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI12 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI13 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI14 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI15 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI16 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI17 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI18 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI19 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI20 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI21 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI22 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI23 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI24 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI25 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI26 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI27 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI28 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI29 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-CHI30 | EQ. TRANSMISION INFERIOR MP V | CHUMACERA |
| 2-23-MR101 | EQ. TRANS. RODILLO SUCC. TELA | MOTORREDUCTOR |
| 2-23-MR102 | EQ. TRANSMISION TELA | MOTORREDUCTOR |
| 2-23-MR201 | EQ. TRANSMISION 1 x PRENSA | MOTORREDUCTOR |
| 2-23-MR202 | EQ. TRANSMISION 2 x PRENSA | MOTORREDUCTOR |
| 2-23-MR203 | EQ. TRANSMISION 3 x PRENSA | MOTORREDUCTOR |
| 2-23-RD204 | EQ. TRANS. PRENSA OFFSET | REDUCTOR |
| 2-23-RD301 | EQ. TRANS. 1 x GPO. SECADORES | REDUCTOR |
| 2-23-RD302 | EQ. TRANS. 2 x GPO. SECADORES | REDUCTOR |
| 2-23-RD303 | EQ. TRANS. 3 x GPO. SECADORES | REDUCTOR |
| 2-23-RD401 | EQ. TRANS. PRENSA ENCOLADO | REDUCTOR |

Fig. 4.11: Transmisión.

TRANSMISION MAQUINA 5

| CODIGO | DESCRIPCION DEL EQUIPO | TIPO DE EQUIPO |
|------------|--------------------------------|----------------|
| 2-23-RD400 | Eq. TRANS. PRENSA ENCOLADO | REDUCTOR |
| 2-23-RD320 | Eq. TRANS. RODILLOS CROMADOS | REDUCTOR |
| 2-23-RD304 | Eq. TRANS. 4 x GPO. SECADORES | REDUCTOR |
| 2-23-RD305 | Eq. TRANS. 5 x GPO. SECADORES | REDUCTOR |
| 2-23-RD450 | Eq. TRANS. RODILLO REFRESCADOR | REDUCTOR |
| 2-23-RD600 | Eq. TRANS. ENROLLADOR POPE | REDUCTOR |

Fig. 4.11: Transmisión.

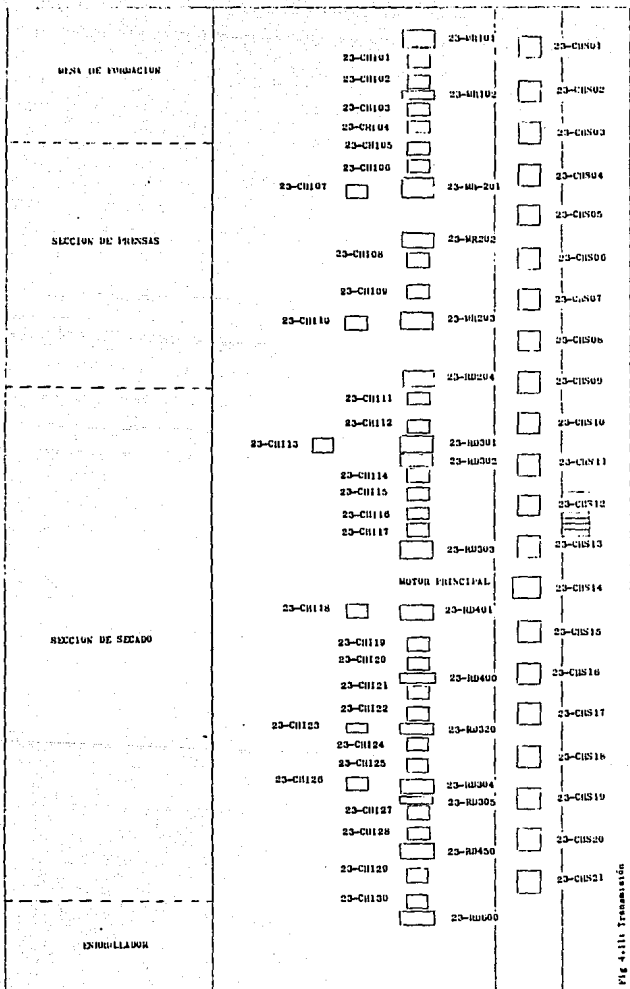
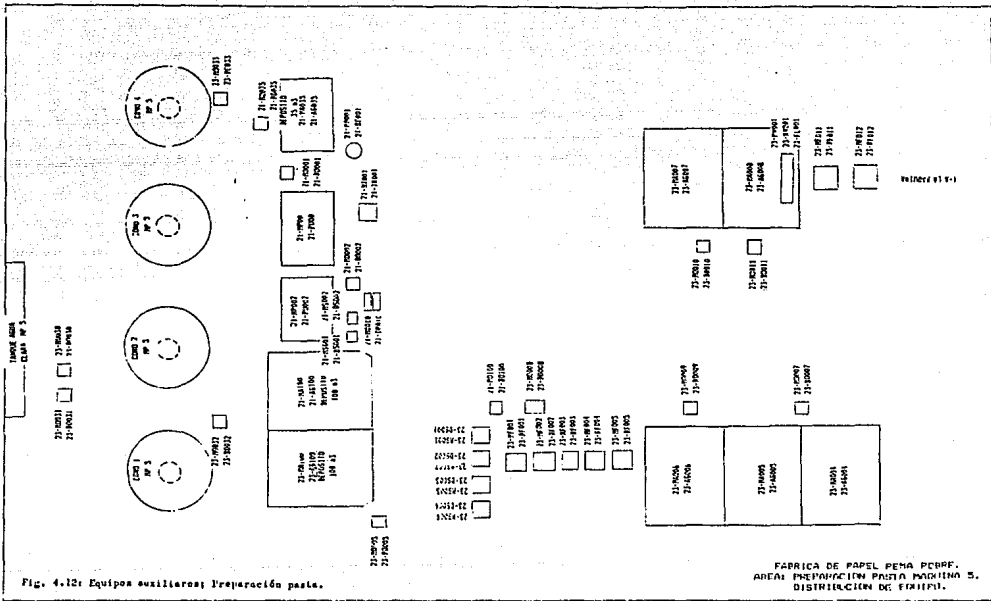


Fig. 4-111 Transmisión

PREPARACION PASTA MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|------------|------------------------------------------|---------------------|
| 2-23-MF012 | EQ. D REFINACION CONECTADO A CJA NV TQ 8 | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF012 | EQ. D REFINACION CONECTADO A CJA NV TQ 8 | REFINADOR CONICO |
| 2-23-MF011 | EQ. D REFINACION CONECTADO A CJA NV TQ 8 | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF011 | EQ. D REFINACION CONECTADO A CJA NV TQ 8 | REFINADOR CONICO |
| 2-23-MA008 | EQ. DE AGITACION DE TQ 8 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-AG008 | EQ. DE AGITACION DE TQ 8 MP V | AGITADOR H |
| 2-23-MO011 | EQ. DESCARGA TQ 8 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO011 | EQ. DESCARGA TQ 8 MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MA007 | EQ. DE AGITACION DEL TQ 7 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-AG007 | EQ. DE AGITACION DEL TQ 7 MP V | AGITADOR H |
| 2-23-MO010 | EQ. DE DESCARGA DEL TQ 7 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO010 | EQ. DE DESCARGA DEL TQ 7 MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO007 | EQ. DE DESCARGA DE TQS 4 Y 5 DE MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO007 | EQ. DE DESCARGA DE TQS 4 Y 5 DE MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MA004 | EQ. DE AGITACION TQ 4 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-AG004 | EQ. DE AGITACION TQ 4 MP V | AGITADOR H |
| 2-23-MA005 | EQ. DE AGITACION TQ 5 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-AG005 | EQ. DE AGITACION TQ 5 MP V | AGITADOR H |
| 2-23-MA006 | EQ. DE AGITACION TQ 6 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-AG006 | EQ. DE AGITACION TQ 6 MP V | AGITADOR H |
| 2-23-MO009 | EQ. DE DESCARGA TQ 6 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO009 | EQ. DE DESCARGA TQ 6 MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MF005 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF005 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | REFINADOR CONICO |
| 2-23-MF004 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF004 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | REFINADOR CONICO |
| 2-23-MF003 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF003 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | REFINADOR DE DISCOS |
| 2-23-MF002 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RF002 | EQ. DE REFINACION PREPARACION PASTA MP V | REFINADOR DE DISCOS |
| 2-23-MO008 | EQ. DE ALIMENTACION A REFINADORES P. P. | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO008 | EQ. DE ALIMENTACION A REFINADORES P. P. | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MS001 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DS001 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | DESFIBRADOR |
| 2-23-MS002 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DS002 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | DESFIBRADOR |
| 2-23-MS003 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DS003 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | DESFIBRADOR |
| 2-23-MS004 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DS004 | EQ. PARA DESFIBRADO DE PASTA MP V | DESFIBRADOR |
| 2-23-MO033 | EQ. DESCARGA 4x CONO DE SEDIMENTACION | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO033 | EQ. DESCARGA 4x CONO DE SEDIMENTACION | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO032 | EQ. DESCARGA 1x CONO DE SEDIMENTACION | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO032 | EQ. DESCARGA 1x CONO DE SEDIMENTACION | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO005 | EQ. DESCARGA DEL TQ 100 m3 A TQ 6 MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO005 | EQ. DESCARGA DEL TQ 100 m3 A TQ 6 MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO031 | EQ. DE DESCARGA TQ AGUA CLARA MP V | MOTOR DE INDUCCION |

Fig. 4.12: Preparación pasta.



SOTANO MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|------------|------------------------------------------|--------------------|
| 2-23-M0015 | EQ. MEZCLADORA (A CAJA DE ENTRADA MP V) | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0015 | EQ. MEZCLADORA (A CAJA DE ENTRADA MP V) | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0012 | EQ. 2x MEZCLADORA (A CAJA ENTRADA MP V) | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0012 | EQ. 2x MEZCLADORA (A CAJA ENTRADA MP V) | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0026 | EQ. SUMINISTRO AGUA A ROCIADORES | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0026 | EQ. SUMINISTRO AGUA A ROCIADORES | BOMBA ALTA PRESION |
| 2-23-M0014 | EQ. 2a ETAPA DE CENTRICLEANERS | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0014 | EQ. 2a ETAPA DE CENTRICLEANERS | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23/M0014 | EQ. 2a ETAPA DE CENTRICLEANERS | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0013 | EQ. 1a ETAPA DE CENTRICLEANERS | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0013 | EQ. 1a ETAPA DE CENTRICLEANERS | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23/B0013 | EQ. 1a ETAPA DE CENTRICLEANERS | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0016 | EQ. 1x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0016 | EQ. 1x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0017 | EQ. 2x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0017 | EQ. 2x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0018 | EQ. 1x DE DESCARGA TQ COUCH-PIT | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0018 | EQ. 1x DE DESCARGA TQ COUCH-PIT | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0019 | EQ. 2x DE DESCARGA TQ COUCH-PIT | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0019 | EQ. 2x DE DESCARGA TQ COUCH-PIT | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MA060 | EQ. DE AGITACION TQ COUCH-PIT | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-RD060 | EQ. DE AGITACION TQ COUCH-PIT | REDUCTOR |
| 2-23-AG060 | EQ. DE AGITACION TQ COUCH-PIT | AGITADOR |
| 2-23-M0034 | EQ. DESCARGA TQ DEPURADORES A ZARANDA | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0034 | EQ. DESCARGA TQ DEPURADORES A ZARANDA | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MD011 | EQ. DE DEPURACION MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DF011 | EQ. DE DEPURACION MP V | SELECTIFIER |
| 2-23-MD010 | EQ. DE DEPURACION MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-DF010 | EQ. DE DEPURACION MP V | DEPURADOR VERTICAL |
| 2-23-M0021 | EQ. 3x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0021 | EQ. 3x TQ TELA 2 A TQS RECUPERADORES | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-M0020 | EQ. TQ TELA 1 A TQS RECUPERADORES | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-B0020 | EQ. TQ TELA 1 A TQS RECUPERADORES | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MB040 | EQ. SUMINISTRO AGUA A ROCIADORES TELA | MOTOBOMBA |
| 2-23-MB027 | EQ. 1x SUMINISTRO AGUA A HUIZACHES | MOTOBOMBA |
| 2-23-MB028 | EQ. 2x SUMINISTRO AGUA A HUIZACHES | MOTOBOMBA |
| 2-23-M0051 | EQ. 1x DE SUCCION GENERAL MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BV051 | EQ. 1x DE SUCCION GENERAL MP V | BOMBA DE VACIO |
| 2-23-M0052 | EQ. 2x DE SUCCION GENERAL MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BV052 | EQ. 2x DE SUCCION GENERAL MP V | BOMBA DE VACIO |
| 2-23-M0053 | EQ. 3x DE SUCCION GENERAL MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BV053 | EQ. 3x DE SUCCION GENERAL MP V | BOMBA DE VACIO |
| 2-23-M0029 | EQ. DE SUMINISTRO AGUA LIMPIEZA FIELTROS | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BA029 | EQ. DE SUMINISTRO AGUA LIMPIEZA FIELTROS | BOMBA ALTA PRESION |
| 2-23-MH080 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE080 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-MH081 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |

Fig. 4.12: Sótano.

SOTANO MAQUINA 5.

| CODIGO. | DESCRIPCION DEL EQUIPO. | TIPO DE EQUIPO. |
|------------|---------------------------------------|---------------------|
| 2-23-BE081 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH082 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE082 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH083 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE083 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH084 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE084 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH085 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE085 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH086 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE086 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH087 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE087 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KI088 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE088 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-KH089 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE089 | EQ. SISTEMA HIDRAULICO | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-MO061 | EQ. 1x DE CONDENSADOS MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO061 | EQ. 1x DE CONDENSADOS MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO062 | EQ. 2x DE CONDENSADOS MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO062 | EQ. 2x DE CONDENSADOS MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO063 | EQ. 3x DE CONDENSADOS MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO063 | EQ. 3x DE CONDENSADOS MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO064 | EQ. 4x DE CONDENSADOS MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO064 | EQ. 4x DE CONDENSADOS MP V | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO901 | EQ. DE SISTEMA CENTRAL DE ACEITE MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE901 | EQ. DE SISTEMA CENTRAL DE ACEITE MP V | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-MO902 | EQ. DE SISTEMA CENTRAL DE ACEITE MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BE902 | EQ. DE SISTEMA CENTRAL DE ACEITE MP V | BOMBA DE ENGRANES |
| 2-23-MV501 | EQ. SUMINISTRO AIRE A CALANDRA | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-VN501 | EQ. SUMINISTRO AIRE A CALANDRA | VENTILADOR INDUCIDO |
| 2-23-MV701 | EQ. PARA TIRA DE RECORTE MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-VN701 | EQ. PARA TIRA DE RECORTE MP V | VENTILADOR |
| 2-23-KI001 | EQ. DESINTEGRADOR DE RECORTE MP V | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-SP001 | EQ. DESINTEGRADOR DE RECORTE MP V | SYDERPULPER |
| 2-23-MO003 | EQ. DESCARGA DEL PULPER DESINTEGRADOR | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO003 | EQ. DESCARGA DEL PULPER DESINTEGRADOR | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-BO041 | EQ. DE TQ RECUPERADOR/CHAROLAS | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BO041 | EQ. DE TQ RECUPERADOR/CHAROLAS | BOMBA CENTRIFUGA |
| 2-23-MO413 | EQ. RECUPERACION SOLUCION DE ENCOLADO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23-BT413 | EQ. RECUPERACION SOLUCION DE ENCOLADO | BOMBA DE TORNILLO |
| 2-23-MO413 | EQ. RECUPERACION SOLUCION DE ENCOLADO | MOTOR DE INDUCCION |
| 2-23/BT413 | EQ. RECUPERACION SOLUCION DE ENCOLADO | BOMBA DE TORNILLO |

Fig. 4.12: Sótano.

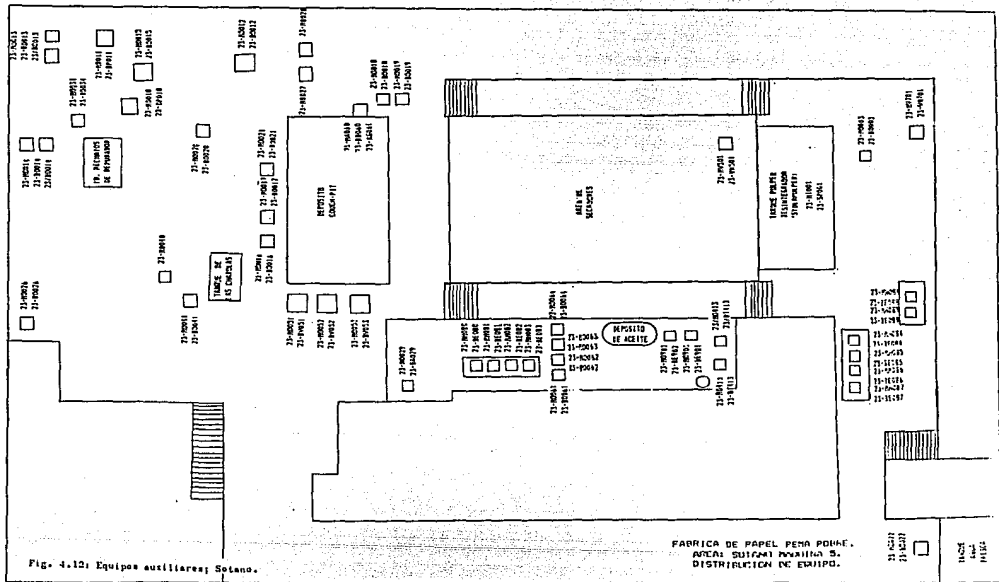


Fig. 4.12: Equipos auxiliares; Sodano.

FABRICA DE PAPEL PARA PUNA.
AREA AUXILIAR MARILLA 5.
DISTRIBUCION DE EQUIPO.

4.4 SISTEMA CENTRAL DE LUBRICACION.

Esta máquina cuenta con un sistema central de lubricación, - el cual se encuentra integrado por:

- Depósito principal de almacenamiento de aceite con capacidad de 3300 lts.
- Dos motores de inducción.
- Dos bombas de engranes.
- Cinco filtros de aceite.
- Sistema de enfriamiento de aceite.
- Sistema de calentamiento de aceite.
- Sistema de tubería, tanto de ida como de retorno del aceite.

Las funciones de este sistema son:

- 1.- Alimentar individualmente cada punto a lubricar con aceite.
- 2.- Adicionar aceite a los puntos de lubricación a la temperatura - correcta.
- 3.- Alimentar a las partes a lubricar con aceite limpio.
- 4.- Simplificar el mantenimiento de los puntos a lubricar.

Las cantidades de aceite suministradas por este sistema son:

| | |
|---------------------------|----------------------|
| Rodillos guía del fieltro | } 0.2 lt / min. |
| Rodillos guía del papel | |
| Cilindros secadores | } 0.25-0.4 lt / min. |
| Secadores del fieltro | |
| Engranes de accionamiento | — 0.6-1.6 lt / min. |

El aceite de este sistema debe de operar a temperaturas de - 35°C - 40°C . Este sistema está dimensionado para una presión máxima de servicio de $10 \text{ Kp} / \text{cm}^2$; la presión nominal de trabajo debe ser mantenida entre 5 y $7 \text{ Kp} / \text{cm}^2$. Tiene también dos bombas con sus respectivos motores; para que este sistema trabaje, requiere que un motor y una bomba operen, la otra bomba y motor son de repuesto, conectándose automáticamente en caso de que la bomba y motor que están en uso fallen.

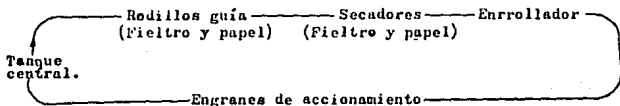
El sistema de calentamiento es mediante una "camisa de vapor"

el cual circula en la parte central del tanque calentando el aceite, el vapor entra por la parte central y sale por la parte inferior — del tanque, y de esta forma, el aceite inicia su recorrido a la temperatura adecuada.

Debido a la fricción, el aceite eleva su temperatura; para mantenerlo en el nivel adecuado de temperatura, se tiene también un sistema de enfriamiento, el cual es un intercambiador de calor, que realiza el enfriamiento por medio de agua, la cual tiene una temperatura de 10°C.

Asimismo, este sistema cuenta también con un filtro principal de aceite y varios filtros secundarios. El filtro principal deberá mantenerse limpio, para no tener pérdidas de presión cuando el aceite circule a través de él, y para hacer que el aceite tenga el menor número de impurezas. Este sistema cuenta también con varios rotámetros y mirillas, para verificar la cantidad de aceite que se encuentra en circulación. El diagrama simplificado de circulación — del aceite es como a continuación se muestra:

RECORRIDO DE IDA



RECORRIDO DE VUELTA

4.5 CONDICIONES INICIALES DE LA LUBRICACION.

En la planta "Peña Pobre" de las "Fábricas de papel Loreto y Peña Pobre S.A. de C.V.", la lubricación de los equipos se lleva me diante una carta, la cual contiene espacios para el código del equipo, nombre de la parte a lubricar y su localización, nombre del lubricante a utilizarse, cantidad, frecuencia, puntos a lubricar y observaciones.

Estas cartas tienen que ser llenadas por el encargado de la lubricación en su totalidad, no existiendo una rutina diaria establecida en esta carta, tampoco contiene las cantidades de lubricante a utilizarse. En la figura 4.13 se ilustra una de estas cartas.

4.6 CARTA DE LUBRICACION MODIFICADA.

Esta nueva carta de lubricación tiene como fin lograr un servicio largo, y con el mínimo de paros del equipo principal de la máquina, mediante el apropiado y racional manejo de la lubricación, - los pasos que se han seguido para elaborar la nueva carta son:

- 1.- Se efectúa un "censo" de todo el equipo a ser lubricado; en éste, se establece el nombre y código del equipo.
- 2.- Del manual de cada equipo se busca la parte a lubricar, así como la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación.
- 3.- En caso de que no se tenga el manual del equipo o éste no contenga instrucciones de lubricación, se investigarán en el campo las partes a lubricar. Para la cantidad de lubricante y frecuencia de lubricación, ver el punto 4.7 "cantidades de lubricante".
- 4.- Una vez que se tienen todos estos datos, se unirán en una pre-carta de lubricación.
- 5.- De ésta pre-carta se separarán, con base en la frecuencia de lubricación, los aparatos que han de lubricarse diaria, semanal, quincenal, mensualmente, etc.
- 6.- Una vez separados con base en la frecuencia de lubricación, se procede a establecer las "rutinas del lubricador", en base a la ubicación de los equipos.
- 7.- Finalmente, se capacita al encargado de la lubricación de la planta, sobre el adecuado uso de esta nueva carta y de los lubricantes.

Aparte de la lubricación, es importante que el encargado de la misma observe el equipo para ver si éste tiene fugas o no; lo toque para verificar si la temperatura y la vibración son normales, - lo escuche para comprobar si el ruido producido durante la opera-ción es normal, esto es con el fin de detectar problemas a tiempo, siempre y cuando el elemento a ser lubricado le permita, como por ejemplo, una chumacera.

4.7 CANTIDADES DE LUBRICANTE.

En esta sección, se determinarán primeramente las cantidades e intervalo de lubricación para el aceite; y posteriormente para la grasa.

4.7.1 CANTIDADES DE ACEITE.

Para determinar la capacidad del depósito del aparato, se — procede a determinar el volumen del mismo, y mediante esta forma se obtiene la cantidad de litros de aceite del depósito. En esta máqui na, los elementos que mas comunmente se van a lubricar son los roda mientos, debido a la gran cantidad de rodillos y cilindros que tie ne.

En caso de que no se tenga el tipo de aceite requerido para la lubricación de cojinetes, éste se determinará por la viscosidad del aceite. Para obtener la viscosidad requerida, se deberá partir del dato de la velocidad del equipo en r.p.m. (revoluciones por mi nuto) localizándola en la parte horizontal de la gráfica mostrada — en la figura 4.14, y continuando en forma vertical hasta intercep tar cualquiera de las dos curvas, punto en el cual se continuará ho rizontalmente hasta la izquierda, hasta la coordenada de la viscosi dad a la temperatura de operación. La curva de 200 psi (lb / in²) — se debe usar para cojinetes que trabajan a cargas normales y sin — cargas de impacto; y la curva de 500 psi cuando en la operación — existan cargas pesadas y de impacto. Para el período de relubrica ción, primeramente se verificará diariamente el consumo de aceite — del aparato por medio de la mirilla del depósito, y en base al con sumo observado se determinará un período tentativo de lubricación.

Una vez realizado lo anterior, se recomienda contactar con — el servicio de ingeniería de alguna compañía fabricante de lubrican tes, para que con base en el catálogo de productos de la compañía se obtenga el lubricante adecuado, así como el período correcto de lu bricación.

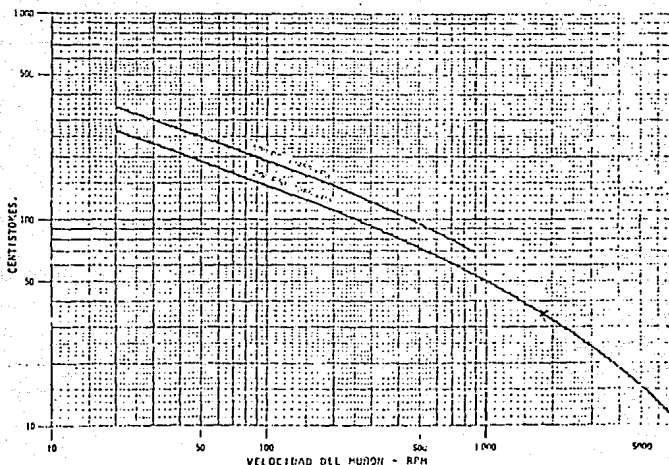


Fig. 4.14: Gráfica de viscosidad para cojinetes.

4.7.2 CANTIDADES DE GRASA.

En caso de no tener otras instrucciones para la lubricación con grasa de rodamientos, puede utilizarse la figura 4.15, la cual es propuesta por la compañía fabricante de rodamientos SKF (2), para determinar el intervalo apropiado de relubricación, expresado en horas de servicio. Este diagrama es válido para rodamientos en máquinas a carga normal, y a temperaturas de los rodamientos de hasta 70°C . Para temperaturas superiores debe reducirse el intervalo a la mitad por cada 15°C . SKF (2) propone que si se carece de informa

(2) SKF "Manual de mantenimiento y recambio de rodamientos." Inglaterra, 1977

ción sobre la cantidad necesaria de grasa para la relubricación, ésta puede calcularse de la siguiente forma, utilizando la siguiente fórmula:

$$G = 0.005 \times D \times B$$

Donde G = Cantidad de grasa en gramos.

D = Diámetro exterior del rodamiento en mm.

B = Ancho del rodamiento en mm.

Para verificar la eficiencia de esta fórmula, y del intervalo de relubricación, se hará un ejemplo, y los resultados se compararán con los datos propuestos por el fabricante.

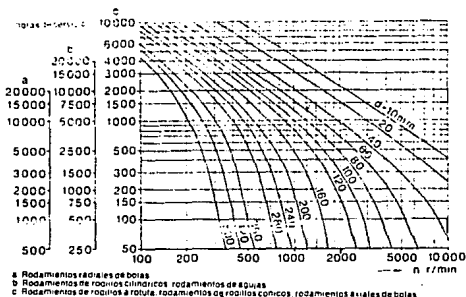


Fig. 4.15: Intervalo de relubricación con grasa para rodamientos.

Ejemplo: Determinar la cantidad de grasa y el período de relubricación para los rodamientos de una bomba de vacío (BV-051) de la máquina de papel Voith, los cuales giran a 1485 rpm, y son del tipo 22234 CK con medidas 170mm X 310mm X 86mm

Solución: La cantidad necesaria de grasa está dada por:

$$G = 0.005 \times D \times B$$

donde D = 310 mm

B = 86 mm

Por lo tanto:

$$G = 0.005 \times 310 \times 86 = 133.3 \text{ grms.}$$

| | Cantidad de grasa | Período relub. |
|----------------|-------------------|----------------|
| Datos Manual | 135 grms | 7 días |
| Datos Problema | 133.3 grms | 8 días |

Al estar tan próximos los datos, se puede concluir que esta fórmula y gráfica serán útiles para determinar la cantidad de grasa y el intervalo de relubricación de los equipos cuyo manual no lo es pecifique para la elaboración de la nueva carta de lubricación. A continuación se presenta la carta de lubricación modificada, incluyendo también un ejemplo de la operación de esta carta.



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA | UNID. | MATERIAL | TIPO | FRECUENCIA: DIARIO | | FECHA | OBSERVACIONES |
|--------|------------------|--------|--------------------|----------|-----------------|--------------------|-------------|-------|---------------|
| | | | | | | FREQ. A LUB. | CANT. UTIL. | | |
| 00-087 | BOMBA ENGRANES | 80 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-088 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-085 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-084 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-089 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-086 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-090 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-091 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-092 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-093 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-094 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-093 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-092 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-091 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-090 | BOMBA ENGRANES | 30 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| 00-019 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-018 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-060 | REDUCTOR | 30 | MOBIL GEAR 636 | AC | DEPOSITO | 1-2-3 LT | | | |
| 00-013 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-010 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-034 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-014 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-015 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-020 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-012 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-021 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-017 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-016 | BOMBA CENTRIFUGA | 50 | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-007 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-009 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| RF-002 | REFINADOR DISCOS | PP | MOBIL GEAR 636 | AC | MED. REGULACION | 3-4 LT | | | |
| RF-001 | REFINADOR DISCOS | PP | MOBIL DTE 26 | AC | MED. REGULACION | 3-4 LT | | | |
| 00-010 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| DS-001 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| DS-002 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| DS-003 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| DS-004 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| 00-005 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-032 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| 00-011 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| LR-101 | LOTORRELECTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| LR-102 | LOTORRELECTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| LR-201 | LOTORRELECTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| LR-202 | LOTORRELECTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| LR-203 | LOTORRELECTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| RU-201 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 1-2-3 LT | | | |
| RU-301 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| RU-302 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| RU-303 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |

SO: SOTANO PP: PREP. PASTA T: TRANSM. AC: ACEITE LT: LITROS



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: DIARIO

FECHA _____

PLANTA PEÑA POBRE

| CODIGO | DESCRIPCION | LUBR. | LUBRICANTE | T.M. | FRECUENCIA: DIARIO | | OBSERVACIONES |
|--------|-------------|-------|----------------|------|--------------------|----------|---------------|
| | | | | | PART. A LAB. | CANTIDAD | |
| ND-403 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-400 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-320 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-304 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-305 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-450 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |
| ND-600 | REACTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | |



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: SEMANAL MES _____ FECHA _____

| COEIGO | DESCRIPCION | PLANTA | PEÑA POBRE | LUBRICANTE | TIPO | FREQ. 2 HRS. | FECHA | OBSERVACIONES |
|--------|-------------------|--------|------------|--------------------|------|--------------|-------|---------------|
| | | | | | | | | |
| BY-051 | BOMBA VACIO | 50 | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 223 GR |
| FL-001 | FILTRO WAGNER | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CHUWACERA | | 15 GR |
| TM-120 | CILINDRO MARCADOR | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 30 GR |
| BY-051 | BOMBA VACIO | 50 | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 223 GR |
| FL-001 | FILTRO WAGNER | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CHUWACERA | | 15 GR |
| TM-120 | CILINDRO MARCADOR | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 30 GR |
| BY-051 | BOMBA VACIO | 50 | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 223 GR |
| FL-001 | FILTRO WAGNER | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CHUWACERA | | 15 GR |
| TM-120 | CILINDRO MARCADOR | 1F | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | | 30 GR |

SO: SOTANO PP: PREP. PASTA MF: MESA FORM. G: GRASA GR: GRAMOS.



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: QUINCENAL

FECHA _____

| CÓDIGO | DESCRIPCION | PLANTA | PEÑA POBRE | LUBRICANTE | TITULO | PART. A LB. | CANTIDAD | CANT. UTIL. | OBSERVACIONES |
|--------|--------------------|--------|------------|--------------------|--------|-------------|------------------------------|-------------|---------------|
| | | | | | | | | | |
| EV-053 | BOMBA VACIO | SO | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 133 GR | | |
| EV-058 | BOMBA VACIO | SO | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 133 GR | | |
| NO-041 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | | MOBIL LITHREX EP-3 | G | | RODAMIENTOS 40-50 GR | | |
| UF-001 | SELECTORIZER | SO | | MOBIL EXTRA HEAVY | AC | | DEPOSITO 3.5-4 LTS | | |
| RF-001 | REFINADOR DISCOS | FP | | MOBIL CALPLEX 2 | G | | RODAMIENTOS 70-80 GR | | |
| BO-031 | BOMBA CENTRIFUGA | FP | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 60-90 GR | | |
| BO-030 | BOMBA CENTRIFUGA | FP | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 60-90 GR | | |
| BO-033 | BOMBA CENTRIFUGA | FP | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 60-90 GR | | |
| TC-113 | RODILLO GUIA | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-112 | RODILLO GUIA | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-111 | RODILLO REGULADOR | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TT-110 | RODILLO TENSOR | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TT-109 | RODILLO TENSOR | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-108 | RODILLO GUIA | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-104 | RODILLO GUIA | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 15 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-105 | RODILLO GUIA | MF | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-211 | RODILLO GUIA 1 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-212 | RODILLO GUIA 2 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-213 | RODILLO GUIA 3 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-214 | RODILLO REGULADOR | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-215 | RODILLO TENSOR | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-216 | RODILLO GUIA 6 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-217 | RODILLO GUIA 7 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-218 | RODILLO GUIA 8 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-222 | RODILLO GUIA 2 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-223 | RODILLO GUIA 3 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-224 | RODILLO TENSOR 4 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-225 | RODILLO REGULADOR | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-228 | RODILLO GUIA 6 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-229 | RODILLO GUIA 8 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-232 | RODILLO GUIA 2 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-233 | RODILLO TENSOR 3 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-234 | RODILLO GUIA 4 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 28 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-235 | RODILLO GUIA 5 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| FR-236 | RODILLO REGULADOR | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| TC-231 | RODILLO GUIA 1 x | P | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-312 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-313 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-314 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-315 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-316 | RODILLO REGULADOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-317 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-318 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-319 | RODILLO TENSOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-324 | RODILLO REGULADOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-325 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-326 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-327 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-328 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-329 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-330 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-331 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-332 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-333 | RODILLO TENSOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-334 | RODILLO REGULADOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-335 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-336 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-351 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-352 | RODILLO GUIA | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |
| LG-353 | RODILLO TENSOR | S | | MOBIL LITHREX EP-2 | G | | RODAMIENTOS 26 GR LT 8 GR LC | | |

SO: SOTANO PP: PREP PASTA MF: MESA FORM. P: PRENSAS S: SECADO G: GRASA AC: ACEITE LTS: LITROS 1-3



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA PEÑA POBRE | | FRECUENCIA: QUINCENAL | | CANT. UTIL. | FECHA | OBSERVACIONES |
|--------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|--------------|------------------|-------|---------------|
| | | UBIC. | LUBRICANTE | TIPO | PART. I LUB. | | | |
| 1G-354 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-353 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-356 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-357 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-371 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-372 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-373 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-374 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-375 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-378 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-377 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-392 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-393 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-394 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-395 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-396 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-397 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-451 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-452 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-453 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-454 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-461 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-363 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-363 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-264 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-265 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-266 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-267 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-281 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-282 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-283 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-304 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-305 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-306 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-367 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-241 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-242 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-243 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-244 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-245 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-246 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-247 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1T-222 | RODILLO TENSOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1R-223 | RODILLO REGULADOR | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-224 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| 1G-225 | RODILLO GUIA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 26 GR LT 8 GR LC | | |
| CHS-01 | CHILACAZA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 41 GR | | |
| CHS-02 | CHILACAZA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 41 GR | | |
| CHS-03 | CHILACAZA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 41 GR | | |

GR: GRAMOS LT: LADO TRANS. LC: LADO COND.



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA PEÑA POBRE | | TIPO | FRECUENCIA: QUINCENAL | FECHA | | OBSERVACIONES |
|--------|---------------|-------------------|-------------------------|------|-----------------------|--------------|---------------------------|---------------|
| | | UBIC. | LUBRICANTE | | | PART. Y SER. | CANTIDAD | |
| CHS-03 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-04 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-05 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-06 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-07 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-08 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-09 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-10 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-11 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-12 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-13 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-14 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-15 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-16 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-17 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-18 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-19 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-20 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 41 GR | |
| CHS-21 | CURVACERA SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-01 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-02 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-03 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-04 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-05 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-06 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-07 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-08 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-09 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-10 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-11 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-12 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-13 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-14 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-15 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-16 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-17 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-18 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-19 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-20 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-21 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-22 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-23 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-24 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-25 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-26 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-27 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-28 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-29 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| CHI-30 | CURVACERA INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTO | | 23 GR | |
| E01-27 | INGRANIS PRIM | T | INSTALADU INTERGRAF 380 | G | DIENTES | | 1 LIT. PELICULA ABUNDANTE | |
| E01-07 | PINONIS ENG | T | INSTALADU INTERGRAF 380 | G | DIENTES | | 1 LIT. PELICULA ABUNDANTE | |



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: TRIMESTRAL

| CODIGO | DESCRIPCION | UNID. | LUBRICANTE | TIPO | FECHA | | OBSERVACIONES |
|--------|----------------------|-------|--------------------|------|---------------|--------------------|------------------------------|
| | | | | | PARTE A LUBR. | CANTIDAD | |
| WH-087 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-086 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-085 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-084 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| MO-001 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| MO-002 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| MO-001 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 42 GR R 15 GR LV 15 GR LT |
| MO-002 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 42 GR R 15 GR LV 15 GR LT |
| MO-003 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 65 GR R 15 GR LV 15 GR LT |
| MO-004 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 36 GR R 15 GR LV 15 GR LT |
| WH-083 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-082 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-081 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 42 GR | |
| WH-080 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 56 GR | |
| MO-029 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 85 GR R 17 GR |
| EA-029 | BOMBA ALTA PRESION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 17 GR | |
| MO-053 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-1 | G | RODAMIENTOS | 60 GR | |
| MO-052 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-1 | G | RODAMIENTOS | 60 GR | |
| MO-026 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 85 GR | |
| MO-011 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 170 GR R 51 GR |
| MO-012 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 25 GR LV 45 GR LT | |
| MO-021 | MOTOBOMBA | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 7 GR LV 13 GR LT | |
| AG-004 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 85 GR | |
| AG-005 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 85 GR | |
| AG-006 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 85 GR | |
| RF-005 | REFINADOR CONICO | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 180 GR | |
| MF-004 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 250 GR R 45 GR |
| RF-004 | REFINADOR CONICO | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 250 GR | |
| MF-003 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 250 GR | |
| MF-002 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 220 GR R 45 GR |
| MS-001 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 170 GR R 45 GR |
| MS-002 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 170 GR R 15 GR LV 20 GR LT |
| MS-003 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 170 GR R 15 GR LV 20 GR LT |
| MS-004 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | RODAMIENTO | C 170 GR R 15 GR LV 20 GR LT |
| AG-100 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 40 GR | |
| AG-007 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 85 GR | |
| AG-008 | AGITADOR | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRCUJERAS | 85 GR | |
| MF-001 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 32 GR | |
| MF-011 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 340 GR | |
| MF-012 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 340 GR | |
| CB-093 | CILINDRO BATIDOR | WF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 8 GR | |
| CB-092 | CILINDRO BATIDOR | WF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 8 GR | |
| CB-091 | CILINDRO BATIDOR | WF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 8 GR | |
| FT-201 | PRESA SUCCION N 1 X | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 10 GR LC 360 GR LT | |
| LS-320 | CILINDRO CROMADO INF | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 127 GR | |
| LS-321 | CILINDRO CROMADO SUP | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 127 GR | |
| C-0102 | COILES SUP | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 85 GR | |
| C-0311 | COILES INF | T | MOBIL LITHREX EP-2 | G | COILE | 85 GR | |

SO: SOTANO PP: PRER PASTA MF: MESA FORM. P PRENSAS S: SECADO T: TRANSM C: COILE R: RODAMIENTO G: GRAS 1-1



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: SEMESTRAL

PLANTA PEÑA POBRE

FECHA _____

| CODIGO | DESCRIPCION | UBIC. | LUBRICANTE | TIPO | PART. A LUB. | CANTIDAD | CANT. UTIL. | RESERVACIONES |
|--------|-------------------------|-------|--------------------|------|--------------|-------------------|-------------|---------------|
| TD-100 | CILINDRO DE Pecho | MF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 34 GR | | |
| TD-101 | RODILLO DESGOTEAOR | MF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 12 GR | | |
| TD-102 | RODILLO DESGOTEAOR | MF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 12 GR | | |
| TD-103 | RODILLO DESGOTEAOR | MF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 12 GR | | |
| TA-107 | CILINDRO ACCIONADOR | MF | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 10 GR LT 34 GR LC | | |
| FT-202 | PRESA 2 + | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 250 GR | | |
| FT-220 | PRESA 3 + SUPERIOR | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 250 GR | | |
| OF-204 | PRESA OFF-SET INFERIOR | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 256 GR | | |
| OF-240 | PRESA OFF-SET SUPERIOR | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 165 GR | | |
| PE-401 | PRESA DE ENCOLADO MOVIL | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 100 GR | | |
| PE-400 | PRESA DE ENCOLADO FIJA | S | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 130 GR | | |

MF: MESA FORM. P: PRENSAS S: SECADO G: GRASA GR: GRAMOS LT: LADO TRANSM. LC: LADO COND.



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: ANUAL

FECHA _____

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA PEÑA POBRE | | TIPO | FREQ. A LUB. | CANTIDAD | FECHA | OBSERVACIONES |
|--------|--------------------|-------------------|--------------------|------|-----------------|-------------------|-------|---------------|
| | | UBIC. | LUBRICANTE | | | | | |
| WH-085 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 42 GR | | |
| VN-101 | VENTILADOR | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRVACERAS | 18 GR | | |
| BT-413 | BOMBA TORNILLO | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 25 GR | | |
| EH-083 | MOTOR INIACCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 68 GR | | |
| WH-082 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 42 GR | | |
| AG-050 | AGITADOR | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | CIRVACERAS | 23 GR | | |
| EO-026 | BOMBA ALTA PRESION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 12 GR | | |
| NO-014 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 17 GR | | |
| UD-010 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 23 GR LV 45 GR LC | | |
| MO-012 | MOTOR INDUCCION | SO | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 25 GR LV 45 GR LY | | |
| MO-007 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 17 GR LV 20 GR LY | | |
| WF-005 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 33 GR | | |
| RF-005 | REFINADOR CONICO | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | SOPORTE VOLANTE | 30 GR | | |
| RF-004 | REFINADOR CONICO | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | SOPORTE VOLANTE | 30 GR | | |
| NO-010 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 5 GR LV 17 GR LC | | |
| MO-011 | MOTOR INIACCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 8 GR LV 17 GR LC | | |
| WF-011 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 23 GR LV 15 GR LC | | |
| WF-012 | MOTOR INDUCCION | PP | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 23 GR LV 15 GR LC | | |
| FC-200 | PRESA COMPACTA | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 212 GR | | |
| FP-203 | PRESA 3 x INF | P | MOBIL LITHREX EP-2 | G | RODAMIENTOS | 272 GR | | |

SO: SCTANO PP: PRER PASTA P: PRENSAS G: GRASA GR: GRAMOS LV: LADO TRANS. LC: LADO COND. LY: LADO VENT-1-1



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: DIARIO

FECHA 7- Dic - 82

PLANTA PEÑA POBRE

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA PEÑA POBRE | | TIPO | FRECUECIA: DIARIO | | | FECHA <u>7- Dic - 82</u> | OBSERVACIONES |
|--------|------------------|-------------------|--------------------|------|-------------------|------------|-------------|--------------------------|---------------|
| | | UNID. | LUBRICANTE | | PART. A LUB. | CANTIDAD | CANT. UTIL. | | |
| BE-067 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | 2-4 | | |
| BE-068 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-069 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-069 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-068 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BO-003 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-061 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-4 LT | | | |
| BO-062 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-4 LT | | | |
| BO-063 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-4 LT | | | |
| BO-064 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-4 LT | | | |
| BE-063 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-062 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-061 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BE-060 | BOMBA ENGRANES | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | DEPOSITO COMUN | 2-3 LT | | | |
| BO-019 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-018 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| RD-060 | REDUCTOR | SO | MOBIL GEAR 636 | AC | DEPOSITO | 1,5-2 LT | | | |
| BO-013 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-013 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-034 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-014 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-015 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-020 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-012 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-021 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-017 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-016 | BOMBA CENTRIFUGA | SO | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-007 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-009 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| RF-002 | REFINADOR DISCOS | PP | MOBIL GEAR 636 | AC | MEC. REGULACION | 3-4 LT | | | |
| RF-001 | REFINADOR DISCOS | PP | MOBIL GEAR 636 | AC | MEC. REGULACION | 3-4 LT | | | |
| RO-010 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 3-4 LT | | | |
| DS-001 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 3-4 LT | | | |
| DS-002 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 3-4 LT | | | |
| DS-003 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 3-4 LT | | | |
| DS-004 | DESFILADOR | PP | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 3-4 LT | | | |
| BO-005 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-030 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| BO-011 | BOMBA CENTRIFUGA | PP | MOBIL HEAVY MEDIUM | AC | RODAMIENTOS | 2-3 LT | | | |
| MR-101 | MOTORREDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| MR-102 | MOTORREDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| MR-201 | MOTORREDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-5 LT | | | |
| MR-202 | MOTORREDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-5 LT | | | |
| MR-203 | MOTORREDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-5 LT | | | |
| RD-204 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 1,5-1,5 LT | | | |
| RD-301 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| RD-302 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |
| RD-303 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | 2-3 LT | | | |

SO: SOÑANO PP: PREP. PASTA T: TRANSM. AC: ACEITE LT: LITROS



FABRICAS DE PAPEL LORETO Y PEÑA POBRE

CARTA DE LUBRICACION

FRECUENCIA: DIARIO

FECHA 20 - 10 - 87

| CODIGO | DESCRIPCION | PLANTA PEÑA POBRE | | | TIPO | PART. A LUB. | CANTIDAD | CANT. UTIL. | OBSERVACIONES |
|--------|-------------|-------------------|----------------|----|----------|--------------|----------|-------------|---------------|
| | | UNID. | LUBRICANTE | AC | | | | | |
| RD-401 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-400 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-320 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-304 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-305 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-450 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |
| RD-600 | REDUCTOR | T | MOBIL GEAR 629 | AC | DEPOSITO | .7-.8 LT | 27 | | |

-205-

CAPITULO V
ANALISIS ECONOMICO

5.1 Generalidades.

5.2 Estudio de costos.

5.1 GENERALIDADES

El mantener los costos de producción de los artículos lo más bajo posible es prioridad para todas las empresas, no importando el tipo que ésta sea, pero sin restarle calidad al producto.

Para disminuir los costos de producción, lo más recomendable es el manejo racional de los recursos existentes, es decir, el evitar al máximo los desperdicios, ya que la disminución de los costos se reflejará directamente en mayores utilidades para la empresa.

La nueva carta de lubricación, al racionalizar el uso de los lubricantes mediante cantidades específicas, evita así el desperdicio y de esta forma, reduce considerablemente los costos de lubricación, para una mayor ganancia de la empresa. A continuación se presenta una relación de costos, un mes antes de poner en operación esta nueva carta de lubricación, y de el primer mes de operación de dicha carta.

5.2 ESTUDIO DE COSTOS.

El gasto total del departamento de mantenimiento de la planta "Peña Pobre" de las "Fábricas de Papel Loreto y Peña Pobre" durante el mes de Noviembre de 1989 fue de 155,319,000 pesos. Este total se encuentra distribuido de la siguiente manera:

- Maquinaria y Equipo: 141,084,000; esta cantidad representa el 90.834% del total.
- Equipo de Transporte: 911,000; representa el 0.586% del total.
- Edificios y Construcciones: 13,324,000, esto representa el 8.578% del total.

Como se puede observar, la maquinaria y el equipo son las partes que absorben la mayor parte del presupuesto para mantenimiento.

El total de las ventas durante este mes fue de 4,805,590,000, el presupuesto total de mantenimiento representa el 3.23% del total de las ventas, cantidad muy aceptable teniendo en cuenta que la mayoría de las empresas consideran aceptable un costo de mantenimiento entre el 2.5%-5% del total de ventas (3). Ahora bien, los costos de lubricación durante este mes son:

- 1696 lts de aceite de varios tipos, los cuales son:

| Cantidad | Tipo Aceite | Importe |
|----------|--------------|-----------|
| 400 lts | Thuban 90 | 788,852 |
| 1000 lts | Extra Heavy | 2,285,000 |
| 38 lts | Mobil Oil 40 | 86,602 |
| 200 lts | Heavy Medium | 572,200 |
| 15 lts | Crater | 33,210 |

TOTAL 3,765,864

- 142 Kgs de grasa de varios tipos, los cuales son:

| Cantidad | Tipo Grasa | Importe |
|----------|------------|-----------|
| 106 Kg | Lithrex-2 | 611,779 |
| 36 Kg | Molibond-2 | 450,000 |
| | | 1,061,779 |

(3) Curso de Lubricación "Papelería de Morelos S.A."

La cantidad total invertida en lubricantes es de 4,827,643, - la cual representa el 3.11% del costo total del mantenimiento. La figura 5.1 ilustra gráficamente esto.

El gasto total del departamento de mantenimiento durante el - primer mes de operación de la nueva carta de lubricación, es decir, Diciembre, fue de 126,634,000 pesas; esta cantidad se encuentra distribuida de la siguiente manera:

- Maquinaria y Equipo: 84,500,000, representa el 66.727% del total.
- Equipo de Transportes: 6,637,000, esta cantidad representa el 5.02%
- Edificios y Construcciones: 35,767,000, representa el 28.244% del total.

El total de ventas durante este mes fue de 4,790,725,000; el presupuesto total de mantenimiento representa el 2.64% de las ventas, porcentaje bastante bueno. Los costos de lubricación durante este - mes fueron:

| Cantidad | Tipo Aceite | Importe |
|----------|----------------|-----------|
| 200 lts | Thuban 90 | 394,426 |
| 800 lts | Extra Heavy | 1,828,000 |
| 170 lts | Heavy Medium | 486,370 |
| 100 lts | Mobil Gear 629 | 274,400 |

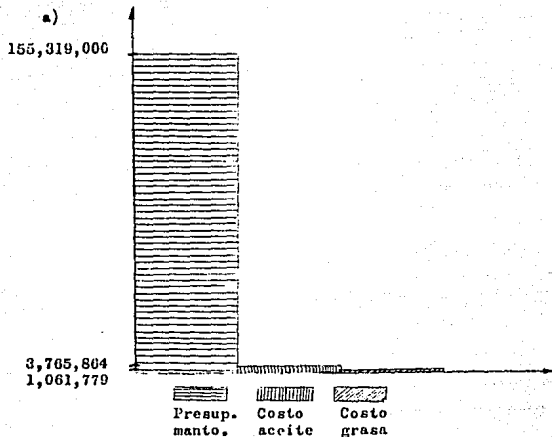
TOTAL: 2,983,196

Estas cantidades hacen un total de 1270 lts de aceite.

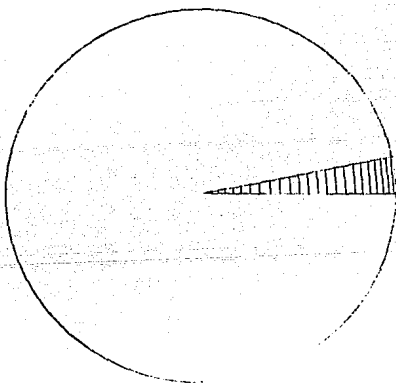
- 130 Kg de grasa lithrex-2, cuyo costo es de 750,294.

El costo total de la lubricación durante esta mes fue de --- 3,733,490. Este costo representa el 2.947% del costo total del mantenimiento. La figura 5.2 ilustra gráficamente esto.

Comparando este mes, en el cual se implantó la carta de lubricación, con el anterior, el consumo de lubricantes se redujo un --- 22.664%; esta reducción se logró principalmente por la racionaliza- ción en el consumo de lubricantes que establece la carta.



b)





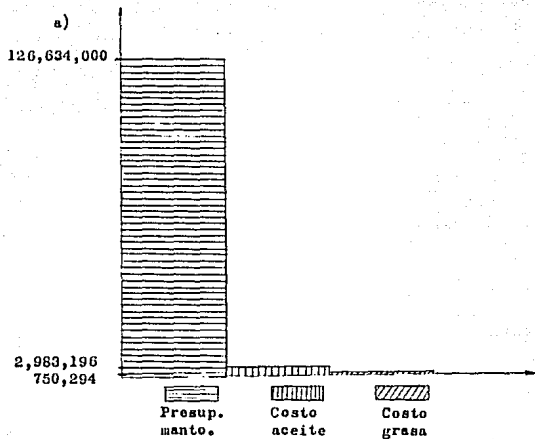
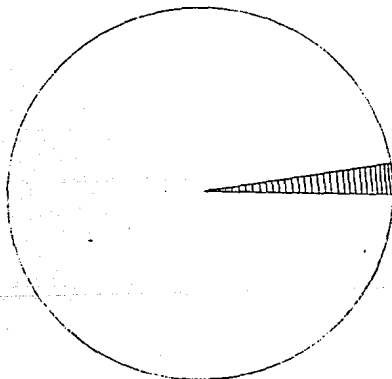
 Ventas
  Presup. mantenimiento.

Fig. 5.1: Diagramas del mes nov. 1989: a)Presup. mantenimiento-costo lubricantes b)Ventas-Presup. mantenimiento.



b)



Legend:

- Ventas (White)
- Presup. mantenimiento (Shaded)

Fig. 5,2: Diagramas del mes Dic. 89: a) Presup. mantenimiento-costo lubricantes b) ventas-presup. mantenimiento.

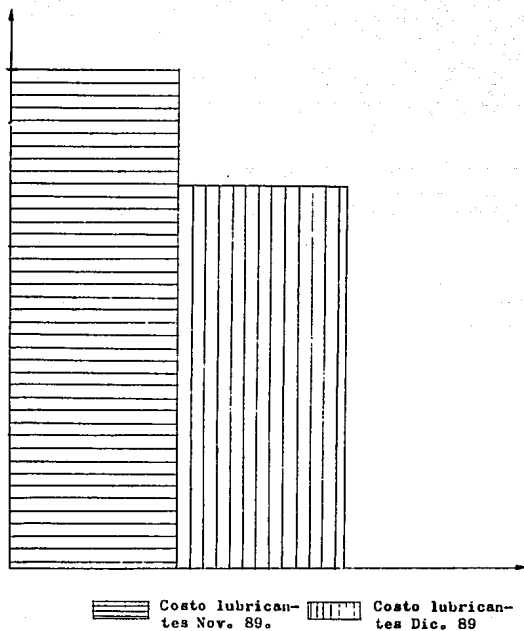


Fig. 5.3: Comparación de los costos de lubricación de los meses de Noviembre y Diciembre de 1989.

CONCLUSIONES

La lubricación desempeña un papel vital en los programas de -- mantenimiento actuales; la simple y sencilla acción de agregar lubricante, ya sea aceite o grasa a un depósito o mecanismo, trae consigo una correcta operación de la máquina.

La aplicación correcta de los lubricantes, así como el resultado que da el cuidado e inspección periódica, dan como resultado los siguientes beneficios:

- Mayor producción continua: La correcta lubricación y cuidado de -- las piezas de la maquinaria reducen el desgaste de las mismas; por lo tanto, los pares a la maquinaria para el reemplazo de piezas son me-- nos frecuentes, la producción más continua, y se obtiene un nivel más costeable de operación.

- Menores costos de mantenimiento: Al eliminar la fricción que eca-- siona la falla prematura de las diversas piezas, mediante una lubri-- cación adecuada, se reducen el número y el costo de las piezas de -- reemplazo, así como el costo de mano de obra; todo esto significa una reducción en los costos de mantenimiento, y por lo tanto, un mayor ni-- vel de utilidades.

- Reducción en el consumo de energía: La baja fricción fluida que se obtiene con el uso de los lubricantes adecuados y correctamente apli-- cados significa un ahorro de energía, al requerir menor potencia las máquinas para realizar su trabajo.

- Bajos costos de lubricación: Los lubricantes adecuados, elaborados con los materiales de la más alta calidad, pueden permanecer en servi-- cio durante prolongados períodos de tiempo, reduciendo el consumo y - la reposición del lubricante, lo cual significa una importante redu-- cción en los costos de lubricación.

Para que un lubricante pueda funcionar como es correcto, éste debe llegar a la máquina en óptimas condiciones, por lo cual se debe poner especial atención al manejo y almacenamiento de los lubrican-- tes en la fábrica, ya que al tener métodos bien planeados para el almacenamiento y manejo de los mismos, se reducirán al mínimo las pér--

didas por escurrimientos o por descomposición que pueden ocurrir -- después de que los lubricantes llegan a la planta, pero antes de que se utilicen en las máquinas.

Finalmente, es importante el mencionar la gran importancia -- que tiene la correcta capacitación de los encargados de la lubricación en una planta industrial, ya que en base a ésta, se dará un correcto uso de las cartas de lubricación y de los lubricantes.

APENDICE I
TERMINOS COMUNMENTE EMPLEADOS EN LA LUBRICACION

A continuación se presentan los términos más comúnmente empleados en la lubricación:

- ABRASION: Desgaste general de la superficie dentada de un engrane en un tiempo relativamente corto. Generalmente ocurre por la presencia en el lubricante de materiales extraños tales como tierra, arena o partículas metálicas.

- ACEITE: Un líquido grasoso y untuoso de origen animal, vegetal, mineral o sintético.

- ACEITE COMUESTO: Aceite de petróleo al que se le ha añadido un aceite vegetal o animal.

- ACEITE DE CORTE: Fluido refrigerante que se usa en operaciones de corte, compuesto totalmente de aceite y aditivos.

- ACEITE DE FORMA: Es un aceite que se utiliza para lubricar formas de madera o de metal para concreto, a fin de evitar que el cemento se pegue a ellas.

- ACEITE FIJO: Término usado con frecuencia para describir un aceite que es difícil destilar sin que se descomponga. Generalmente se aplica a aceites grasos.

- ACEITE GRASO: Una grasa animal que es líquida a temperatura ambiente.

- ACEITE HIDRAULICO: Aceite especialmente adecuado para usarlo como medio de transmisión de potencia en equipo hidráulico.

- ACEITE NEGRO: Cualquier aceite lubricante de color oscuro que se usa en la lubricación de partes de maquinaria en condiciones de operación severas

- ACEITE PARA SERVICIO PESADO: Término que designa a un tipo de aceite que tiene la necesaria estabilidad ante la oxidación y las propiedades adecuadas para evitar la corrosión en los cojinetes, para hacerlo adecuado para usarse bajo condiciones de servicio pesado en motores tanto diesel como de gasolina.

- ACEITE SOLUBLE: Es un aceite mineral que contiene aditivos que le permiten mezclarse fácilmente con agua para formar una emulsión que se usa como fluido de corte.

- ESTABILIDAD QUIMICA: Es la tendencia de una sustancia a resistir los cambios químicos.

- FILTRACION DE FLUJO PLENO: Un sistema de filtración en el que el

flujo total de un sistema de circulación de fluido pasa a través de un filtro.

- FILTRACION DERIVADA: Sistema de filtrado por el cual sólo una parte del flujo total de un sistema circulatorio de fluido pasa a través de un filtro.

- FILTRO: Cualquier elemento o cuerpo poroso usado como colador para limpiar fluidos mediante la remoción de materia sólida en suspensión.

- FLUIDO: Clasificación genérica que incluye a líquidos y gases.

- FRICCION: Fuerza de resistencia que se encuentra en el límite común entre dos cuerpos cuando, bajo la acción de una fuerza, uno de los cuerpos se mueve en relación con la superficie del otro.

- FRICCION DINAMICA: Es la existente entre dos superficies en movimiento relativo.

- FRICCION ESTATICA: La fuerza que es apenas suficiente para iniciar un movimiento relativo entre dos cuerpos bajo carga.

- FRICCION FLUIDA: Fuerza debida a la viscosidad de los fluidos.

- GOMA: Un depósito pegajoso parecido al hule de color negro o café que resulta de la oxidación de lubricantes, los cuales se depositan durante el uso.

- GRASA: Lubricante compuesto de uno o varios aceites engrosados con uno o varios jabones, para hacerlo de consistencia sólida o semisólida.

- GRASA A BASE DE ALUMINIO: Grasa preparada con un aceite lubricante y un jabón de aluminio.

- GRASA A BASE DE CALCIO: Grasa preparada con un aceite lubricante y jabón de calcio.

- GRASA A BASE DE LITIO: Grasa preparada con un aceite lubricante y jabón de litio.

- GRASA DE BASE MIXTA: Grasa cuyo agente espesador es generalmente una mezcla de jabones de sodio y calcio, aunque pueden usarse otros.

- GRASA DE SODIO: Grasa preparada con aceite lubricante y jabón de sodio.

- INHIBIDOR: Cualquier sustancia que retarda o evita las reacciones químicas como la corrosión o la oxidación.

- LIQUIDO: Cualquier sustancia que fluya prontamente.

- LUBRICACION A ESTOPA: Sistema de lubricación en el que el lubricante se abastece con desperdicios de trapo o estopa.
- LUBRICACION A MECHA: Sistema de lubricación en el cual el lubricante se abastece por medio de una mecha (la mecha se impregna de aceite, y éste llega a la pieza a ser lubricada por capilaridad).
- LUBRICACION CENTRALIZADA: Sistema de circulación en el cual una cantidad de lubricante pasa por cojinetes o grupos de máquinas desde un punto central. Estos sistemas emplean bombas para hacer circular al aceite.
- LUBRICACION FORZADA: Sistema de lubricación en el que el lubricante se abastece por presión.
- LUBRICACION POR ANILLOS: Sistema de lubricación en el cual el lubricante se abastece por medio de anillos de bronce.
- LUBRICACION POR CADENA: Sistema de lubricación en el que se usa una cadena en forma semejante a los anillos de lubricación.
- LUBRICACION POR SALPIQUE: Sistema de lubricación en el cual las piezas de un mecanismo se sumergen en el lubricante salpicándolo hacia ellas mismas y/o otras partes del mecanismo.
- LUBRICADOR MECANICO: Dispositivo mecánico para abastecer de lubricante a varias piezas de un mecanismo. Con este dispositivo, el lubricante no es recirculado.
- LUBRICANTE: Cualquier sustancia interpuesta entre dos superficies en movimiento relativo con el fin de reducir la fricción y el desgaste entre ambas.
- LUBRICANTES E.P. (EXTREMA PRESION): Son los que imparten a las piezas que se rozan la capacidad de llevar cargas apreciablemente más altas de las que sería posible con lubricantes ordinarios sin desgaste o daño excesivo.
- LUBRICANTE SINTETICO: Es el que se produce por síntesis en lugar de por extracción o refinamiento.
- PEGAJOSO: Término descriptivo que se aplica a los lubricantes que son particularmente adherentes a las superficies metálicas.
- PUNTO DE CONGELACION: Es la temperatura más baja a la que puede fluir un lubricante.
- PUNTO DE GOTEIO: Es la temperatura en la que la grasa pasa de un estado semisólido a líquido.

- REFRIGERANTE: Fluido que se utiliza para remover calor.
- VISCOSIDAD: Propiedad de una sustancia fluida que la hace resis—
tir al flujo.

APENDICE II
TABLA DE EQUIVALENCIAS

TABLA DE EQUIVALENCIAS

TEXACO

| PEMEX | MOBIL | ESSO | QUAKER | ELF | SHELL |
|------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| NACIONAL TURBINAS 9 | DTE OIL LIGHT | ESSTIC 32 ML/TG | SPEED OIL LIGHT | HYDRELF 32 | TURBO OIL 37 |
| NACIONAL TURBINAS 11 | DTE OIL MEDIUM | ESSTIC 46 ML/TG | SPEED OIL MEDIUM | HYDRELF 46 | TURBO OIL 46 |
| NACIONAL TURBINAS 14 | DTE OIL HEAVY MEDIUM | ESSTIC 68 ML/TG | SPEED OIL HEAVY MED | HYDRELF 68 | TURBO OIL 68 |
| NACIONAL TURBINAS 19 | DTE OIL HEAVY | ESSTIC 98 ML/TG | SPEED OIL HEAVY | HYDRELF 98 | TURBO OIL 100 |
| NACIONAL TURBINAS 200 | DTE OIL EXTRA HEAVY | ESSTIC 130 ML/TG | SPEED OIL EXTRA HEAVY | HYDRELF 130 | |
| NACIONAL TURBINAS 200 | DTE OIL 99 | ESSTIC 200 ML/TG | SPEED OIL 00 | HYDRELF 190 | |
| NACIONAL 1200 | DTE OIL AA | ESSTIC 200 ML/TG | SPEED OIL 30 | HYDRELF 200 | |
| NACIONAL 1200 | | | SPEED OIL 77 | | |
| 7 | DTE OIL H4 | ESSTIC 46 ML/TG | SPEED OIL 99 | HYDRELF 400 | |
| N HIDRAULICO 8M-120 | DTE OIL M | AUTO H-32 | HIDRAULICO 19 | HYDRELF 32 | TELLUS OIL 32 |
| N HIDRAULICO 8M-200 | DTE OIL 30 | AUTO H-68 | | HYDRELF 46 | TELLUS OIL 46 |
| N HIDRAULICO 8M-300 | DTE OIL 30 | AUTO H-68 | HIDRAULICO 20 | HYDRELF 68 | TELLUS OIL 68 |
| N HIDRAULICO 8M-400 | | AUTO H-100 | | HYDRELF 90 | TELLUS OIL 100 |
| | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 90 | COMPOUND OIL ALFA | REDUCTELF 90 | OMALA OIL 90 |
| ENGRANES COMPLETOS 2A | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 120 | COMPOUND OIL BETA | REDUCTELF 120 | OMALA OIL 120 |
| ENGRANES COMPLETOS 2A | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 120 | COMPOUND OIL DELTA | REDUCTELF 220 | OMALA OIL 220 |
| ENGRANES COMPLETOS 4A | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 200 | COMPOUND OIL GAMMA | REDUCTELF 200 | OMALA OIL 200 |
| ENGRANES COMPLETOS 6A | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 400 | COMPOUND OIL SIGMA | REDUCTELF 400 | OMALA OIL 400 |
| ENGRANES COMPLETOS 7A | MOBIL GEAR 900 | MO GEAR OIL 600 | COMPOUND OIL DIAPHORA | REDUCTELF 600 | OMALA OIL 600 |
| | | | COMPOUND OIL OMEGA | REDUCTELF 1000 | OMALA OIL 800 |
| | | | | REDUCTELF 1900 | |
| ENGRANES COMPLETOS 8A | | | | | |
| | | | | | |
| ENGRANES COMPLETOS 10F | | | | | |
| N ESPECIAL VALVAB | 880 W SUPER CYL OIL | CYLSMO LE 880 | CYLINDER OIL 175 P | CYELF 880 | VALVATA J-80 |
| N 88P VAPOR INSTANT | EXTRA HECLA SUPER CYL | CYLSMO LE 1000 | CYLINDER OIL 200 P | CYELF 880 | VALVATA J-80 |
| N MINERAL VAPOR REC | Z HECLA SUPER CYL M | | CYLINDER OIL 225 M | CYELF 880-A | VALVATA 88 |
| N HURLLER AA | VELOCITE OIL 8 80 | SPHNEBO 18 | SPHNEK OIL 8 | SPHNEF 3 | TELLUS OIL 18 |
| N HURLLER 80 | VELOCITE OIL 8 80 | SPHNEBO 12 | SPHNEK OIL 8 | SPHNEF 18 | TELLUS OIL 18 |
| N HURLLER CC | VELOCITE OIL D 170 | SPHNEBO 22 | SPHNEK OIL 16 | SPHNEF 20 | TELLUS OIL 22 |
| | ALMO OIL 520 | | | | |
| NEUMOLUB 20 | ALMO OIL 527 | ARO 1 EA 100 | ROCK DRILL 220 | PERFORMA 120 | |
| NEUMOLUB 40 | ALMO OIL 532 | | ROCK DRILL 40 | PERFORMA 160 | |
| MOLINDE GARA 2 | MOBIL 8M 2 | EL CARTAN 2 | SUGAR COMPOUND 800 | ESSEL 200 M | NALA J-80 |
| MOLINDE GARA 2 | MOBIL 8M 2 | EL CARTAN 2 | SUGAR COMPOUND 600 | ESSEL 200 M | |
| POSTAC 2 | FLUORIN OIL 2 | WALLOOT 8-60 | STAYER OIL 22 | MOYVA G-70 | TORINA OIL 22 |
| POSTAC 2 | FLUORIN OIL 2 | WALLOOT 8-60 | STAYER OIL 00 | MOYVA G-70 | TORINA OIL 22 |
| TRONCA 20 | VELOCITE 200 | WALLOOT 8-220 | SPHNEK OIL 100 | | |
| | VELOCITE OIL 01 | | | | |

CO:

A continuación se presenta la tabla de equivalencias de aceites actualmente en el mercado, con base en la clasificación de Texaco.

10/11

BIBLIOGRAFIA

- Halliday David y Resnick Robert.
"Fundamentos de Física"
México, D.F.
Editorial C.E.C.S.A. 1984
- Porritt William y Litton John.
"Mantenimiento y Reconstrucción de Maquinaria"
México, D.F.
Editorial Hispano Europea 1983
- Rosaler Robert C., Rice James O.
"Manual de Mantenimiento Industrial"
Tomo V.
México, D.F.
Editorial Mc Graw Hill 1987.
- Libby C. Earl.
"Ciencia y Tecnología Sobre Pulpa y Papel"
México, D.F.
Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 1984
- SKF
"Manual de Mantenimiento y Recambio de Rodamientos"
Inglaterra 1977
- Papelera de Morelos, S.A.
"Curso de lubricación"
Apizaco, México 1985
- Mobil Oil
"Los Principios de la Lubricación Correcta en los Cilindros"
México D.F. 1987
- Mobil Oil
"Engranajes y su Lubricación"
México, D.F. 1987
- Mobil Oil
"Principios Básicos de la Lubricación"
México, D.F. 1987

- Mobil Oil

"Rodamientos y su Lubricación"

México, 1987

- Mobil Oil

"Manejo, Almacenamiento y Distribución de Lubricantes Industriales"

México, 1987