

**DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
LUBRICACIÓN AL TALLER TORNO Y TALLER TORNO FRESA DEL SENA
C.I.C. DE CARTAGENA.**

**ANDRES FERNANDO FRANCO CORENA
BEXNI AVILA CALDERA**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
MINOR DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL
CARTAGENA D.T.C.H.**

2004

**DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
LUBRICACIÓN AL TALLER TORNO Y TALLER TORNO FRESA DEL SENA
C.I.C. DE CARTAGENA.**

**ANDRES FERNANDO FRANCO CORENA
BEXNI AVILA CALDERA**

Monografía para optar al título de Ingeniero Mecánico

**Director
Ing. Alfonso Núñez
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
CARTAGENA D.T.C.H.**

2004

NOTA DE ACEPTACION

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

Cartagena, 22 de Octubre de 2004

Cartagena, 22 de Octubre de 2004

Señores:

CONSEJO DE EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO

Facultad de Ingeniería.

Programa de Ingeniería Mecánica.

Universidad Tecnológica de Bolívar

L. C.

Estimados Señores:

Con todo respeto me dirijo a ustedes para hacer entrega del trabajo de monografía del Minor en Mantenimiento Industrial realizado por los estudiantes ANDRES FRANCO CORENA y BEXNI AVILA CALDERA, el cual lleva por título **DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LUBRICACIÓN AL TALLER TORNO Y TALLER TORNO FRESA DEL SENA C.I.C. DE CARTAGENA**, como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

Cordialmente,

ANDRES FERNANDO FRANCO CORENA
Cod. 9903032

BEXNI AVILA CALDERA
Cod. 9803039

Cartagena, 22 de Octubre de 2004

Señores:

CONSEJO DE EVALUACION DE PROYECTO DE GRADO

Facultad de Ingeniería.

Programa de Ingeniería Mecánica.

Universidad Tecnológica de Bolívar

L. C.

Estimados Señores:

Con todo respeto me dirijo a ustedes para comunicarles que he dirigido a satisfacción de los interesados la monografía del Minor en Mantenimiento Industrial realizado por los estudiantes **ANDRES FRANCO CORENA** y **BEXNI AVILA CALDERA**, la cual lleva por título **DISEÑO DE PROGRAMA DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LUBRICACIÓN AL TALLER TORNO Y TALLER TORNO FRESA DEL SENA C.I.C. DE CARTAGENA.**

Lo anterior es con el fin de hacer entrega formal del mismo y sea sometido a su respectiva evaluación.

Cordialmente,

ALFONSO NUÑEZ
Ing. Mecánico
Director

Cartagena De Indias D.T. y C.

Lunes, Diciembre 6 de 2004

Yo **ANDRÉS FERNANDO FRANCO CORENA**, identificado con Cédula de Ciudadanía número 73.183.747 de la ciudad de Cartagena, autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR** a hacer uso de mi monografía y publicarlo en el catálogo ON LINE de la Biblioteca.

Andrés Fdo. Franco C.
ANDRÉS FERNANDO FRANCO CORENA
C.C. 73.183.747 de C/gena

NOTARIA SEGUNDA DEL CIRCULO DE CARTAGENA

En Cartagena a 06 DIC. 2004

Ante el Suscrito Notario, compareció (ron) Andrés Fernando Franco Corena

Y dijo (eron) que reconoce (n) como suya (s) la (s) firma (s) estampada (s) en el anterior documento así como el contenido del mismo.



Andrés Fdo Franco C.
73183747 de C/gena

ANDRES FERNADO FRANCO CORENA

*A Dios, por ser quien me ilumina cada día
y no me abandona en las buenas ni en las malas.
A toda mi familia, especialmente a mis padres por
ser ellos las personas que nunca se cansarán de
procurar que yo sea una excelente persona.
A Julieth, por ser mi fiel compañera en todos
estos años de estudio y ser un ejemplo
de entrega y superación para mí.
Tú eres mi inspiración.*

BEXNI AVILA CALDERA

*A mi sol de cada mañana, el Dador de la Vida,
gracias por soñar conmigo y tener un propósito para mí.
Papi, Mami, gracias por dejarse usar por Dios
para hacer realidad este sueño y tener paciencia.
A mis hermanos Agustín y Yesid por estar siempre conmigo.
A mis amigos que son más que hermanos y como
hermanos más que amigos.
A todos los King's Kids que me inspiran
y yo inspiro.*

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

Al SENA C.I.C., especialmente al SR. SALVADOR ESPITIA, coordinador académico, por darnos vía libre en la realización de este proyecto. A los instructores FIDEL TORRES y JULIO MEDRANO quienes dispusieron su tiempo y atención cuando los necesitamos.

Al ING. ALFONSO NUÑEZ por su calidad de persona, dedicación y ánimo al momento de impartirnos los conocimientos adquiridos a lo largo de su vida profesional.

De forma muy especial y con nuestro más profundo cariño, al ING. ASCANIO FERREIRA BARRETO por su incansable colaboración para con nosotros a lo largo de la realización de este proyecto. Sin su apoyo y empuje hubiese sido bastante complicado lograr alcanzar esta meta.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un programa de mantenimiento centrado en lubricación, en busca de garantizar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos y máquinas del Taller Torno y Taller Torno Fresa del SENA C.I.C., optimizando el manejo del presupuesto asignado para estas labores.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Estudiar los fundamentos de Tribología y Lubricación dentro de los programas de mantenimiento.
- Identificar los modos de fallas centrados en lubricación de los equipos a analizar.
- Diseñar las estrategias de mantenimiento a seguir por el SENA C.I.C. al Taller Torno y Taller Torno Fresa.

JUSTIFICACION

Actualmente el SENA C.I.C. no cuenta con políticas organizadas, programas y estrategias de mantenimiento centrado en lubricación para sus equipos y máquinas.

La falta de un programa de mantenimiento en Lubricación tiene incidencia directa sobre el mismo equipo y sobre la organización, esto es, disminución de la vida útil, bajo control de los costos de mantenimiento, baja disponibilidad del equipo y poca

confiabilidad en la operación del mismo, trayendo resultados negativos sobre la calidad de los procesos y en la educación.

Con este trabajo se busca desarrollar una herramienta para la administración del mantenimiento en post de la mejora del funcionamiento de los equipos, para que los operarios del SENA C.I.C. sean más eficientes en los procesos productivos a través de un buen programa de mantenimiento centrado en una lubricación correcta y a su vez proponerlo para ser implementado.

METODO DE INVESTIGACION

DESCRIPTIVA, buscando la recopilación y adecuación del conocimiento.

RECURSOS

- **HUMANOS:** Consultas con el profesor de la asignatura, profesionales en el campo con experiencia en mantenimiento de equipos con principios basados en la lubricación.
- **DOCUMENTALES:** Textos acerca de la materia estudiada y otras afines, y apartes proporcionados por el profesor de la asignatura para dar énfasis en la importancia de los temas.
- Equipos de las instalaciones de SENA C.I.C. de Cartagena.
- **EQUIPOS E INSTRUMENTOS:** Computador para recopilar la información y la presentación de esta.

RESUMEN

El SENA Centro Industrial y de la Construcción está comprometida con el mejoramiento continuo de las prácticas que se desarrollan dentro de la institución; es así como desarrollar un programa de mantenimiento centrado en lubricación, otorgando la información necesaria para el mismo, constituye una herramienta valiosa para alcanzar la efectividad en los procesos, el cuidado de los equipos y el control sobre los costos de mantenimiento.

Los conceptos básicos de tribología y lubricación son esenciales para desenvolvimiento del personal encargado de lubricación, pues estos justifican sus acciones y recomendaciones bajo un soporte técnico y tecnológico que cubre esta ciencia.

La homologación de los lubricantes aplicados a los equipos de los talleres de Torno y Torno Fresa, así como el establecimiento de las frecuencias de cambio y servicio, constituyen una base para el ahorro de los costos de mantenimiento y del control sobre los mismos.

Una vez implementado el programa propuesto en los dos talleres analizados, servirá de base para su implementación en todos los talleres y aún, se puede presentar dentro de los programas de formación que el SENA ofrece.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
BENEFICIOS PROPUESTOS	2
1 SENA CENTRO INDUSTRIAL Y DE LA CONSTRUCCION C.I.C.	3
1.1 RESEÑA HISTÓRICA	3
1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	5
1.2.1 Nivel Nacional	5
1.2.2 Nivel Regional	6
1.2.3 Nivel Local	7
1.3 FUNCIONES DEL SENA	8
1.4 PRINCIPIOS CORPORATIVOS DEL SENA	10
1.4.1 Visión	10
1.4.2 Misión	11
1.4.3 Naturaleza	11
1.4.4 Objetivos	11
2. MANTENIMIENTO	13
2.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	13
2.2 CONCEPTOS BÁSICOS	14
2.2.1 Disponibilidad	14
2.2.2 Confiabilidad	15
2.2.3 Mantenibilidad	15
2.3 LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO	15
2.3.1 Fijación de objetivos	16
2.3.2 Planeación	17
2.3.3 Organización y ejecución	17
2.3.4 Dirección	17
2.3.5 Control	18
2.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO	18
2.4.1 Mantenimiento Correctivo	19
2.4.2 Mantenimiento Preventivo	19
2.4.3 Mantenimiento Predictivo	19
2.5 NIVELES DEL MANTENIMIENTO	20
2.5.1 Nivel I	21
2.5.2 Nivel II	21
2.5.3 Nivel III	22
2.5.4 Nivel IV	22
2.5.5 Nivel V	23
3. TRIBOLOGIA Y LUBRICACION	24
3.1 FRICCIÓN	24

3.1.1	Tipos de fricción externa	25
3.1.2	Estados de fricción	25
3.1.3	Fuerza de fricción	27
3.1.4	Coeficiente de fricción	28
3.1.5	Factores que condicionan la fricción	30
3.1.6	Formas de reducir la fricción	30
3.2	DESGASTE	30
3.2.1	Tipos de desgaste	31
3.2.2	Problemas ocasionados por el desgaste	33
3.2.3	Formas de reducir el desgaste	33
4.	LUBRICANTE	34
4.1.	CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA LUBRICANTE	34
4.2	FACTORES QUE AFECTAN LA LUBRICACIÓN	35
4.3	CLASES DE LUBRICANTES	36
4.3.1	Gases	36
4.3.2	Líquidos	36
4.3.3	Semisólidos	36
4.3.4	Sólidos	36
4.4	FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES	37
4.4.1	Funciones primarias	37
4.4.2	Funciones secundarias	37
4.5	SELECCIÓN DEL LUBRICANTE	38
4.6	FACTORES QUE AFECTAN LA ACCIÓN DEL LUBRICANTE	39
5.	ACEITES LUBRICANTES	40
5.1	FABRICACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES	40
5.1.1	Bases lubricantes	41
5.1.2	Aditivos	42
5.2	LUBRICANTES COMPUESTOS O COMPOUND	46
5.3	FLUIDOS IGNÍFUGOS	47
5.4	LUBRICANTES DE PELÍCULA SÓLIDA	48
5.5	LUBRICANTES ASFÁLTICOS	48
5.6	ACEITES SOLUBLES EN EL MECANIZADO DE METALES	49
5.6.1	Ventajas de la emulsión	49
5.6.2	Recomendaciones para evitar la contaminación y degradación el aceite soluble	50
6.	GRASAS LUBRICANTES	51
6.1	ESPEADORES	52
6.2	ACEITE BASE	52
6.3	CONSISTENCIA DE LAS GRASAS	53
6.4	PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA GRASA	53
7.	SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN ACEITES INDUSTRIALES Y AUTOMOTORES	55
7.1	LUBRICANTES INDUSTRIALES	55
7.1.1	Sistema ISO	55
7.1.2	Sistema AGMA	57

7.1.3	Sistema ASTM	57
7.2	LUBRICANTES AUTOMOTORES	59
7.2.1	Sistema SAE	59
7.2.2	Clasificación API	61
8.	LUBRICANTES SINTÉTICOS	62
9.	PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS LUBRICANTES	64
9.1	PROPIEDADES FÍSICAS	64
9.2	PROPIEDADES TÉRMICAS	65
9.3	PROPIEDADES QUÍMICAS	66
9.4	PROPIEDADES SUPERFICIALES	68
9.5	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS GRASAS	68
10.	ALMACENAMIENTO, MANEJO Y USO DE LOS LUBRICANTES	70
11.	ASPECTOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN LA LUBRICACIÓN DE UNA PLANTA	71
12.	PRINCIPALES MODOS DE FALLA EN LUBRICACION	73
12.1	ENGRANAJES	73
12.2	MAQUINADO DE METALES	73
12.3	SISTEMAS HIDRÁULICOS	74
13.	ANÁLISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL SENA	75
14.	PROPUESTA PRÁCTICA DE LUBRICACION	77
14.1	DIEZ FASES DE LA LUBRICACION	78
14.2	CODIFICACION DE EQUIPOS	79
14.3	FICHAS DE LUBRICACION	85
14.4	FORMATOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	90
14.5	CARTAS DE LUBRICACION	98
14.6	PROPUESTA DE PROGRAMA DE CAPACITACION	111
14.7	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	111
14.7.1	Análisis de aceites	111
14.7.2	Lubricantes usados	120
15.	CONCLUSIONES	123
	BIBLIOGRAFIA	125
	ANEXOS	126

INDICE DE TABLAS

	Pág.	
TABLA 2.1	Ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento	19
TABLA 3.1	Coefficientes de fricción estáticos y por deslizamiento	28
TABLA 5.1	Clasificación del Índice de Viscosidad de las bases parafínicas y nafténicas	43
TABLA 5.2	Variación del coeficiente de fricción en función del porcentaje de ácido graso	47
TABLA 5.3	Coefficientes de fricción de algunos lubricantes de película sólida	48
TABLA 6.1	Coefficiente de fricción fluida de diferentes tipos de grasas y del aceite base, en ensayos efectuados a 38°C	51
TABLA 6.2	Clasificación ASTM y consistencia NLGI	53
TABLA 7.1	Clasificación de la viscosidad en el Sistema ISO	56
TABLA 7.2	Rangos mínimo y máximo de la viscosidad en el Sistema AGMA	57
TABLA 7.3	Rangos mínimos y máximo de la viscosidad en el Sistema ASTM	58
TABLA 7.4	Aceites unígrados para motores de combustión interna (Clasificación SAE J300)	59
TABLA 7.5	Clasificación de los aceites multigrados	60
TABLA 7.6	Viscosidad de los aceites para engranajes automotores Según la norma SAE J306 C	60
TABLA 7.7	Especificaciones API para los aceites de engranajes automotores	61
TABLA 13.1	Lubricantes recomendados por los manuales de los equipos de los Talleres Torno y Torno Fresa del SENA C.I.C.	76
TABLA 14.1	Resumen de lubricantes propuestos	77
TABLA 14.2	Análisis de lubricantes recomendados para reductores y sistemas hidráulicos	120

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1.1 Estructura organizacional del Centro Industrial y de la Construcción	9
FIGURA 14.1 Punto de muestreo en un sistema hidráulico	117
FIGURA 14.2 Punto de muestreo de un reductor	118

LISTA DE ANEXOS

		Pág.
ANEXO A	CÓDIGO INTERNACIONAL DE COLORES PARA IDENTIFICACIÓN DE LUBRICANTES	127
ANEXO B	FRECUENCIAS APROXIMADAS DE LUBRICACIÓN	128
ANEXO C	SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS PARA ESPECIFICACIÓN DE FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	129
ANEXO E	PETRÓLEO	130
ANEXO F	CARTA DE CONVERSIÓN DE LA VISCOSIDAD A CUALQUIER TEMPERATURA	132

INTRODUCCIÓN

El SENA Centro Industrial y de la Construcción de Cartagena está interesada en fortalecer sus prácticas de mantenimiento con programas actualizados a las necesidades propias de sus instalaciones. Con el diseño del programa de mantenimiento centrado en lubricación se dan los elementos requeridos para administrar el mantenimiento de los equipos de las instalaciones, esto representará aumento en la confiabilidad y disponibilidad, incremento de la vida útil y disminución de los costos de mantenimiento, repercutiendo directamente en el presupuesto asignado a la institución.

Uno de los aspectos que repercute significativamente en los altos costos de mantenimiento de una empresa es el mal manejo en políticas de lubricación, porque no se usan lubricantes que puedan hacer más eficiente la operación del equipo, no se lleva a cabo la lubricación de una manera organizada de acuerdo a un plan de lubricación correcta y no se cuenta con la suficiente capacitación en el tema. Por lo tanto el departamento de mantenimiento del SENA C.I.C. debe darle prioridad al programa de lubricación con el fin garantizar la operación óptima de los equipos y el aumento de su vida útil, todo esto con el fin de lograr una mayor productividad de los mismos y aumentar la calidad de los procesos.

Al lubricar de una forma adecuada se busca que el equipo opere correctamente, que haya un mejor movimiento de las piezas y que estas se protejan del desgaste, al tiempo que se ahorra energía.

PROGRAMA DE LUBRICACION

BENEFICIOS PROPUESTOS

Al proponer este programa de mantenimiento centrado en lubricación se busca conseguir los siguientes beneficios que llenarán las expectativas de un buen programa de mantenimiento:

- Completo control sobre los costos de lubricación
- Menor cantidad de repuestos.
- Menores costos de compras de lubricantes
- Menores costos de mano de obra en tareas de lubricación.
- Desarrollo de programas de capacitación a instructores y encargados de lubricación.
- Aumento de la vida útil del equipo debido a la protección al desgaste de las piezas al aplicar correctamente el mantenimiento preventivo.
- Incremento en la calidad de los procesos.
- Mayor productividad de los equipos.
- Mayor conservación del medio ambiente.

1. SENA CENTRO INDUSTRIAL Y DE LA CONSTRUCCION C.I.C.



1.1 RESEÑA HISTÓRICA

La crisis económica de la década del 30 y la segunda Posguerra, giraron la producción económica de Colombia, de ser un país exportador de materias primas e importador de manufactura y productos industriales, hacia una política de producción interna para impulsar el desarrollo de la Industria Nacional.

Lo anterior motivó que el país detectara la urgente necesidad de formar mano de obra calificada y por ello, en 1954 el Ministerio de Trabajo, funda el Instituto de Capacitación Obrera con Sede en la Ciudad de Medellín.

Este proceso, producto del desarrollo de la industria que se estaba generando, exigió cada vez un mayor nivel de capacitación de los trabajadores tanto los ya vinculados como los nuevos que demandaba el mercado laboral, razón por la cual el Gobierno, los industriales y trabajadores coincidieron en la tarea de crear y

estructurar una institución de carácter nacional, que liderara la promoción del recurso humano mediante la formación profesional y asesoría técnica, a nivel nacional. Fue así como en el año 1957 y mediante el decreto 118 se creó el SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE (SENA) y con ello, se dio inicio a la consolidación de un espacio óptimo para pasar de una estructura con vocación eminentemente agraria, hacia una que comenzaba a dar sus primeros pasos a la industrialización por la vía del proteccionismo.

El impacto de la globalización de la economía le ha permitido al SENA determinar algunos ajustes necesarios que deben hacerse a mediano y largo plazo de tipo administrativo y de política, indispensables para impulsar y dinamizar sus acciones en el siglo XXI. Es así como en el año 1994 se aprueba en el Congreso de la República la Ley 119, en la cual el nuevo SENA debe consagrarse fundamentalmente en la operacionalización de la formación técnica y tecnológica a nivel postsecundario, de tal suerte que garantice una formación de calidad a sus egresados.

Hoy, el reto del SENA está en la reestructuración y construcción de futuros escenarios en los centros productivos que conforman la educación técnica del país, para que integrado con el sistema de educación formal e informal, se construya el modelo de desarrollo profesional del factor humano competente y acorde a los requerimientos exigidos por el desarrollo tecnológico de Colombia.

Las regionales en su mayoría también fueron creadas en 1957 y por ello, la regional Bolívar inició la ejecución de acciones de formación profesional, con recursos de construcción y ventas dirigidas a satisfacer necesidades de capacitación de la comunidad cartagenera de aquel entonces.

Más tarde, hacia 1961 cuando ya finalizaba la construcción y adecuación de las obras civiles del hoy denominado Centro Industrial de la Construcción (C.I.C.), se

comenzó a recibir y a montar las primeras máquinas herramientas (tornos paralelos, fresadoras universales, motores de combustión interna, equipos de soldaduras y taladros entre otros) y con ello, la conformación de los distintos talleres que darían respuesta a la capacitación de la mano de obra calificada en especialidades que demandaban las empresas de la época. Fue entonces a partir de 1962 cuando el Centro Industrial de la Construcción inició la ejecución de acciones de formación profesional en especialidades tales como: mecánica automotriz, soldadura eléctrica y torno. En la actualidad el centro más que un espacio físico es una unidad administrativa y operativa básica de programación y desarrollo del proceso de la formación profesional integral, en las modalidades y modos de atención que guían el objeto social del SENA y que articulado siempre con la realidad dada por el entorno empresarial y demanda social, continuará su labor de: transferir tecnología de utilización inmediata al sector productivo, participar en proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico y la de orientar la creatividad de los trabajadores de la región y su zona de influencia.

1.2 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

1.2.1 Nivel Nacional

Su estructura organizacional es piramidal y está conformada por:

- Un Consejo Directivo Nacional: se encarga de definir y formular la política general, los planes y los programas de la entidad, así como determina la organización interna y la creación de los cargos de la Dirección General y de las regionales.
- Dirección General: dirige, coordina y controla las funciones administrativas y técnicas de la entidad, ejecuta, supervisa y evalúa los planes y los programas aprobados por el Consejo Directivo Nacional.

- Cinco Direcciones: de formación profesional, sistema de formación profesional, regionales y seccionales, empleo, promoción y cooperación técnica y la Administrativa y financiera.
- Oficina Jurídica, Oficina de Control y Secretaría General.

La organización está conformada por un total de ciento once (111) centros de formación, veinte (20) regionales, cinco (5) seccionales y la dirección general, que soportados bajo el enfoque de planeación estratégica, los cuatro mil setenta y cinco (4.075) funcionarios administrativos y de apoyo, conjuntamente con los cuatro mil quinientos sesenta y nueve (4.569) instructores de planta, racionalizan los esfuerzos para la ejecución de la formación profesional integral de un millón seiscientos nueve (1'000.609) trabajadores, alumnos matriculados.

1.2.2 Nivel Regional

El SENA cuenta con Regionales con el propósito de facilitar la prestación de los servicios en todo el territorio nacional.

La estructura organizacional de la Regional Bolívar, está compuesta por:

- El Consejo Regional: que dirige y administra los planes y programas de la regional acorde a los planteamientos trazados en los programas nacionales de la institución.
- Dirección Regional: Administra, coordina y vela por la ejecución de las actividades del SENA dentro de su jurisdicción.
- Subdirección de Formación Profesional y Empleo: que asiste al director Regional en el diseño de políticas, planes y programas, dirige y controla en

coordinación con las demás dependencias regionales, la ejecución y evaluación de programas y convenios de formación profesional para las distintas especialidades.

- Subdirección Administrativa y Financiera: asesora a la dirección general en el diseño de políticas y planes de carácter regional para la provisión, utilización y control de los recursos físicos y financieros.
- Grupos de Apoyo: Grupo Jurídico, Oficina de Planeación, Secretaria General y un Comité de Dirección.

Por otra parte, la regional Bolívar participa con ciento quince funcionarios administrativos y de apoyo, ciento sesenta y ocho (168) instructores, planta que atiende un promedio de cincuenta mil doscientos (50.200) alumnos matriculados en las modalidades de: formación en centros, formación en las empresas, formación fuera de sede, eventos de divulgación y servicios tecnológicos a través de sus unidades operativas.

1.2.3 Nivel Local

El Centro Industrial y de la Construcción es una unidad operativa que imparte formación profesional en varias especialidades que corresponden a uno o más sectores económicos.

La estructura organizacional del Centro Industrial, está conformada por:

- Un Jefe de Centro: que dirige, coordina y controla la ejecución de las actividades de la formación profesional integral de acuerdo al portafolio de servicios.

- Dos coordinaciones académicas: fuera de sede y la de electromecánica - metalmecánica, que programan y concretan las acciones de formación profesional con el sector productivo (empresas) y la demanda social.

Cuenta con una planta de ciento un (101) funcionarios distribuidos así: uno (1) Jefe de Centro, treinta y ocho (38) administrativos y de apoyo y setenta y dos (72) instructores. El centro proyecta atender un total de diez mil doscientos trece (10.213) trabajadores alumnos en el año 2000.

1.3 FUNCIONES DEL SENA

Las funciones de la Institución entre otras, son las siguientes:

- Impulsar la promoción social de los trabajadores a través de su formación profesional integral, poseedor de valores morales éticos y ecológicos.
- Velar por el mantenimiento de los mecanismos que aseguren el cumplimiento de las disposiciones legales y reglamentarias, relacionadas con el contrato de aprendizaje.
- Organizar, desarrollar, administrar y ejecutar programas de formación profesional integral, en coordinación y en función de las necesidades sociales y el sector productivo.
- Crear y administrar un sistema de información sobre oferta y demanda laboral.

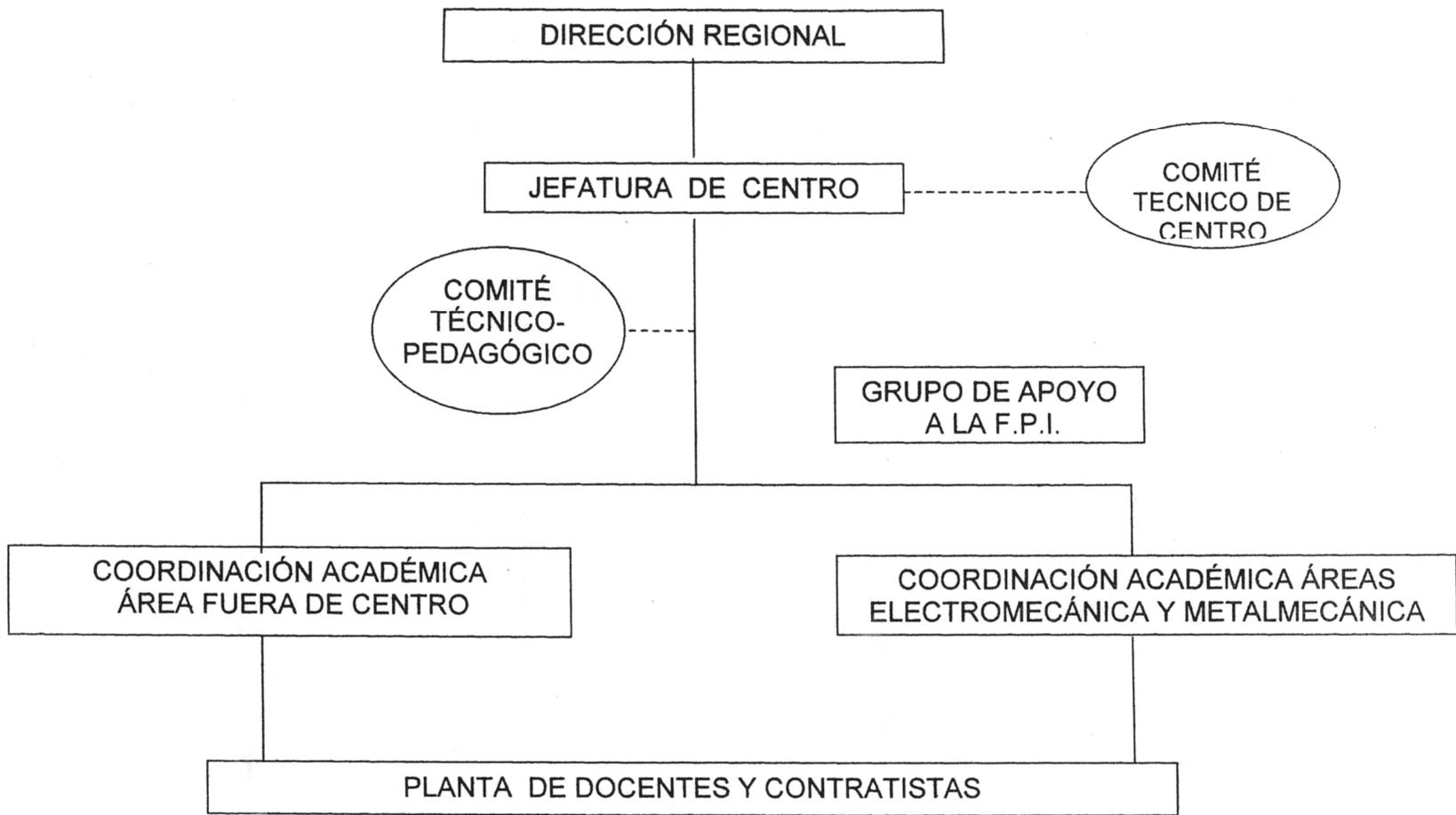


FIGURA 1.1 Estructura organizacional del Centro Industrial y de la Construcción

- Expedir títulos y certificados de los programas y cursos que imparta o valide, dentro de los campos propios de la formación profesional integral, en los niveles que las disposiciones legales le autorice.
- Desarrollar investigaciones que se relacionen con la organización del trabajo y el avance tecnológico del país, en función de los programas de formación profesional.
- Diseñar, promover y ejecutar programas de formación profesional para sectores desprotegidos de la población.
- Organizar programas de formación profesional integral para personas desempleadas, subempleadas y programas de readaptación profesional para personas discapacitadas.
- Prestar servicios tecnológicos en función de la formación profesional integral, cuyos costos serán cubiertos plenamente por los beneficiarios, siempre y cuando no afecte la oferta de los programas de formación profesional.

1.4 PRINCIPIOS CORPORATIVOS DEL SENA

Generalizando, los principios corporativos que rigen a la institución a partir de la Ley 119 de 19945 son los siguientes:

1.4.1 Visión

El Servicio Nacional de Aprendizaje busca liderar el Sistema Nacional de formación profesional con el propósito de potenciar las capacidades técnicas, intelectuales, físicas y humanas del alumno, para que a través de la construcción y apropiación de conocimientos, creatividad y participación genere y asuma valores

para la realización personal y su eficaz desempeño productivo en el país e internacionalmente.

1.4.2 Misión

El Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, está encargado de cumplir la función que le corresponde al estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos; ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país.

1.4.3 Naturaleza

El Servicio Nacional de Aprendizaje es un establecimiento público de orden nacional, con personería jurídica, patrimonio propio e independiente, y autonomía administrativa, adscrito al Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

1.4.4 Objetivos

Para el logro de los propósitos fundamentales es necesario que el SENA asuma y cumpla los objetivos básicos y específicos que soportan la misión de la organización. Entre otros se resaltan:

- Brindar formación atendiendo los principios de democratización, es decir, a los trabajadores de todas las actividades económicas y a quienes sin serlo requieran de ella, proporcionando así el aumento de la productividad nacional y promoviendo el desarrollo económico y social del país en un marco de armonía y seguridad social redistributiva.
- Fortalecer los procesos de formación profesional integral que contribuyan al

desarrollo comunitario a nivel urbano y rural, para su vinculación o promoción en actividades productivas de interés social y económico.

- Apropiar métodos, medios y estrategias dirigidos a la maximización de la cobertura y calidad de la formación profesional integral.
- Participar en actividades de investigación y desarrollo tecnológico, ocupacional y social que contribuyan a la actualización y mejoramiento de la formación profesional integral.

2. MANTENIMIENTO

Mantenimiento es una combinación de acciones técnicas y administrativas destinadas a retener o restaurar un activo en un estado en que pueda desempeñar su función dentro de unos parámetros permitidos de eficiencia, costo, seguridad y el cuidado ambiental. El mantenimiento se necesita hacer para preservar los requerimientos funcionales, prevenir fallas prematuras y mitigar las consecuencias de falla, solamente si es técnicamente apropiado, factible de realizar y justificable económicamente.

2.1 IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

El concepto de mantenimiento está totalmente relacionado con la confiabilidad, esa es la esencia de esta actividad, la confiabilidad en que a planta funcionará continuamente sin paradas indeseadas con las consecuentes pérdidas económicas. Un equipo que opera en forma segura, funcional y mantiene una buena apariencia da beneficios económicos y permite mantener una productividad real a la empresa.

Toda empresa busca tener un departamento de mantenimiento cuya función sea cumplida la optimización de los recursos humanos, económicos, físicos, administrativos y técnicos. Dicho de otra manera que produzca mucho y pida poco.

Desde el mismo diseño de los equipos se debe contemplar el mantenimiento. La vida útil y el tiempo promedio entre fallas es una consideración muy importante para tener en cuenta. El costo inicial de un equipo no debe ser el determinante para su adquisición, pero un estudio formal y detallado sobre los costos de compra

y de mantenimiento durante su ciclo de vida, darán un excelente información para poder escoger la mejor alternativa, ahorrándose gastos inesperados a lo largo de su vida útil. No siempre la opción de compra más barata será la más económica a lo largo del tiempo de uso de una máquina.

La vida útil representa el periodo de tiempo que trabajará en forma eficiente una máquina. Hay un punto a partir del cual mantenerla en operación representa un gasto superior a los beneficios que se obtienen. Mas adelante en el capítulo sobre Organización del Mantenimiento se hablará un poco más sobre lo concerniente a la adquisición de equipos.

Administrar un buen mantenimiento es toda una empresa donde el Jefe debe gerenciar los recursos, optimizar su utilización, planear cada actividad crear los mecanismos de supervisión y control, crear los medios de retroalimentar el proceso y sobretodo crear una clara conciencia sobre la importancia de su actividad a todos los niveles de la organización.

2.2 CONCEPTOS BÁSICOS

2.2.1 Disponibilidad

Al referirnos a una máquina tiene que ver con la relación de tiempo que está operando o en capacidad de hacerlo en condiciones seguras comparado con el tiempo total, Como un ejemplo podemos decir que la disponibilidad de la máquina empastadora de libros fue del 75% en el mes de junio del año 2000. Quiere decir que estuvo un 25% del tiempo mensual en mantenimiento o reparaciones.

También se aplica el término Disponibilidad a la capacidad técnico administrativa de tener en existencia un material (repuesto o insumo), listo para su uso o en el

lugar y el momento oportuno. Por ejemplo: la reparación del motor se hizo tiempo récord gracias a la *disponibilidad* de los repuestos en la bodega general.

2.2.2 Confiabilidad

Probabilidad de que un equipo o sistema no falle dentro del tiempo y condiciones de operación previstas. Su valor se da relacionado con un nivel confianza. Los motores MTU tienen una confiabilidad muy alta, llegando casi al cien por ciento. Quiera decir que son motores que en condiciones normales difícilmente presentarán fallas o daños. Se puede concluir que es el grado de seguridad de que algo funcione vaya a funcionar de acuerdo con lo esperado.

2.2.3 Mantenibilidad

Es la probabilidad de que a un equipo o sistema se le pueda dar el mantenimiento planeado en su diseño, incluyendo materiales, tiempo y mano de obra. Dicho de otra forma es la economía y la facilidad para dar mantenimiento. Se busca que sea en el menor tiempo posible, con el mínimo de materiales y con la menor y menos calificada mano de obra. Se dice que la *mantenibilidad* es alta cuando el mantenimiento requerido por la máquina es mínimo, obteniéndose una excelente economía. Los motores Caterpillar tienen un alto grado de mantenibilidad, ya que los repuestos son pocos y económicos, se hacen en poco tiempo y con personal del nivel básico de entrenamiento.

2.3 LA GERENCIA DE MANTENIMIENTO

Los principios fundamentales de la administración y la gerencia son universales y datan de mucho tiempo atrás, la realidad es que su estudio es relativamente reciente. El hombre de las cavernas era en sí un administrador y eso podía verse en los clanes donde el líder del grupo planeaba la consecución de los elementos

básicos para la subsistencia del grupo, organizaba las diferentes actividades y la distribución de las responsabilidades a cargo de cada miembro, de tal manera que buscaba contar con un buen recurso humano de manera que quería los mejores cazadores, los mejores recolectores, ejercía su labor de dirección y finalmente la de control para evitar conflictos y disputas, evitando desviaciones de los objetivos y asegurándose una apropiada distribución de lo conseguido.

Los principios básicos de la Gerencia de pueden resumir en: Fijación de objetivos, planeamiento, organización y ejecución, dirección y por último control. El hombre los ha utilizado a través de los años en miles de proyectos, y si bien en el inicio de su aplicación fue algo instintivo y natural, hoy en día es una necesidad de toda actividad organizada. Los estudios e investigaciones han dado las herramientas para una adecuada implementación de manera eficiente y con el claro propósito de lograr los resultados esperados.

2.3.1 Fijación de objetivos

Los objetivos son el norte de toda actividad, indican a donde se quiere llegar y permiten que exista una unidad de intereses dentro de los diversos niveles de la organización. Definir objetivos en ocasiones no es una labor sencilla pero compete directamente al nivel gerencial hacerlo. Para esto el gerente de mantenimiento debe basarse en el plan estratégico de su empresa, determinando claramente las tareas que dentro de cada estrategia e haya fijado la gerencia general en procura de los objetivos propuestos y las metas planeadas.

El conocimiento claro de las fortalezas y debilidades de la Empresa así como las amenazas y oportunidades del entorno, influyen la gestión de mantenimiento y por ello deben ser claramente determinadas y conocidas, esto ayudará muchísimo al logro de los objetivos.

2.3.2 Planeación

Es el procedimiento organizado que permitirá programar el cumplimiento de los objetivos mediante una acertada utilización de los recursos en poder del gerente. El planeamiento debe dar respuestas a las típicas preguntas. ¿Qué hacer? ¿Cómo hacerlo? ¿Cuándo hacerlo? ¿Con qué? ¿Para qué?

Involucra un ejercicio mental importante y cuidadoso, en el cual o se deben ahorrar *esfuerzos en* la búsqueda de información, en consultar con los especialistas, operarios y técnicos, en analizar los costos, en la conformación de grupos asesores, en permitir la lluvia de ideas y finalmente el uso de herramientas importantes de programación para la determinación de tiempos, holguras y ruta crítica.

2.3.3 Organización y ejecución

Es la fase en donde se lleva a la realidad el proceso de planeación para lo cual se requiere organizar los grupos de trabajo y operacionalizar el proyecto. Cuando la planeación ha sido rigurosa y detallada esta fase se desarrolla de manera muy sencilla ya que con anterioridad se han tenido en cuenta dos los factores que intervienen.

La experiencia previa es fundamental para reducir los esfuerzos. El inicio de todo proyecto o trabajo de alto nivel presenta dificultades que se van superando en la medida en que se vayan integrando los grupos para su realización y se consoliden los procedimientos y la metodología de trabajo.

2.3.4 Dirección

La labor gerencial dentro de la gestión de mantenimiento es permanente. El

gerente debe crear los mecanismos adecuados para garantizar que durante el desarrollo de todo el proyecto exista una acertada dirección. La selección de personal es fundamental para lograr que se cuente con personas muy capacitadas y con aptitudes hacia liderazgo muy definidas. La comunicación juega un papel muy importante entendiéndose que debe ser en todas direcciones.

2.3.5 Control

Es el método o procedimiento que permite a la gerencia comprobar la correlación entre lo programado y lo ejecutado, está estrechamente relacionado con la planeación, ya que precisamente con el control se logra verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos. El control en si mismo no representa producción, pero si garantiza que se tenga una visión oportuna del desarrollo de las actividades y a la vez permite detectar en su debido momento los errores, las desviaciones del objetivo o una deficiente calidad, de manera que se puedan tomar los correctivos del caso.

El proceso de control se basa en la medición de los resultados mediante indicadores claramente definidos. Con este fin durante la fase de planeamiento es importante determinar como se evaluará cada actividad o grupo de estas.

Se busca controlar la calidad de los trabajos, su adecuada ejecución, la oportuna realización, el tiempo empleado y los recursos utilizados. De esta manera se logrará la eficiencia propia de una Gerencia organizada.

2.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Se agrupa en tres clases principales y su aplicación depende de varias consideraciones, así mismo también tiene ventajas, desventajas y diferencias en sus costos.

2.4.1 Mantenimiento Correctivo

Se define como aquel que se realiza cuando las fallas han ocurrido no se puede prever cuando ocurrirá.

2.4.2 Mantenimiento Preventivo

Se realiza con el fin de evitar fallas basándose en parámetros de diseño como producto del estudio juicioso de los fabricantes de partes y del conjunto en general del equipo. Se sustenta en estudios estadísticos y en los criterios de diseño (vida útil).

2.4.3 Mantenimiento Predictivo

Busca prevenir fallas mediante observaciones que indican tendencias. Existen varios métodos los cuales son especializados y requieren una preparación apropiada. Entre ellos están- La medición de vibraciones mecánicas, el análisis eléctrico, termografía infrarroja, tribología y análisis de aceites, entre otros.

TABLA 2.1 Ventajas y desventajas de los tipos de mantenimiento

MANTENIMIENTO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
CORRECTIVO	<ol style="list-style-type: none">1. Se obtiene hasta el último rendimiento de las partes.2. No requiere planeamiento.3. No requiere un stock cuidadoso de repuestos.4. Es menos costoso (Relativamente).	<ol style="list-style-type: none">1. No da confiabilidad.2. No permite planear las paradas de la planta.3. No se pueden calcular los costos en que se incurrirá cuando una falla se presente.4. Puede causar daño de partes correlacionadas con la averiada.5. No permite planear adecuadamente el recurso humano.6. Pueden presentarse fallas que afecten el personal
PREVENTIVO	<ol style="list-style-type: none">1. Confiabilidad.	<ol style="list-style-type: none">1. Se puede desperdiciar tiempo

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Permite un adecuado planeamiento de recursos 3. Permite parar los equipos cuando se planea y no cuando se dañan. 4. Es mas seguro para el personal. 5. Evita daños de partes correlacionadas con la que se someta a mantenimiento. 	<p>de vida de partes que se cambien.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Es costoso (Relativamente). 3. Exige planeación y programación. 4. Exige un stock adecuado de partes y repuestos. 5. Exige una logística adecuada.
PREDICTIVO	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es muy confiable. 2. Obtiene el máximo rendimiento de los de componentes sin arriesgar el equipo. 3. Evita paradas indeseables. 4. Permite una adecuada planeación. 5. Se puede hacer el diagnostico con el equipo en servicio (La mayoría de las de veces). 6. Compara perfil de operación actual con el esperado (De diseño) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Es costoso (Relativamente). 2. Requiere equipos de diagnóstico especializados y costosos en algunos casos. 3. Requiere personal entrenado y con experiencia para la fase de diagnóstico. 4. No está al alcance todas las empresas. 5. Su implementación requiere de una buena inversión

¿Cuál presenta mayores ventajas o desventajas? Es una pregunta que se debe resolver teniendo en cuenta otras variables importantes como son: El nivel de confiabilidad requerido, la capacidad económica de la empresa, la facilidad para poder detener los equipos sin que se afecte todo el proceso productivo, la capacidad para mantener repuestos en stock, en fin son una serie de consideraciones que hacen de cada empresa una entidad diferente.

2.5 NIVELES DEL MANTENIMIENTO

En general las empresas no están en capacidad de montar infraestructuras de mantenimiento excesivamente costosas y cuya utilización genere tiempos largos de baja utilización. Por este motivo se busca jerarquizar los trabajos en niveles de acuerdo con su importancia, grado de dificultad, conocimientos requeridos para su ejecución y el tipo de talleres y herramientas especializadas que se deben utilizar.

Se puede hablar de cinco niveles de mantenimiento. Cada empresa debe decidir hasta que nivel estará en capacidad de atender por si misma y que niveles

contratará por aparte basándose en criterios de costo beneficio.

2.5.1 Nivel I (Nivel operador, Técnicos del nivel aprendiz).

Aquellos rutinarios que garantizan la operación permanente y previene daños al poderse detener el equipo inmediatamente se detectan. Prácticamente se hacen mediante la observación directa del operador.

- Limpieza rutinaria
- Inspección diaria
- Revisión de aceite y líquidos consumibles
- Engrases rutinarios
- Detección de ruidos anormales

2.5.2 Nivel II (Operador experimentado, Técnico intermedio con curso básico del equipo).

Aquellos que además requieren de operaciones sencillas de mantenimiento por parte de un técnico entrenado en el equipo. No exigen paradas prolongadas y su finalidad es garantizar la operación confiable.

- Chequeo de tensión de correas
- Relleno de líquidos

- Limpieza de filtros de aire

2.5.3 Nivel III (Técnico de más alto nivel en la empresa con varios años de experiencia y cursos avanzados sobre el equipo).

Trabajos especializados en sitio y son de carácter básicamente rutinario.

- Cambios de aceite y filtro
- Calibraciones rutinarias
- Verificación de parámetros de servicio
- Cambio de partes

2.5.4 Nivel IV (Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado por técnicos de varias disciplinas bajo la dirección de un ing. de campo).

Nivel de taller especializado, consumen bastante tiempo y requieren de herramienta especializada para su ejecución.

- Despiece parcial de mantenimiento
- Calibraciones especializadas
- Revisión de tolerancias
- Ajustes detallados

- Soldadura y revisión

2.5.5 Nivel V (Labores de planeación).

Trabajos de más alto nivel. Requiere de personal altamente calificado y en ocasiones de apoyo del fabricante. Contempla los llamados mantenimientos totales, de alta planeación y programación.

- Despiece total
- Pruebas destructivas y no destructivas
- Calibraciones con instrumentos especiales

3. TRIBOLOGÍA Y LUBRICACIÓN

La lubricación es necesaria para permitir que los equipos operen, para permitir un mejor movimiento de las piezas protegerlas del desgaste. En fin, evitar o minimizar la fricción.

Una mayor productividad de los equipos se logra si se reduce al máximo la fricción de sus diferentes mecanismos. Hoy en día, la lubricación no se considera una ciencia aislada, sino que está íntimamente relacionada con la fricción, con el desgaste, con los materiales empleados en la fabricación de los equipos, con su diseño, con su operación y con la calidad de su mantenimiento. Todo esto se resume en lo que se conoce como tribología, ciencia relacionada en principio sólo con la fricción (tribos = fricción, logos = tratado) y en la actualidad extendida a todos los fenómenos que limitan la vida de los equipos. Entonces se puede decir que la tribología es la ciencia que estudia los fenómenos de fricción y el desgaste, y los elementos que intervienen en dichos fenómenos.

El fabricante debe haber construido el equipo de acuerdo con un diseño óptimo y con materiales que garanticen un desgaste mínimo. El usuario debe optimizar al máximo la calidad del mantenimiento, garantizar una operación normal del equipo y utilizar repuestos originales, para lo cual necesita implementar un control de calidad a todos los repuestos y partes que se adquieran y debe convertir la lubricación en el programa bandera de la fábrica.

3.1 FRICCIÓN

Es la pérdida de energía mecánica durante el inicio, desarrollo y final del movimiento relativo entre dos zonas materiales en contacto. Se introduce el término zonas materiales; que incluye los fenómenos que se pueden producir por:

- **Fricción externa.** Entre cuerpos diferentes.
- **Fricción interna.** Entre partículas de un mismo cuerpo.

3.1.1 Tipos de fricción externa.

Fricción de deslizamiento. Se presenta durante el movimiento relativo tangencial de los elementos sólidos en un sistema tribológico.

Fricción de rodamiento. Se presenta durante el movimiento relativo de rodadura entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.

Fricción de rotación. Se presenta durante el movimiento relativo de rotación entre los elementos sólidos de un sistema tribológico.

Dependiendo de las condiciones de contacto la fricción externa se puede clasificar en:

- **Fricción estática.** Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo tangencial entre dos zonas materiales en contacto.
- **Fricción móvil.** Pérdida de energía mecánica durante el movimiento relativo de zonas materiales en contacto.
- **Fricción de choque.** Pérdida de energía mecánica al inicio y al final del movimiento relativo normal (perpendicular) entre zonas materiales en contacto.

3.1.2 Estados de fricción.

Fricción metal-metal: Tiene lugar en un elemento lubricado como consecuencia

del rompimiento de la película límite o por agotamiento de los aditivos antidesgaste del lubricante.

Leyes de la fricción metal-metal por deslizamiento

La fricción metal-metal presenta las siguientes características:

- Es directamente proporcional al peso del elemento que desliza o rueda.

$$F = fW$$

- Es independiente del área aparente de las superficies de contacto.
- Varía según la naturaleza de los materiales y del acabado superficial.

Leyes de la fricción metal-metal por rodadura

- Varía con la carga.
- Es inversamente proporcional al diámetro del elemento rodante.
- Es menor para superficies pulidas que para superficies rugosas.

Fricción pura: Es un estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por dos elementos que corresponden a los materiales base.

Fricción sólida: Estado de fricción en el cual el sistema Tribológico está constituido por tres elementos que presentan características de cuerpos sólidos, durante la fricción sólida el tercer elemento está presente en forma de capas de un compuesto adheridas al metal base.

Fricción fluida: Es un estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por lo menos por tres elementos, presentando uno de ellos propiedades líquidas.

Fricción hidrodinámica: Estado de fricción en el cual las condiciones hidrodinámicas se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, cuando se encuentra sometido a determinadas condiciones de velocidad y de carga.

Fricción hidrostática: Es un estado de fricción que se presenta en aquellos mecanismos que giran a bajas velocidades y que soportan altas cargas y donde, para formar la película hidrodinámica, es necesario inyectar aceite a presión antes y durante el movimiento del mecanismo.

Fricción gaseosa: Es un estado de fricción en el cual el sistema tribológico está constituido por lo menos por tres elementos y uno de ellos presenta propiedades gaseosas.

Fricción mixta: Es un estado de fricción integrado por lo menos por dos estados de fricción, que se presentan simultáneamente en un sistema tribológico.

3.1.3 Fuerza de fricción.

La fuerza de fricción se define como:

$$F = fN$$

donde:

F : Fuerza necesaria para iniciar y/o mantener el movimiento.

N : Fuerza normal, que mantiene las dos superficies juntas.

f : Coeficiente de fricción (metal-metal, sólida o fluida), adimensional.

3.1.4 Coeficiente de fricción.

Este parámetro no es una propiedad intrínseca de un material o de la combinación de varios, sino depende también de otros factores, como la humedad, temperatura, velocidad de deslizamiento, presión de contacto, tipo de lubricante, acabado superficial y forma de la región de contacto.

TABLA 3.1 Coeficientes de fricción estáticos y por deslizamiento

Material	Coeficiente de fricción			
	Sólida		Fluida	
	Estático	Deslizamiento	Estático	Deslizamiento
Acero duro sobre acero duro	0.78	0.11 (a)	0.42	0.029 (h)
		0.23 (b)		0.081 (c)
		0.15 (c)		0.080 (i)
		0.11 (d)		0.058 (j)
		0.0075 (p)		0.084 (d)
		0.0052 h)		0.105 (k)
Acero dúctil sobre acero dúctil	0.74	0.57		0.09 (a)
Acero duro sobre grafito	0.21		0.09 (a)	
Acero duro sobre babbitt (ASTM 1)	0.70	0.33	0.23 (b)	0.16 (b)
			0.15 (c)	0.06 (c)
			0.08 (d)	0.11 (d)
Acero duro sobre babbitt (ASTM 8)	0.42	0.35	0.17 (b)	0.14 (b)
			0.11 (c)	0.065 (c)
Acero duro sobre babbitt (ASTM 10)			0.08 (d)	0.07 (d)
			0.08 (e)	0.08(h)
			0.25 (b)	0.13 (b)
			0.12 (c)	0.06 (c)
			0.10 (d)	0.055 (d)
			0.11 (e)	
Acero dúctil sobre cadmio-plata				0.097 (f)
Acero dúctil sobre bronce fosforoso		0.34		0.173 (f)
Acero dúctil sobre cobre-plomo				0.145 (f)
Acero dúctil sobre hierro colado		0.23	0.183 (c)	0.133 (f)
Acero dúctil sobre plomo	0.95	0.95	0.50 (f)	0.3(0)
Níquel sobre acero dúctil		0.64		0.178 (x)
Aluminio sobre acero dúctil	0.61	0.47		
Magnesio sobre acero dúctil		0.42		
Magnesio sobre magnesio	0.60	0.08		
Teflón sobre teflón	0.04			0.04 (f)

Teflón sobre acero dúctil	0.04			0.04(f)
Carburo de tungsteno sobre carburo de tungsteno	0,20		0.12 (a)	
Carburo de tungsteno sobre acero	0.50		0.08 (a)	
Carburo de tungsteno sobre cobre	0.35			
Latón sobre acero dúctil	0.51	0.44		
Latón sobre hierro colado		0.30		
Zinc sobre hierro colado	0.85	0.21		
Magnesio sobre hierro colado		0.25		
Cobre sobre hierro colado	1.05	0.29		
Estaño sobre hierro colado		0.32		
Plomo sobre hierro colado		0.43		
Aluminio sobre aluminio	1.05	1.40		
Vidrio sobre vidrio	0.94	0.40	0.01 (p)	0.09 (a)
			0.005 (q)	0.116 (v)
Carbón sobre vidrio		0.18		
Vidrio sobre níquel	0.78	0.56		
Cobre sobre vidrio	0.68	0.53		
Hierro colado sobre hierro colado	1,10	1.15		0.70 (d)
Bronce sobre hierro colado				0.064 (n)
		0.22		0.077 (n)
Plástico laminado sobre acero		0.35		0.05 (t)

Nota:

a: ácido oleico

b: aceite mineral de baja viscosidad

c: aceite de castor

d: aceite de manteca de cerdo

e: aceite mineral de baja viscosidad + 2% de ácido oleico

f: aceite mineral de viscosidad media

g: aceite mineral de viscosidad media 4- 0,5% de ácido oleico

h: ácido esteánico

1: grasa (óxido de zinc)

j: grafito

k: aceite turbina +1% grafito

l: aceite turbina +1% ácido esteárico,

m: aceite turbina

n: aceite de oliva

P: ácido palmítico

q: ácido ricinoleico

r: jabón seco

s: manteca de cerdo

t: agua

u: aceite de colza

V: aceite 3 en 1

w: octyl alcohol

X: triolein

y: 1% de ácido láurico en aceite parafínico

La relación entre la fuerza necesaria para iniciar el movimiento y el peso de lo que se va a mover se conoce como coeficiente estático de fricción y la relación entre la fuerza necesaria para mantenerlo en movimiento y su peso se denomina coeficiente cinético de fricción (por deslizamiento o por rodadura). Ambos coeficientes pueden ser por fricción sólida o por fricción fluida.

3.1.5 Factores que condicionan la fricción.

- **Carga.** Es un factor que no se puede controlar porque hace parte de todo el mecanismo. Está constituida por su propio peso y por la fuerza que este imparte o transmite.
- **Naturaleza de los materiales.** Dependiendo de la estructura molecular, dos cuerpos presentan mayor o menor fricción.
- **Acabado superficial.** Entre más áspera sea la superficie, mayor es la fricción. Esta disminuye con el grado de pulimiento que presenten. Esencialmente, existen dos tipos de rugosidades:
 - *De asperezas agudas.* Causadas por la falta de exactitud de la máquina herramienta y falta de rigidez entre la herramienta y la pieza mecanizada.
 - *De asperezas dentadas.* Causadas por ligeras fallas en la herramienta de corte y por la naturaleza del metal mecanizado.

3.1.6 Formas de reducir la fricción.

- Puliendo las superficies.
- Cambiando el deslizamiento por rodamiento.
- Interponiendo un lubricante.

3.2 DESGASTE

Es consecuencia directa del rodamiento metal-metal entre dos superficies y se

define como el deterioro sufrido por ellas a causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales. El desgaste puede llegar a ser crítico, haciendo que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y queden inservibles, causando costosos daños y elevadas pérdidas de producción.

Una de las funciones básicas que debe tener toda sustancia que se emplee como lubricante es la de reducir la fricción sólida y por tanto, el desgaste a los valores más bajos posibles.

3.2.1 Tipos de desgaste

Una superficie lubricada se puede gastar por factores que pueden ser intrínsecos al tipo de lubricante utilizado, a su tiempo de servicio o debido a contaminantes externos. En algunos pocos casos se presenta como resultado de la selección incorrecta del equipo, de un mal diseño, o del empleo de materiales inadecuados para las condiciones de operación de los mecanismos.

Desgaste adhesivo: También llamado contacto metal-metal. Se presenta en todos los mecanismos lubricados o no, cuando las superficies no están separadas completamente por una película de aceite. Es un tipo de desgaste que no se puede eliminar, pero sí se puede reducir considerablemente mediante la utilización de lubricantes con óptimas propiedades de película límite.

Desgaste abrasivo: Ocasiona el desgaste del mecanismo como resultado de la presencia entre las superficies en movimiento relativo de partículas extrañas de igual o mayor dureza a la de los materiales que los conforman. Las partículas abrasivas se incrustan ellas mismas en una de las superficies y actúan como una herramienta de corte, removiendo material de la otra superficie.

Desgaste corrosivo o herrumbre: Es consecuencia de un aceite oxidado o de la contaminación de éste con agua o con ácidos del proceso o del medio ambiente.

Desgaste corrosivo por vibración: Es aquel en el cual el desprendimiento de material es causado por una carga cíclica que rompe la película lubricante.

Desgaste erosivo: Es causado por un fluido a alta presión y con partículas sólidas en suspensión, las cuales al impactar sobre las superficies arrancan material de ellas debido a los efectos del momentum de las partículas.

Desgaste por fatiga superficial: Se presenta como consecuencia de los esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzo cortante sobre una superficie, los cuales dan como resultado grietas profundas de fatiga que causan finalmente la aparición de picaduras y de escamas.

Desgaste por cavitación: Cuando el aceite fluye a través de una región donde la presión es menor que la de su presión de vapor, hierve y forma burbujas de vapor. Estas burbujas son transportadas por el aceite hasta llegar a una región de mayor presión, donde el vapor regresa al estado líquido en forma súbita, "aplastándose" bruscamente las burbujas.

Desgaste por corrientes eléctricas: Se presenta como consecuencia del paso de corriente eléctrica a través de los elementos de una máquina, como en el caso de los rodamientos de un motor eléctrico, cuando la toma a tierra es defectuosa, o por corrientes parásitas en equipos rotatorios, como turbinas de vapor, de gas, hidráulicas y en compresores centrífugos.

3.2.2 Problemas ocasionados por el desgaste

- Mayor consumo de repuestos por aumento en las reparaciones y en el mantenimiento.
- Reducción en la producción por paros de maquinaria.
- Vida útil más corta de la maquinaria.
- En motores de combustión interna da lugar a pérdida de potencia, mayor consumo de combustible, etc.
- Posibilidad de accidentes ante el peligro de rotura de piezas al sobrepasar los límites permisibles de diseño.

3.2.3 Formas de reducir el desgaste

- Utilizando los lubricantes más apropiados para las diferentes condiciones de operación.
- Frecuencia de lubricación adecuada, con el fin de determinar los cambios de aceite y los reengrases correctos.
- Buenos programas de mantenimiento preventivo, incluyendo principalmente la limpieza y/o el cambio de los filtros de aire y de aceite.
- No sometiendo los equipos a condiciones diferentes a las de diseño.

4. LUBRICANTE

Cualquier sustancia que se coloque entre estas superficies, con el fin de disminuir la fricción, se denomina lubricante, el cual ayuda también a evacuar el calor generado. La función básica de un lubricante es mantener completamente separadas dos superficies en movimiento, de tal forma que el único rozamiento que se presente sea entre las diferentes capas que conforman la película lubricante y que se conoce como fricción fluida.

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PELÍCULA LUBRICANTE

La película lubricante debe poseer determinadas características, como son: adhesividad, viscosidad, espesor y aditivos. Es tan perjudicial una película delgada como una gruesa porque en el primer caso, ésta puede dar lugar a contacto metálico en parte de las superficies (desgaste adhesivo) si se rompe la película límite y en el segundo, se presenta generación de calor por un exceso de fricción interna (fluida) en la película lubricante, que puede conducir igualmente a problemas de desgaste adhesivo.

El espesor de la película lubricante depende de la rugosidad superficial. En superficies con buen acabado, una película fina es suficiente, mientras que en superficies mal acabadas se necesita una película gruesa.

La fricción metal-metal causa el mayor desgaste; la fricción fluida lo reduce hasta tal punto que puede llegar casi a eliminarlo. En toda máquina por complicada que parezca, solamente requerirán lubricación los siguientes elementos:

- Cojinetes lisos y rodamientos (de bolas de rodillos, de agujas, etc.), cadenas, levas, guías y cremalleras.
- Piñones: helicoidales, cónicos, rectos, sinfín-corona, doble helicoidales, e hipoidales, que pueden estar expuestos al medio ambiente o encerrados dentro de una carcasa (reductores y moto-reductores).
- Cilindros dentro de los cuales deslizan émbolos, como en el caso de compresores, motores de combustión interna, cilindros de vapor, sistemas hidráulicos y herramientas neumáticas.

4.2 FACTORES QUE AFECTAN LA LUBRICACIÓN

De operación

- Velocidad
- Carga
- Temperatura

De diseño

- Proyecto, cálculo, fabricación de la máquina.
- Materiales utilizados en la construcción del mecanismo
- Acabado superficial del mecanismo
- Diseño del sistema de aplicación del lubricante

4.3 CLASES DE LUBRICANTES

4.3.1 Gases

El más utilizado es el aire, que se emplea a presión y forma un colchón (de aire) entre los elementos en movimiento. Su principal aplicación es en pequeños cojinetes lisos, que giran a velocidades hasta de 100.000 rpm, en donde un lubricante convencional no serviría. Su capacidad de soporte de carga es muy baja, del orden de 0,70 Kgf/cm² (10 psi).

4.3.2 Líquidos

Se puede considerar cualquier tipo de líquido, como el agua, el aceite vegetal, animal y mineral, etc. Los más utilizados en la actualidad son los derivados del petróleo, constituidos por una base lubricante y un paquete de aditivos.

4.3.3 Semisólidos

Son sustancias que poseen consistencia, permiten que la película lubricante permanezca durante más tiempo sobre la superficie lubricada, como por ejemplo la grasa, que es un aceite mezclado con un espesador metálico (Jabón de calcio, sodio, litio, etc.).

4.3.4 Sólidos

Dan origen a películas lubricantes que se adhieren fuertemente a las superficies metálicas, tales como el grafito, bisulfuro de molibdeno, de flúor, silicona, boro, etc. y dan lugar a coeficientes de fricción muy bajos.

4.4 FUNCIONES DE LOS LUBRICANTES

4.4.1 Funciones primarias

- *Lubricar* – *reducir la fricción* entre las superficies y de las superficies con el lubricante, separa las superficies en contacto, permite un movimiento más fácil, ahorra energía.
- *Refrigerar*. Evita el contacto entre las superficies, absorbe el calor generado por el movimiento, retira el calor del área.
- *Limpiar*. Controla los contaminantes, retiene partículas y sustancias nocivas, retira los contaminantes al ser cambiado. Los contaminantes tienen tres orígenes: Internos (combustión, desgaste,...), Externos (polvo, humedad,...) y Propios (degradación del lubricante)
- *Controlar el desgaste*. Disminuye la fricción, crea protección en las superficies en contacto, controla las partículas dañinas.
- *Proteger*. Controla las sustancias corrosivas, evita la herrumbre

4.4.2 Funciones secundarias

- *Transmitir potencia*. Sistemas hidráulicos, transmisiones automáticas, servotransmisiones.
- *Transferir calor* en procesos industriales.
- *Aislar*, eléctricamente en transformadores industriales, del medio ambiente en procesos metalmecánicos.

- *Formar sello* en sistemas de circulación e hidráulicos, en las cámaras de combustión de motores, en bombas y compresores de desplazamiento positivo.
- *Amortiguar*. Actuar como medio de absorción de golpes y movimientos bruscos.

4.5 SELECCIÓN DEL LUBRICANTE

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

Los factores que inciden en la selección del aceite:

- ⊗ *Velocidad*. Cuando es alta se debe utilizar un aceite de baja viscosidad, que permite fácilmente la acción de bombeo y la formación de la cuña de aceite; cuando es baja, se debe compensar la deficiencia en la formación de la cuña de aceite con un aceite de alta viscosidad.
- ⊗ *Carga*. Un aceite más viscoso soportará mejor las cargas altas, evitando así el contacto metálico entre las dos superficies, y cuando es baja un aceite delgado será suficiente para separarlas completamente y reducir al mínimo las pérdidas de potencia por fricción fluida.
- ⊗ *Temperatura*. La temperatura afecta en forma inversamente proporcional la viscosidad; así, cuando un aceite se calienta, su viscosidad disminuye y

cuando se enfría, se espesa, hasta un punto en que el aceite puede dejar de fluir. Por esto. Al seleccionar un aceite se debe tener muy en cuenta la temperatura ambiente o la de funcionamiento del mecanismo.

4.6 FACTORES QUE AFECTAN LA ACCIÓN DEL LUBRICANTE

- *Agua*. Es perjudicial para el lubricante y para las superficies metálicas. Un buen lubricante debe contar con excelentes características antiemulsionantes, con el fin de que se separe rápidamente del agua, cuando se halle en presencia de ésta y forme además una película protectora entre la superficie y el medio circundante, para evitar la herrumbre y la corrosión.
- *Fluidos para corte*. En el caso de máquinas herramientas, por salpicadura de aceite soluble hasta los depósitos del aceite de lubricación.
- *Disolventes*. Cuando se limpian los diversos mecanismos de una máquina pueden quedar residuos de los disolventes utilizados, que luego, al aplicar los lubricantes, los adelgazan, permitiendo el contacto metálico entre las piezas.
- *Contaminación por materiales sólidos*. Si se lograra evitar por algún medio la contaminación de un aceite de circulación, éste podría utilizarse por mucho tiempo, pero el polvo, las partículas metálicas que se desprenden de los mecanismos y las impurezas que penetran por los retenedores y empaquetaduras en mal estado, degradan el aceite y es necesario por lo tanto cambiarlo.
- *Sistemas de aplicación del lubricante*. Se puede contar con el mejor de los lubricantes, pero si éste no se aplica correctamente, en la cantidad precisa y en el sitio correcto, nada se hará porque el mecanismo fallará al igual que si se estuviese utilizando un lubricante inadecuado.

5. ACEITES LUBRICANTES

Es toda sustancia líquida de origen animal, vegetal, mineral o sintético que permite separar dos superficies en movimiento relativo, reduciendo el desgaste, refrigerándolas, evacuando contaminantes y protegiéndolas del medio circundante.

Un aceite lubricante está constituido por una base lubricante y un paquete de aditivos químicos que le confieren nuevas propiedades o le mejora otras que ya tenga.

Los aceites se pueden clasificar en orgánicos y en minerales:

- Ⓢ *Aceites orgánicos.* Son de tipo animal y vegetal. Cuando aún no se conocía el petróleo, eran los únicos utilizados. Se descomponen con facilidad con el calor y a bajas temperaturas se oxidan, formando gomas, como el aceite de semilla de lino, cuya oxidación es tan rápida que es inútil utilizarlo en lubricación. La mayoría de estos aceites se emplean como aditivos de los aceites minerales.
- Ⓢ *Aceites minerales.* Son derivados del petróleo, constituidos por una estructura de moléculas complejas que contienen entre 20 y 70 átomos de carbono por molécula. Al aceite mineral sin aditivos se le conoce como base mineral.

5.1 FABRICACIÓN DE LOS ACEITES LUBRICANTES

Comprende mezcla de bases lubricantes del mismo tipo (dos máximo) para obtener las viscosidades y calidades requeridas, y aditivos, según las necesidades

de aplicación y de servicio.

5.1.1 Bases lubricantes

Son las que determinan la mayor parte de las características del aceite, tales como viscosidad, índice de viscosidad, resistencia a la oxidación, punto de inflamación y de fluidez, etc.

De acuerdo con el tipo de crudo, la base lubricante puede ser: parafínica, nafténica o aromática.

Características bases parafínicas:

- Alto índice de viscosidad (IV). Las hace particularmente indicadas en situaciones donde hay cambios de temperatura, debido a que varía muy poco su viscosidad.
- Baja rata de oxidación. Cuando se encuentra sometida a altas temperaturas, permanece sin deteriorarse apreciablemente durante largos períodos de tiempo.
- Baja volatilidad.
- Bajo poder disolvente.
- Forma carbones duros cuando se descompone.
- Alto punto de congelación, debido al elevado porcentaje de parafinas que posee.

Características bases nafténicas:

- Bajo índice de viscosidad (IV)

- Alto poder disolvente natural. Contienen un elevado porcentaje de compuestos aromáticos, lo cual permite que puedan disolver ciertos tipos de cauchos.
- Reducida tendencia a la formación de carbón. Cuando se queman, el carbón residual es blando y escaso.
- Bajo punto de fluidez. Como prácticamente carecen de ceras, las hace particularmente indicadas para condiciones de bajas temperaturas.
- Alta volatilidad.

5.1.2 Aditivos

Los aditivos son sustancias químicas que se añaden a las bases lubricantes, con el fin de darle o de mejorarle determinadas propiedades que tenga y así obtener aceites lubricantes con cualidades específicas.

La calidad de un lubricante depende no sólo del tipo de base lubricante y de los procesos de refinación, sino también de la calidad y tipo de aditivos utilizados.

Existen tres tipos de aditivos:

- Los que mejoran algunas propiedades existentes en las bases lubricantes.
- Los que suprimen propiedades indeseables que contengan las bases lubricantes.
- Los que introducen nuevas propiedades a las bases, necesarias para el buen desempeño del lubricante.

TABLA 5.1 Clasificación del Índice de Viscosidad de las bases parafínicas y nafténicas

Tipo de base	Rango del IV	Clasificación
Parafínica	110 – 120	Muy alto
	84 – 105	Alto
	60 – 80	Mediano
Nafténica	40 – 75	Mediano
	0 – 20	Bajo
	Menor que 0	Muy bajo

Características de los aditivos:

- Disminuir la velocidad a la cual ocurren ciertas reacciones, como por ejemplo la oxidación que resulta indeseable en el aceite durante su período de servicio.
- Proteger la superficie lubricada de la agresión de ciertos contaminantes.
- Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras nuevas.

Propiedades de los aditivos:

- Color. No es de gran importancia, aunque muchas veces se cae en el error de considerarlo un factor determinante de la calidad de un aceite.
- Olor. Son moleros y un olor indeseable sólo se deberá presentar como resultado del proceso de oxidación y descomposición normal del aceite.
- Compatibilidad. Deben ser compatibles cuando sean necesarios dos o más en la misma base lubricante. La compatibilidad debe perdurar hasta que el aceite llegue al final de su vida útil.

- Solubilidad en la base lubricante. Deben ser solubles con ésta en cualquier rango de temperatura de funcionamiento. Igualmente, no se deben volver insolubles o parcialmente solubles, durante el almacenamiento del aceite.
- Insolubilidad con el agua. Con el fin de que no sean "lavados" cuando se encuentren en presencia de ésta.
- Volatilidad. Debe ser baja, para que su concentración y efectividad no disminuya cuando el aceite se encuentre sometido a elevadas temperaturas de trabajo.
- Estabilidad. Debe permanecer estable durante la mezcla, almacenamiento y uso.
- Flexibilidad. Sus propiedades físicas y químicas deben ser tales que permitan ampliar su rango de servicio y aplicaciones.

Funciones de los aditivos:

- Aditivos para proteger las superficies de las piezas en las que trabaja el lubricante:
 - Agentes antidesgaste. Reaccionan con las superficies metálicas para protegerlas del desgaste debido al contacto metal-metal.
 - Agentes de EP. Para casos en los que se presentan grandes esfuerzos entre las superficies se utilizo un agente más fuerte conocido como de Extrema Presión (EP).
 - Inhibidores de corrosión. Contrarrestan los ácidos en el aceite lubricante a medida que estos se producen para evitar que ataquen las piezas metálicas.

- Inhibidores de herrumbre. Se depositan sobre las superficies metálicas creando un escudo que rechaza el agua que se ha condensado o que ha penetrado.
- Detergentes. Evitan que las partículas de carbón y otras sustancias se adhieran a las superficies metálicas, especialmente en motores de combustión interna.
- Dispersantes. Permiten mantener las partículas de carbón y demás sustancias separadas entre si y disueltas en el aceite lubricante.
- Aditivos para mejorar el trabajo del lubricante:
 - Mejoradores del punto de fluidez. Permiten que el aceite lubricante trabaje eficientemente a temperaturas más bajas que la base.
 - Mejoradores del índice de viscosidad. Usados para reducir lo variación de la viscosidad del lubricante debida a los cambios de temperatura.
 - Inhibidores de espuma. Aunque en la gran mayoría de casos la formación de espuma no se puede impedir, si se puede disminuir su permanencia y crecimiento reventando las burbujas de aire que la producen. Estos aditivos obligan a los burbujas de aire a salir a lo superficie y a que se revienten rápidamente.
 - Emulsificantes. En aceites especiales, como los de corte, permiten que el aceite lubricante se mezcle en forma estable con el agua.
 - De untuosidad. Son solubles con el aceite y presentan una fuerte polaridad, permitiendo, bajo condiciones límite, que sus moléculas quedan adheridas a las superficies metálicas, mediante fuerzas de tipo electrostático e incluso químicas.

- Aditivos que protegen a mismo lubricante para que dure más tiempo:
 - Antioxidantes. Ayudan a prolongar la vida útil del lubricante evitando que el oxígeno, u otras sustancias presentes, lo deterioren precipitadamente. La oxidación del lubricante produce incremento de viscosidad y acidez del aceite, depósitos, barnices y lacas en el equipo.
 - Demulsificantes. Le proporcionan al lubricante una mayor capacidad para poder separar el agua en forma rápida y eficiente Este aditivo permite separar el agua del aceite pero no la elimina. El agua que ha sido separada debe ser retirada del equipo para permitir que el trabajo de este aditivo se siga realizando eficientemente
- Aditivos Multifuncionales: Son aquellos que en una sola molécula encierran propiedades múltiples. Detergente, dispersante, antioxidante, mejorador del índice de viscosidad, etc.

Aspectos que se deben tener en cuenta con los aceites aditivados:

- Un aceite específico, con determinados aditivos, no se debe mezclar con otro de diferente marca, aunque tenga las mismas especificaciones.
- Nunca se le deben añadir aditivos a un aceite que está en servicio, con el fin de mejorarle algunas de sus propiedades.
- Los aditivos deben ser solubles en la base lubricante.

5.2 LUBRICANTES COMPUESTOS O COMPOUND

Son la mezcla de un aceite mineral con cantidades reducidas de ácido graso. Una

pequeña cantidad de éste es suficiente para recubrir completamente una superficie metálica, sin embargo, la cantidad a añadir tiene un punto óptimo porque a partir de un cierto porcentaje, el coeficiente de fricción disminuye en menor proporción.

Comercialmente los lubricantes compuestos se conocen como aceites para cilindros de vapor y se clasifican en tres categorías:

- Ligeros (ISO 320)
- Medianos (ISO 460)
- Pesados (Mayor del ISO 460)

TABLA 5.2 Variación del coeficiente de fricción en función del porcentaje de ácido graso

Lubricante	Coeficiente de Fricción <i>F</i>
Aceite mineral puro	0,360
Aceite mineral + 2% ácido oléico	0,249
Aceite mineral + 10% ácido oléico	0,198
Aceite mineral + 50% ácido oléico	0,198
Aceite oléico puro	0,195

5.3 FLUIDOS IGNIFUGOS

Este tipo de fluidos se utiliza en aquellas instalaciones industriales sometidas a condiciones de alto riesgo por las altas temperaturas de operación. Se identifican como fluidos FR. Básicamente se utilizan cuatro tipos:

- Emulsiones de aceite en agua (ISO HFA)
- Emulsiones de agua en aceite (ISO HFB)

- Soluciones de agua y Glycol (ISO HFC)

- Aceites sintéticos.

5.4 LUBRICANTES DE PELÍCULA SÓLIDA

Cuando se aplican forman una fina película que recubre totalmente todas irregularidades de las superficies metálicas, dejándolas completamente lisas, permitiendo una lubricación adicional o de emergencia, que impide el contacto metal-metal, aun cuando la película del lubricante base haya fallado. Su utilización es ideal en aquellos mecanismos que trabajan sometidos a condiciones de pare y arranque, porque en este momento se presentan condiciones de película límite; el lubricante de película sólida elimina esta condición e impide que se presente el desgaste adhesivo.

TABLA 5.3 Coeficientes de fricción de algunos lubricantes de película sólida

Lubricante	Coeficiente de fricción <i>F</i>
Grafito	0,036
Bisulfuro de molibdeno (MoS ₂)	0,02 – 0,06
Bisulfuro de tungsteno (WS ₂)	0,032
Sulfato de plata	0,055
Talco	0,169
Mica	0,57

5.5 LUBRICANTES ASFÁLTICOS

Son residuos de alta viscosidad (mayor de 5.000 cSt a 40°C), que resultan como subproductos de la refinación del petróleo. Se caracterizan por su elevada adhesividad y generalmente vienen en estado pastoso, con una configuración física similar a la "brea" empleada en la pavimentación de vías. En la mayoría de los casos es necesario calentarlos para poderlos aplicar.

5.6 ACEITES SOLUBLES EN EL MECANIZADO DE METALES

Para obtener los mejores resultados en el mecanizado de una pieza metálica, es importante seleccionar el lubricante adecuado. Este cumple con dos funciones principales:

- Lubricar eficientemente.
- Retirar el calor producido durante la operación.

Los aceites más utilizados para este fin son solubles en agua, gracias a que un producto llamado "emulsificante", facilita la dispersión del aceite en el agua en finas gotas, lo que se conoce como EMULSIÓN.

5.6.1 Ventajas de la emulsión

- Lubricar: Reducen la fricción de las superficies en contacto, reduciendo el consumo de energía y aumentando la producción.
- Refrigerar: Como el agua es un buen refrigerante es posible mantener el templado de la herramienta prolongando su vida útil.
- Limpiar: Remueve las virutas de la zona de mecanizado obteniendo mejor acabado de las piezas.
- Proteger de la corrosión: La película mecanizada se protege por una película de aceite, evitando su corrosión y protegiéndola del ataque de diversos productos químicos.

5.6.2 Recomendaciones para evitar la contaminación y degradación el aceite soluble

- Utilizar recipientes únicos para su manejo como el balde, la manguera y el embudo. No lo destine para otros usos.
- No agregue a la emulsión desinfectantes ni productos químicos no recomendados por el fabricante del aceite soluble. Puede ser más perjudicial.
- No arrojar a la emulsión, materiales de desecho como comida, cigarrillos, papeles, etc., o escupir u orinar dentro de la emulsión por cuanto produce degradación y perjudica la salud.
- No dejar los tambores de aceite en forma vertical con las tapas hacia arriba. Recuerde que los tambores respiran y pueden absorber agua a través de la rosca de los tapones.
- No permitir fugas incontroladas del lubricante de la máquina hacia el depósito. Aumenta los costos y es causa de malos olores.

6. GRASAS LUBRICANTES

La grasa es un producto que va desde sólido hasta semifluido y se obtiene por la dispersión de un agente espesante (jabón metálico) en un líquido lubricante (aceite base).

La composición de la grasa se puede definir como:

Aceite base	+ agente espesante	+ Aditivo.
- Mineral - Sintético	- jabón (calcio, sodio, litio, etc.) - no contiene jabón (arcilla, gel)	Adhesividad, antioxidante, anticorrosivo, antidesgaste, extrema presión, colorantes, antiespumante, estabilizador.

El aceite le confiere a las grasas sus características lubricantes y el espesador le da determinadas propiedades físicas, tales como la capacidad de soportar altas temperaturas, humedad, ácidos y otros tipos de contaminantes. Se podría decir que una grasa es una especie de esponja (espesador), saturada de aceite, que a medida que trabaja lo dosifica sobre el mecanismo que está lubricando.

Las grasas poseen coeficientes de fricción más bajos que los aceites que se utilizan en su fabricación, especialmente en condiciones de lubricación límite. Por lo tanto, se consume menos energía con grasa que con aceite.

TABLA 6.1 Coeficiente de fricción fluida de diferentes tipos de grasas y del aceite base, en ensayos efectuados a 38°C

TIPO DE JABON	COEFICIENTE DE FRICCION FLUIDA <i>F</i>
Aceite base	0.040
Calcio	0.022
Complejo de calcio	0.024
Sodio	0.012
Lítio	0.008

El consumo de potencia se refleja en la temperatura de operación del rodamiento.

Por consiguiente, la grasa es el camino más eficaz y económico para reducir el consumo de energía y el desgaste.

6.1 ESPESADORES

Una grasa se fabrica a partir de una base metálica (jabón), ya sea de calcio, aluminio, litio, sodio, bario, etc., que es sometida a un proceso de calentamiento en donde se le añade ácidos grasos o hidróxidos. De aquí resulta un espesador, el cual se mezcla con el aceite en un agitador y la mezcla resultante se calienta de nuevo. Durante la reacción se produce glicerina y agua, ésta se vaporiza, dejando sólo la glicerina, la cual ayuda a que el espesador se solubilice en el aceite. Una vez solubilizado éste, la mezcla se enfría y el espesador pasa a estado de cristalización, en la forma deseada. Dependiendo de la velocidad de enfriamiento y del medio en el cual se lleve a cabo, se obtiene la estructura de la grase, la cual puede ser de fibra corta, media o larga. Esta estructura permite utilizarla aproximadamente para cada caso en particular. El tipo de fibra se puede determinar mediante la ayuda del microscopio.

6.2 ACEITE BASE

El aceite utilizado en la fabricación de la grasa se selecciona con las características similares del que se emplearía si el mecanismo fuese lubricado con éste y no con grasa.

Básicamente se utilizan los aceites de tipo parafínico y nafténico. Los nalfénicos se emplean ampliamente para grasas que trabajan a bajas temperaturas, por su fluidez y habilidad para combinarse con el jabón.

6.3 CONSISTENCIA DE LAS GRASAS

Se determina según el método ASTM D217, conocido como cono de penetración de las grasas lubricantes y establecido por el NLGI (Instituto Nacional de Grasas lubricantes). Este método permite hallar la consistencia de una grasa en términos de penetración, sin agitación (durante el almacenamiento). Penetración trabajada, penetración no trabajada y penetración trabajada durante prolongados períodos de tiempo. La consistencia normalmente se reporta en términos de penetración trabajada porque es el factor más representativo de las condiciones bajo las cuales opera una grasa, principalmente si se utiliza en un rodamiento.

TABLA 6.2 Clasificación ASTM y consistencia NLGI

Penetración trabajada ASTM en mm/10 25°C (77°F)	Consistencia Grado NLGI	Grado de dureza	Campo de aplicación
447 - 475	000	muy fluida	Engranajes
400 - 430	00	Fluida	Engranajes
355 - 385	0	Semifluida	Rodamientos, sistema centralizado
310 - 340	1	muy blanda	Rodamientos, sistema centralizado
265 - 295	2	Blanda	Rodamientos
220 - 250	3	Media	Rodamientos
175 - 205	4	Dura	Cojinetes lisos. Grasa en bloque
130 -160	5	muy dura	Cojinetes lisos. Grasa en bloque
85-118	6	Durísima	Cojinetes lisos. Grasa en bloque

6.4 PARAMETROS PARA LA SELECCIÓN DE LA GRASA

- Consistencia. Los grados NLGI que se emplean comúnmente son 1, 2 y 3.
- Tipo de espesante. Los más utilizados son los de litio, sodio y calcio.

- Viscosidad dinámica. Se especifica de acuerdo con la velocidad y la temperatura de operación del rodamiento.
- Factor de velocidad. Es característico de cada grasa y siempre debe estar por encima, del que se obtiene de multiplicar el diámetro medio del rodamiento en mm por la velocidad de giro en rpm.
- Temperatura de trabajo. Es función del grado NLGI de la grasa y del tipo de jabón.
- Aditivos. Es necesario tener en cuenta si la grasa requiere EP o no, de acuerdo con el tipo de cargas que se pueden presentar en operación.
- Sistema de aplicación. Influye en la consistencia de la grasa. Así, para sistemas de lubricación centralizada, por lo regular es NLGI 0 ó NLGI 1; para reengrase es 2, y para sistemas de grasa empacada es 3.

7. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN ACEITES INDUSTRIALES Y AUTOMOTORES

Los aceites y grasas industriales se clasifican de acuerdo con el tipo de servicio que desempeñar. Se dividen en lubricantes industriales y automotores.

Con mucha frecuencia el personal de mantenimiento utiliza indiscriminadamente aceite de tipo industrial y automotor en la lubricación de equipos industriales. Por lo regular no hay un concepto bien definido del porqué de estas dos clasificaciones. Es necesario tener en cuenta utilizarlas siempre en su respectivo campo porque, aunque un lubricante automotor se puede utilizar en lubricación industrial a un mayor costo, los lubricantes industriales no se pueden utilizar en lubricación automotriz, debido a que las condiciones de operación a las cuales van a estar expuestos estos lubricantes y sus características son completamente diferentes.

7.1 LUBRICANTES INDUSTRIALES

Como su nombre lo indica son aceites formulados para trabajar en plantas industriales, lubricando equipos, como reductores, compresores, bombas, rodamientos, sistemas hidráulicos, etc.

7.1.1 Sistema ISO

El sistema ISO clasifica los aceites industriales en Centistokes a 40°C. Este sistema permite además una mayor facilidad en cuanto al manejo de los lubricantes porque evita la posibilidad de una mala utilización de los aceites por parte del usuario. Además, facilita hallar el equivalente casi que inmediatamente,

puesto que el nombre del aceite debe ir acompañado de un número que indica la viscosidad en el sistema ISO.

Algunos aspectos importantes que es necesario tener en cuenta con la clasificación ISO son:

- Únicamente clasifica los aceites industriales.
- Clasifica los aceites en cSt a 40°C.
- Únicamente se relaciona con la viscosidad del aceite y no tiene nada que ver con su calidad.
- El grado ISO aparece al final del nombre del aceite, cualquiera sea su marca.

TABLA 7.1 Clasificación de la viscosidad en el Sistema ISO

Grado ISO	cSt/40°C		SSU/100°F (37°C)		SSU/210°F (98,7°C)	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
2	1,98	2,42	32,8	34,4		
3	2,88	3,52	36,0	38,2		
5	4,14	5,06	40,4	43,5		
7	6,12	7,48	47,2	52,0		
10	9,00	11,00	57,6	65,3	34,6	35,7
15	13,50	16,50	75,8	89,1	37,0	38,3
22	19,80	24,20	105,0	126,0	39,7	41,4
32	28,80	35,20	149,0	182,0	43,0	45,0
46	41,40	50,60	214,0	262,0	47,1	49,9
68	61,20	74,80	317,0	389,0	52,9	56,9
100	90,0	110,0	469,0	575,0	61,2	66,9
150	135,0	165,0	709,0	871,0	73,8	81,9
220	198,0	242,0	1047,0	1283,0	90,4	101,0
320	288,0	352,0	1533,0	1881,0	112,0	126,0
460	414,0	506,0	2214,0	2719,0	139,0	158,0
680	612,0	748,0	3298,0	4048,0	178,0	202,0
1000	900,0	1100,0	4864,0	5975,0	226,0	256,0
1500	1350,0	1650,0	7865,0	9079,0	291,0	331,0

7.1.2 Sistema AGMA

La AGMA (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes) clasifica los lubricantes para engranajes industriales, de acuerdo con una codificación que va del 1 al 8 y la cual corresponde a un rango de viscosidades en SSU a 100°F, o en cSt a 37,8°C. Aceites Compound (compuestos) y otros, con aditivos de extrema presión (EP) se encuentran en esta clasificación para condiciones donde pueden estar presentes cargas deslizantes o de impacto, como en el caso de los reductores con engranajes de tornillo sinfín, cónicos, helicoidales, etc.

TABLA 7.2 Rangos mínimo y máximo de la viscosidad en el Sistema AGMA

Número AGMA	SSU/100°F		cSt/37,8°C	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
1	193	235	41,4	50,6
2,2EP	284	347	61,2	74,8
3,3EP	417	510	90	110
4,4EP	626	765	135	165
5,5EP	918	1122	198	242
6,6EP	1335	1632	288	352
7,7 Compound, 7EP	1919	2346	414	506
8,8 Compound, 8EP	2837	3467	900	1100
8 A Compound	4171	5098	900	1000
9, 9EP	6260	7650		
10, 10EP	13350	16320		
11, 11EP	19190	23460		
12, 12EP	28370	34670		
13, 13EP	850*	1000*		

*Esta viscosidad está dada en SSU/210°F.

Los grados AGMA sin sufijo poseen inhibidores de herrumbre y oxidación (R & O).

7.1.3 Sistema ASTM

Este sistema estandariza en un solo valor la viscosidad de los aceites industriales, medida en SSU, a 100°F, teniendo en cuenta un valor mínimo y otro máximo. Algunos fabricantes de aceites utilizaron este sistema en la nomenclatura de sus productos, pero fue sustituido por el Sistema ISO.

TABLA 7.3 Rangos mínimos y máximo de la viscosidad en el Sistema ASTM

Grado de viscosidad)	SSU a 100°F (37.8°C)		Grado de viscosidad	SSU a 100°F (37.8°C)		Grado de viscosidad	SSU a 100°F (37.8°C)		
	ASTM	Min.		Max.	ASTM		Min.	Max.	ASTM
	32	32,5	34,0	105	97,0	115,9	1000	917	1121
	36	35,6	37,6	150	136,2	164,9	1500	1334	1831
	40	39,6	42,6	215	193,0	235,0	2150	1918	2344
	50	46,0	50,3	315	284,0	347,0	3150	2835	3465
	60	55,4	62,4	465	417,0	510,0	4650	4169	5095
	75	71,6	83,4	700	625,0	764,0	7000	6253	7642

7.2 CLASIFICACION DE LUBRICANTES AUTOMOTORES

- SAE (Asociación de Ingenieros Automotores). Define la necesidad.
- API (Instituto Americano del Petróleo). Desarrolla el lenguaje al consumidor.
- ASTM (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales). Define los métodos de evaluación y los objetivos de la calidad.

7.2.1 Sistema SAE

Los lubricantes automotores se clasifican según el sistema SAE (Sociedad de Ingenieros Automotores). A diferencia del sistema ISO, el número que aparece al final del nombre del aceite no indica su viscosidad en algún sistema de unidades, sino lo muy viscoso o delgado que pueda ser. Dentro de esta clasificación se encuentran los aceites para lubricación del motor y los que se utilizan en la caja y en el diferencial. Igualmente, los aceites de motor se subdividen en unígrados y multígrados, y se emplean uno u otro, dependiendo de las recomendaciones del fabricante del motor o de las condiciones climatológicas.

**TABLA 7.4 Aceites unígrados para motores de combustión interna
(Clasificación SAE J300)**

Grado SAE	Límite de viscosidad				Temperatura límite de bombeo °C
	cSt a 40°C		cSt a 100°C		
	Min.	Máx.	Min.	Máx.	
0W	19		3,8		-35
5W	21		3,8		-30
10W	26		4,1		-25
15W	42		5,6		-20
20W	50		5,6		-15
25W	110		9,3		-10
10	46	50	5,6	6,9	
20	55	60	5,6	< 9,3	
30	109	113	9,3	< 12,5	
40	140,6	189,4	12,5	< 16,3	
50	192,4	267,6	16,3	< 21,9	
60			21,9	< 26,1	

Aceites para motores de combustión interna

- *Unígrados (monógrados)*: Los aceites unígrados se caracterizan porque sólo tienen un grado de viscosidad. La letra W en algunos aceites unígrados significa Winter (invierno), lo que indica que son aceites que cuando están sometidos a bajas temperaturas no incrementan su viscosidad, sino que permanecen delgados, garantizando de esta manera, la correcta lubricación del motor.
- *Multígrados*: Los aceites multígrados es caracterizan porque poseen un alto índice de viscosidad lo cual permite que el aceite pueda ser recomendado para cubrir varios grados SAE de viscosidad. Así, un aceite como el 20W40 significa que a bajas temperaturas (mayores de -15°C) se comporta como un aceite delgado SAE 20W y a altas como un aceite grueso SAE 40

TABLA 7.5 Clasificación de los aceites multigrados

Grado SAE	Límite de viscosidad			
	cSt a 40°C		cSt a 100°C	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
5W40	100	120	16,3	19,7
10W30	60	70	9,3	13,7
15W40	90	110	13,7	16,3
15W50	120	130	16,3	19,7
20W20	61	69	5,6	9,3
20W30	90	110	9,3	13,7
20W40	120	130	13,7	16,3

Aceites para engranajes automotores

Los engranajes para servicio automotor tienen sus propios requerimientos de lubricación; por lo tanto, SAE ha clasificado los aceites para este servicio en diferentes grados de viscosidad, pero, a pesar de existir dos clasificaciones para la viscosidad de los aceites automotores (una para el motor y otra para los engranajes), en algunos casos la viscosidad de los aceites para los engranajes coinciden con los rangos de viscosidad de los aceites para los motores de combustión interna. Esta clasificación también contempla aceites unígrados y multígrados, aunque estos últimos poco se emplean en nuestro medio.

TABLA 7.6 Viscosidad de los aceites para engranajes automotores. Según la norma SAE J306 C

Grado SAE	Límite de viscosidad			
	cSt a 40°C		cSt a 100°C	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
75W	20	22	4,1	4,4
80W	65	70	7,0	9,4
85W	120	130	11,0	13,0
80	75	80	8,6	11,3
90	200	220	13,5	24,0
140	420	440	24,0	41,0
250	1200	1400	41,0	60,0
80W90	120	130	14,0	15,0
85W90	185	200	16,5	17,3
85W140	300	320	24,1	26,0

7.2.2 Clasificación API

Aceite para motores a gasolina: Se identifica con dos letras, la primera es la S (para indicar motor a gasolina) y la segunda va de la A a la G, siendo la SG la más reciente y la que especifica los aceites de más alta calidad. Hoy en día ya no se fabrican aceites de especificaciones SA y SB.

Motores Diesel: La API los clasifica con dos letras: la primera, la C, indica el tipo de motor, en este caso Diesel, y la segunda representa las condiciones bajo las cuales trabaja el motor.

Aceites para engranajes automotores: La calidad de estos aceites se fundamenta en el tipo de engranajes automotores y en la protección antidesgaste que se requiera. Identifica el tipo de servicio de acuerdo con dos letras (GL: Gear Lubricant) y con un número del 1 al 6.

TABLA 7.7 Especificaciones API para los aceites de engranajes automotores

Especificación API	Tipo de engranaje	Condiciones de operación	Características
GL-1, GL-2	Cónicos, helicoidales y sin fin	Baja presión y deslizamiento	No contiene EP ni modificadores de fricción. Llevan inhibidores de herrumbre y oxidación, antiespumantes y depresores del punto de fluidez.
GL-3	Corona	Moderadas condiciones de deslizamiento, carga y velocidad	Ligero EP
GL-4	Todos los tipos	Severas condiciones de deslizamiento carga y velocidad, MIL-L-2105	Medio EP
GL-5	Todos los tipos	Condiciones muy severas de presión, choque y deslizamiento. MIL-L 2105B.	Alto EP
GL-6	Todos los tipos	Condiciones muy severas especialmente para deslizamiento y choque	Alto EP (con modificaciones de fricción)

8. LUBRICANTES SINTÉTICOS

Un lubricante sintético es un producto que puede utilizar como materia prima una base lubricante derivada del petróleo o sustancias químicas debidamente balanceadas. Se utilizan en donde estos no ofrezcan una protección confiable, ya sea porque operan a altas o bajas temperaturas o en ambientes críticos. Las principales ventajas son:

- Elevado índice de viscosidad (IV). Mayor de 100.
- Excelente estabilidad térmica.
- Buena resistencia a la oxidación.
- No son inflamables a altas temperaturas
- Mínima cantidad de residuos de evaporación
- Adecuada protección contra la corrosión en ambientes críticos.
- Buena demulsibilidad.
- Baja tendencia a la formación de espuma.
- Elevada conductividad térmica.
- Alta adhesividad a las superficies metálicas.

- Alta miscibilidad a bajas temperaturas y baja solubilidad a altas, con todos los freones, en el caso de los aceites para refrigeración.
- Conservación de energía. Reducen el consumo de energía en los equipos que lubrican, aproximadamente en un 11%, como resultado de la disminución del frotamiento mecánico.
- Bajo coeficiente de tracción. A causa de su estructura molecular, el coeficiente de tracción (una medida análoga al coeficiente de rozamiento respecto a los sólidos) se puede proyectar con un valor más bajo que el de los aceites minerales.
- Permiten a los ingenieros proyectistas obtener mayor potencia de las máquinas sin necesidad de aumentar su tamaño.

9. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS LUBRICANTES

Estas propiedades se establecen para controlar la calidad de los lubricantes y determinar su comportamiento para una aplicación específica. De acuerdo con estas propiedades, se selecciona adecuadamente el lubricante para que éste cumpla eficientemente con sus funciones de proteger y lubricar los diferentes elementos de un equipo.

9.1 PROPIEDADES FÍSICAS

Gravedad específica: Se define como la relación entre el peso de un volumen dado de un aceite y el peso de un volumen idéntico de agua, a una temperatura específica. Por regla general es a 15,6°C (60°F).

Color o fluorescencia método: Es un indicativo del aceite nuevo, pero no tiene nada que ver con su calidad. Es característico de cada fabricante, por lo que este sólo sirve para comparar el aceite en servicio con respecto al aceite nuevo.

Viscosidad: Se define como la resistencia interna a fluir que presentan las moléculas de un líquido cuando pasan una al lado de la otra, en su movimiento, a una temperatura determinada. Se manifiesta por un aumento en la fricción interna, que trae como consecuencia elevación de la temperatura.

La viscosidad de un aceite se puede dar en alguna de las siguientes unidades, a una temperatura de referencia específica, de acuerdo al viscosímetro que se utilice:

- Segundos Saybolt Universal (S.S.U.).
- Segundos Saybolt Furol (S.S.F.) para aceites de mayor viscosidad.

- Centistoke (cSt).
- Segundos Redwood No. 1 (S.R. No. 1) Universal
- Segundos Redwood No. 2 (S.R. No. 2) Admiralty.
- Grados Engler (°E).

Índice de viscosidad: Después de la viscosidad, es la característica más importante que se debe tener en cuenta, y se define como la mayor o menor estabilidad de la viscosidad de un aceite lubricante con los cambios de temperatura, el índice de viscosidad de un aceite es un indicativo de su calidad.

Rigidez dieléctrica: Es la capacidad de aislamiento eléctrico de los aceites y se determina por la tensión en que se produce un arco eléctrico permanente entre dos electrodos sumergidos en el aceite.

9.2 PROPIEDADES TÉRMICAS

Punto de inflamación o chispa: Es la temperatura mínima a la cual los gases formados se inflaman por un instante al aproximarles una chispa o llama.

Punto de combustión: Es la temperatura a la cual se forman gases suficientes para mantener una llama durante 5 segundos como mínimo. El punto de combustión suele ser entre 30° y 60°C superior al de inflamación.

Punto de fluidez: Es la temperatura máxima a la cual el aceite lubricante aún es un fluido, y se define como la temperatura 2,7°C (5°F) por encima de la cual el aceite se mantiene en su posición cuando se inclina el recipiente en el cual está alojado. El punto de fluidez indica las limitaciones del aceite para trabajar a bajas

temperaturas. Cuando la temperatura de trabajo está muy próxima a la de fluidez del aceite, éste fluirá con dificultad hacia las superficies en movimiento debido a la estructura cristalina que empieza a formarse.

Punto de floculación: Es la temperatura máxima a la cual comienzan a separarse, floculando, parafinas u otras sustancia en solución cuando se somete a un proceso de enfriamiento una mezcla conformada por 10% de dicho aceite y por un 90% del fluido refrigerante.

Punto de congelación y de enturbiamiento: El punto de congelación es la temperatura más baja expresada en múltiplos de 30°C, a la cual se observa la no fluidez del aceite cuando se enfría.

El punto de enturbiamiento de un aceite sometido a un proceso de enfriamiento, es la temperatura a la que las parafinas u otras sustancias en solución comienzan a separarse en forma de cristales.

9.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

Residuos de carbón: Es la cantidad de carbón en porcentaje por peso, que queda después de que una muestra de aceite sometida a un proceso de evaporación y pirólisis.

Contenido de cenizas sulfatadas: Está relacionada con la cantidad de materiales no combustibles que pueden estar presentes en el aceite, como polvo, algunos aditivos y partículas metálicas provenientes del desgaste de las superficies lubricadas. En los aceites nuevos indica el contenido de aditivos órgano-metálicos y en los usados el nivel de deterioro de los aditivos o la contaminación del aceite con partículas no combustible. Los aceites minerales puros no contienen materiales que forman cenizas.

Numero de neutralización o TAN: El número de neutralización (NN) o TAN (número ácido total) de un aceite nuevo o usado es la cantidad en miligramos de una base estándar (KOH), que es necesario añadirle a un gramo del aceite para neutralizarle los ácidos que tenga. En los procesos de tratamiento con ácido de la base lubricante es esencial que todo el ácido sulfúrico se neutralice y se lave para que el aceite nuevo presente un bajo TAN.

Numero básico total (TBN): es la alcalinidad del aceite nuevo y especifica la cantidad en miligramos de un ácido (HCL) que es necesario añadirle a cada gramo de aceite nuevo para que neutralice las sustancias básicas que posee. Esta característica se refiere más a la detergencias de los aceites automotores que a los de tipo industrial, debido a que los aditivos detergentes, dispersantes aumentan la reserva alcalina del aceite.

Punto de anilina: Indica el contenido de hidrocarburos saturados (no reactivos en el aceite lubricante) y permite determinar la composición de la base (parafínica, nafténica o aromática) y su tendencia a deformar los sellos de caucho de las máquinas que lubrica el aceite.

Corrosión al cobre: La mayor parte de los aceites nuevos son absolutamente inofensivos frente a los metales, que constituyen los mecanismos a lubricar. No obstante, es de interés determinar la tendencia que presenta un lubricante para provocar corrosión en los metales blancos, tales como el babbitt, cobre, bronce, etc. La corrosividad del aceite aumenta si hay presencia de agua porque ésta puede lavar parte de los aditivos anticorrosivos del aceite.

Herrumbre: La herrumbre se debe a una reacción química que ocurre entre un material ferroso, como el hierro o el acero, y el oxígeno en presencia de agua. Puede presentar un color rojo, café, verde o negro. Otros metales, como el

aluminio y el cobre, son atacados por la herrumbre en menor grado, debido a que la capa inicial de oxígeno que se forma ayuda a retardar dicho proceso.

9.4 PROPIEDADES SUPERFICIALES

Demulsibilidad: Es la resistencia que presenta un aceite a emulsificarse con el agua cuando se encuentra en presencia de ésta. Una baja demulsibilidad puede ser el resultado de una deficiente refinación de las bases lubricantes, contaminación o uso inadecuado de aditivos.

Aeroemulsion o atrapamiento de aire: La aeroemulsión es una emulsión aire-aceite formada por burbujas diminutas de aire, de tamaño bastante inferior a los de la espuma superficial, dispersas en la masa del aceite.

Formación de espuma: Un aceite produce espuma superficial por agitación enérgica con el aire o con otro gas, y está constituida por el agrupamiento de un elevado número de burbujas de distintos tamaños. La presencia de ciertos compuestos polares en el aceite, la disminución de la presión exterior y el aumento de la viscosidad de la fase líquida favorecen la estabilidad y rigidez de la espuma.

Tensión interfacial: Es el grado de resistencia que ofrecen dos líquidos que no son miscibles a su separación cuando se ponen en contacto.

9.5 CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS GRASAS

Consistencia: Se puede definir como la propiedad que caracteriza la fluidez de la misma cuando se le aplica una presión determinada a una temperatura específica. Esta característica se da de acuerdo con la penetración ASTM, con su correspondiente valor en el sistema NLGI.

Viscosidad aparente: La viscosidad aparente de la mayor parte de las grasas disminuye cuando aumenta la temperatura o el régimen de esfuerzo cortante.

Punto de goteo: Se define como la temperatura a la cual la grasa pasa de un estado semisólido o sólido plástico (fluido no newtoniano), a líquido, y fluye a través de un orificio estándar en las condiciones del ensayo. Ninguna grasa se debe utilizar por encima de su punto de goteo, ni aun a una temperatura muy próxima a éste.

Estabilidad mecánica: Es la habilidad que tiene la grasa de retener su consistencia y aspecto de fabricación cuando está sometida a un trabajo crítico, o su capacidad para volver al estado original cuando cesa cualquier influencia transitoria.

Color: Este nunca es indicio de la calidad de la grasa

Aspecto: Esta característica depende de la viscosidad del fluido, tipo de espesante, presencia de ciertos aditivos y proceso de fabricación.

Protección contra la corrosión: Esta característica depende del tipo de jabón metálico utilizado en la fabricación de la grasa, de su capacidad para formar y mantener un sello que proteja contra la admisión de materiales corrosivos y de su reacción con el agua.

Estabilidad a la oxidación: Es la resistencia de la grasa al deterioro químico, depende de la estabilidad de los componentes de la grasa y de los antioxidantes añadidos.

Resistencia al lavado por agua: Es importante conocer esta característica porque, en muchas ocasiones, cantidad muy pequeñas de agua son suficientes para modificar la estructura de las grasas, como en el caso de las de sodio.

10. ALMACENAMIENTO, MANEJO Y USO DE LOS LUBRICANTES

Además de la correcta selección de los lubricantes para su utilización en la maquinaria, es necesario tener en cuenta determinadas normas y requisitos durante su manipulación, almacenamiento y distribución. Desde el momento en que el lubricante es fabricado hasta que se aplica al equipo, este pasa por una diversidad de situaciones intermedias, como la manipulación de la planta de lubricantes, acarreo hasta el distribuidor, transporte hasta el usuario, tiempo de permanencia y forma de almacenamiento en la bodega de la fábrica, aplicación final del equipo y accesorios, tales como recipientes, aceiteras, etc., utilizadas para aplicarle el lubricante que, según la forma como se efectúen, pueden alterar en mayor o menor grado las propiedades del lubricante y por consiguiente, su rendimiento en el equipo.

Quizás el parámetro más importante que se debe tener en cuenta es la protección y el manejo que el usuario le debe dar a los aceites y grasas; esto es tan esencial como la misma selección de las propiedades físico-químicas de dichos productos. Muchas veces se adquiere lubricantes especiales, como los sintéticos, pero en forma incorrecta se almacenan en bodegas que no tienen ningún tipo de limpieza, donde el polvo abunda por todas partes o se dejan a la intemperie, expuestos a las más críticas condiciones ambientales, como tierra, polvo, humedad o agua. En estas condiciones, los lubricantes quedan inservibles antes de ser utilizados.

11. ASPECTOS QUE SE DEBEN TENER EN CUENTA EN LA LUBRICACIÓN DE UNA PLANTA

La lubricación es una de las funciones más importantes dentro de cualquier proceso productivo y una falla en su organización puede afectar seriamente las labores del departamento de Mantenimiento y de Operaciones. Esta organización solamente se puede llevar a cabo si se cuenta con un buen programa sistematizado de lubricación y con un personal de mantenimiento y lubricación bien capacitado. Existe una idea generalizada de que lubricar es simplemente aplicar grasa o aceite y que entre mayor sea la cantidad aplicada al mecanismo, éste funcionará con mayor eficiencia y quedará mejor protegido. Se cree además que si se utiliza un aceite de una viscosidad mayor que la recomendada por el fabricante del equipo, éste podrá soportar mayores cargas o presentará menor desgaste. Muchas veces se improvisan las tareas de lubricación, dejándolas en manos de personas que poco o nada tienen que ver con este campo. Tal es el caso de aquellas empresas que cuentan con un solo lubricador y cuando este sale a vacaciones o está incapacitado, se reemplaza por lo general con alguien que en la mayoría de los casos no tiene los conocimientos necesarios para cumplir con estas funciones. Sucede que esta persona al inicio de sus labores recibe la orden perentoria de mantener los equipos "bien lubricados", para lo cual tendrá que aplicar grasa o aceite a los mecanismos que así lo requieran, pero... ¿Será posible que una persona que no ha sido entrenada debidamente ni posee conocimientos de mecánica industrial o automotriz pueda aplicar el lubricante correcto, en el momento preciso, la cantidad suficiente y a su debido tiempo?

Estos son algunos de los errores más comunes en lubricación, los cuales se deben corregir para lograr una correcta lubricación. El éxito de cualquier programa que se inicie para mejorar la lubricación de una planta, no depende solamente del

personal de mantenimiento o de las políticas que implementen los ingenieros de producción y de mantenimiento, sino en conjunto debe ser todo un programa bandera de la gerencia de la empresa. Si un programa de esta índole no tiene el respaldo de la gerencia, casi se pueden asegurar las probabilidades de fracaso como consecuencia de la resistencia normal de algunos estamentos internos de la empresa a la implementación de nuevas tecnologías o a la organización del trabajo, mediante la utilización del computador. La lubricación juega un papel muy importante en la conservación de los equipos y esto aconseja necesariamente que las universidades y los institutos tecnológicos investiguen y profundicen en áreas tan fundamentales como esta. Un buen mecánico debe ser antes que nada un excelente lubricador, y viceversa, un buen lubricador debe ser un mecánico excelente. En nuestro medio el lubricador aspira a ser un buen mecánico, pero el mecánico rara vez aspira a ser un buen lubricador. Por el contrario, en la mayoría de los casos el mecánico piensa que si hace las veces de lubricador, ésta es una tarea denigrante que lo baja de categoría. La culpa no es de éste, sino de las directrices trazadas por la Empresa. En cualquier fábrica, el hombre clave debe ser el lubricador-mecánico o el mecánico-lubricador. En muchas fábricas se han presentado tallas irreparables en los equipos, debido a que el lubricador en un momento dado no ha podido detectar a tiempo un ruido anormal en el equipo, la temperatura anormal en el mecanismo o porque en lugar de aplicar un aceite hidráulico para un equipo que lo requiere se ha utilizado un aceite automotor. El lubricador debe ser, dentro del personal de mantenimiento, quien más alta clasificación tenga y debe ocupar un puesto al cual sólo pueda aspirar el más aventajado de los mecánicos. Para lograr que un programa de lubricación se pueda llevar a cabo y funcione como tal en la práctica, tal como ha sido planeado, es indispensable que todos los departamentos que de una u otra forma tengan que ver con el funcionamiento de la maquinaria, trabajen conjuntamente y estén dispuestos, en todo momento, a colaborar con los programas de lubricación establecidos.

12. PRINCIPALES MODOS DE FALLAS EN LUBRICACION¹

12.1 ENGRANAJES

Se presenta desgaste de los piñones: Generalmente no se ha seleccionado correctamente el aceite a utilizar, bien sea por viscosidad o por clasificación de servicio. Si se ha hecho algún tipo de reparación o reconstrucción de los piñones, generalmente no se tiene la precaución de chequear el correcto tratamiento térmico que se le debe hacer a la superficie de los dientes, por consiguiente no poseen la dureza superficial acorde con el tipo de esfuerzos a que están sometidos.

Se producen elevadas temperaturas: Esto siempre se debe a la escogencia de una viscosidad inadecuada.

Ataca partes de bronce: Cuando el aceite en su formulación posee aditivos a base de azufre, en estado activo se produce ataque de piezas de bronce. Los aditivos utilizados actualmente tienen este elemento en estado inactivo y por lo tanto no ataca las partes de bronce.

El mecanismo produce ruido excesivo: En primera instancia, siempre se debe a desalineación de los ejes. Como segunda posibilidad, generalmente se debe a una errónea selección en la viscosidad del lubricante.

12.2 MAQUINADO DE METALES

Oxida las piezas: En primer término se debe observar cómo y en qué condiciones

¹ Se hace referencia a los modos de fallas en los equipos analizados en el SENA C.I.C.

se efectúa la mezcla del aceite con agua. La mayoría de las veces hay agentes contaminantes especialmente en el tanque que surte o la maquinaria.

Otra causa frecuente para la oxidación de las piezas es la no correcta proporción de agua-aceite que llega a la máquina herramienta.

No es estable la emulsión: Este tipo de observación es común cuando se utiliza aguas muy duras, es decir con altos contenidos de carbonato de calcio y sulfatos ferrosos.

Se presenta gran cantidad de espuma: Es el caso contrario al anterior, aquí se utilizan aguas muy blandas, es decir bajos contenidos de CaCO_3

12.3 SISTEMAS HIDRÁULICOS

Se re-calienta el sistema: Es el caso típico del uso de una viscosidad no recomendada, bien sea o muy alta o muy baja.

El sistema es muy lento: Al igual que la anterior, este problema se debe a la utilización de una viscosidad mayor de la recomendada.

Se baja la presión y no trabaja el sistema: Las bajas de presión ocurren generalmente por fugas en el sistema. Al igual que las anteriores la mayoría de las veces, se debe al uso de una viscosidad menor de la adecuada y por esto se presentan las fugas.

13. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL DEL SENA

La rigidez en la asignación de los recursos, la inexistencia de un comité líder del mantenimiento, la ausencia de un plan de carrera que estimule el mejoramiento continuo en el talento humano, la carencia de un sistema de información de mantenimiento y el no poseer un programa de mantenimiento son las causas más nocivas y que están impidiendo la apropiación de una cultura hacia la gestión del mantenimiento autónomo en el SENA Centro Industrial y de la Construcción.

La lubricación, como parte importante del mantenimiento, se ve muy afectada por estos antecedentes. No se han desarrollado políticas en la selección de lubricantes correspondientes al tipo de proceso y equipo, ni en las frecuencias de servicio y cambio establecidas para lograr extraer la mayor rentabilidad de los procesos y el sostenimiento y extensión de la vida útil de los equipos.

Cabe anotar que la falta de un presupuesto establecido en mantenimiento obliga a que los mismos instructores, en varias oportunidades, tengan que sacar de sus propios bolsillos el dinero que se requiere para efectuar las operaciones de mantenimiento, utilizando tiempo extra no remunerado pues tampoco se cuenta con un personal dedicado a la lubricación.

Análisis de la situación actual de los talleres a analizar, taller Torno y Taller Torno Fresa.

Aclaremos que el SENA C.I.C., en este caso Taller Torno y Taller Torno Fresa no cuenta con los manuales de todos sus equipos.

Los manuales establecen las prácticas que se deben tomar para ejecutar una correcta lubricación, indicando las frecuencias de servicio y cambio de lubricantes, los puntos a lubricar en el equipo y el tipo de lubricante a aplicar. Estos son los lubricantes que recomiendan los manuales:

TABLA 13.1 Lubricantes recomendados por los manuales de los equipos de los Talleres Torno y Torno Fresa del SENA C.I.C.

EQUIPO	LUBRICANTE	VISCOSIDAD ISO
TORNO COLCHESTER	SHELL TELLUS OIL 37 Engranajes	-
	SHELL TONNA 33	-
RECTIFICADORA CILINDRICA	MOBIL VELOCITE OIL E	ISO 10
	MOBIL VACTRA OIL N.2	ISO 46
TORNO TOS	MOBIL DTE OIL MEDIUM Aceite hidráulico	ISO 46
	MOBIL VACTRA 1 50°C R & O	ISO 46
TORNO MEUSER	SHELL TELLUS 23 Engranajes	ISO 32
	SHELL TELLUS 41 Hidráulico	ISO 68
	SHELL TONNA 72 R & O	ISO 100
	GRASA SHELL ALVANIA grasa 2	NLGI 2
RECTIFICADORA JOTES	H36 y C36 Aceites hidráulicos	ISO 68
	K2g Grasa	NLGI 2
FRESADORA HECKERT	HLP 36 Aceite hidráulico	ISO 46
	SWB 423 Grasa	NLGI 2

Los aceites que se está aplicando a los equipos en los talleres son: el Shell Tellux 46 que es un aceite hidráulico, y el Shell Brumol SP que es un aceite soluble.

Conclusiones sacadas de la comparación entre lo establecido en los manuales y las prácticas que se vienen desarrollando.

Algunos de los aceites recomendados por los manuales de los equipos difieren a los que se utilizan, tanto en la aplicación como en la viscosidad.

En la práctica no se desarrolla un plan de lubricación en los talleres analizados, solamente se tiene en cuenta una lubricación rutinaria de los equipos y el relleno de los depósitos de aceite cuando este se agota.

14. PROPUESTA PRÁCTICA DE LUBRICACION

Se propone la homologación y validación de los lubricantes, teniendo en cuenta una mayor viscosidad a la de los manuales que absorba el desgaste que tienen las piezas de las máquinas. También se obtendrá el beneficio que al tener menos tipos de aceites se ahorrará espacio de almacenamiento, economía en adquisición de lubricantes, menor confusión en compras.

TABLA 14.1 Resumen de lubricantes propuestos

TIPO	ESPECIFICACION	VISCOSIDAD
ACEITES		
R & O	ISO 68	61,2 – 74,8 cSt/40°C
Aceite hidráulico	ISO 68	61,2 – 74,8 cSt/40°C
Aceite de engranaje	ISO 100	90 – 110 cSt/40°C
GRASAS		
Grasa Multipropósito	EP 2	NLGI 2

Para el desarrollo de la propuesta de lubricación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- 1. DIEZ FASES DE LA LUBRICACION**
- 2. FICHAS, FORMATOS Y CARTAS DE LUBRICACION**
- 3. PROPUESTA DE PROGRAMA DE CAPACITACION**
- 4. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

14.1 DIEZ FASES DE LA LUBRICACIÓN

1. Menor cantidad de lubricantes correctamente seleccionados.

Analizar los requerimientos de la lubricación de toda la maquinaria.

Recomendar la menor cantidad de lubricante que puedan prestar servicios múltiples.

2. Instrucciones completas de lubricación.

Recomendar programas de lubricación simplificados.

Recomendar frecuencias de lubricación.

3. Equipo de lubricación adecuado.

Reducir costos de mano de obra.

Reducir el desperdicio de lubricantes.

4. Almacenamiento y manejo correcto.

Reducir costos de mano de obra.

Mejora la seguridad en manejo y disposición de aceites usados.

5. Extensión de la vida del lubricante.

Muestreo de aceites usados y análisis de laboratorio, que determinan la vida útil del lubricante.

Recomienda controles para escapes.

6. Purificación y disposición económica del lubricante.

Mejorar la filtración y purificación.

Control de contaminantes.

Eliminación adecuada de aceites usados.

7. Organización efectiva de la lubricación.

Mejoras en la estructura de la organización y control de mantenimiento.
Establece responsabilidades del personal.

8. Cursos de entrenamiento en el lugar de trabajo.

Tecnologías de lubricantes.
Componentes de maquinarias.

9. Controles simplificados.

Mantenimiento de historia de la máquina.
Reportes informativos sobre desempeño.
Adaptación a procesamiento de datos.

10. Establece prácticas adecuadas para el mantenimiento preventivo

Proveer programas de lubricación.
Recomendar procedimientos de inspección.
Identificar puntos críticos y áreas de costos altos.

14.2 CODIFICACIÓN DE MÁQUINAS

XX – XX – XXX – XX

Primera cifra: UBICACIÓN DEL EQUIPO. El SENA C.I.C. cuenta con diferentes tipos de aulas, las cuales también se pueden dividir de acuerdo al proceso en que intervienen. Los dos talleres a los que va dirigida la propuesta pertenecen al área de metalmecánica la cual distinguimos con las letras **ME**.

Segunda cifra: IDENTIFICACION DEL AULA. Cada área del SENA cuenta con aulas magistrales, talleres, laboratorios, etc. Las diferentes se identifican con dos números.

En nuestro caso serán:

TALLER TORNO	01
TALLER TORNO FRESA	02

Tercera cifra: TIPO DE EQUIPO. Corresponde a las tres letras características del tipo de equipo.

TIPO DE EQUIPO	CODIGO
TORNO	TOR
FRESADORA	FRE
SIERRA MECANICA	SME
RECTIFICADORA PLANA	REP
RECTIFICADORA CILINDRICA	REC
TALADRO	TAL
AFILADORA	AFL

Cuarta cifra: relaciona el número asignado a cada equipo en el aula.

TALLER TORNO		
EQUIPO	SERIE	CODIFICACION
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03025	01
TORNO TOS	307671268	02
TORNO MEUSER	27780	03
TORNO MEUSER	27782	04
TORNO MEUSER	27858	05
TORNO MEUSER	27860	06
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02011	07
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03004	08
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02019	09
TORNO TOS	307621260	10
TORNO MEUSER	27774	11
TORNO MEUSER	27793	12
TALANDRO		13

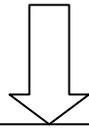
TALLER TORNO FRESA		
EQUIPO	SERIE	CODIFICACION
TORNO COLCHESTER		01
TORNO MEUSER	27790	02
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02024	03
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03006	04
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03027	05
FRESADORA MRF	190410	06
SIERRA MECANICA KATOWICE	1584	07
RECTIFICADORA PLANA JOTES	2569/1981	08
RECTIFICADOR CILINDRICA		09
AFILADORA UNIVERSAL ELITE	7359.551	10
FRESADORA HECKERT	2259/81	11
FRESADORA HECKERT	2260/81	12
FRESADORA MRF		13
TORNO ENCO MAT	D3F I7006	14
TORNO ENCO MAT	D3F I7001	15
TALADRO ERLO	369-499	16

CODIGOS DE LOS EQUIPOS

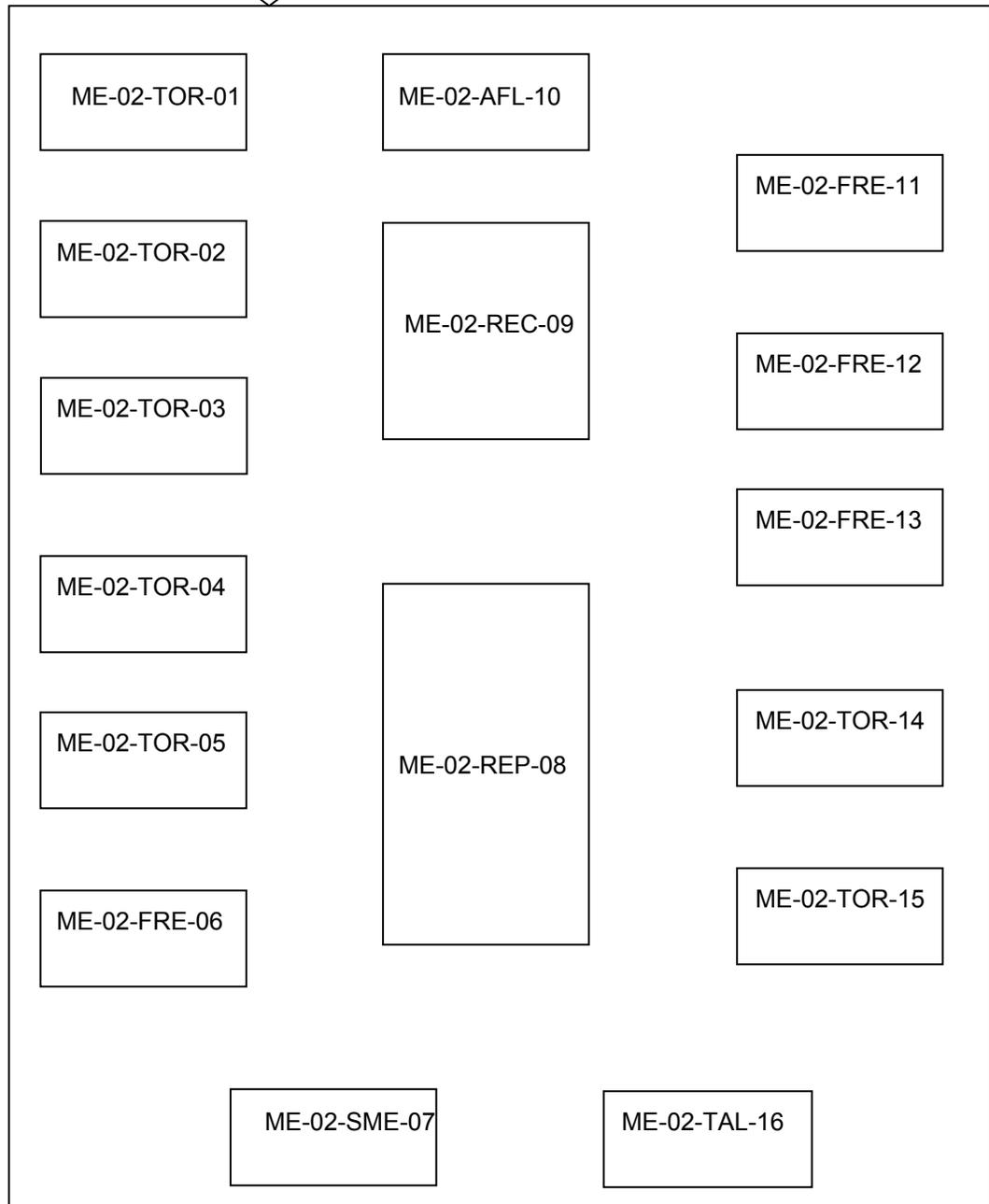
TALLER TORNO		
EQUIPO	SERIE	CODIGO
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03025	ME-01-TOR-01
TORNO TOS	307671268	ME-01-TOR-02
TORNO MEUSER	27780	ME-01-TOR-03
TORNO MEUSER	27782	ME-01-TOR-04
TORNO MEUSER	27858	ME-01-TOR-05
TORNO MEUSER	27860	ME-01-TOR-06
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02011	ME-01-TOR-07
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03004	ME-01-TOR-08
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02019	ME-01-TOR-09
TORNO TOS	307621260	ME-01-TOR-10
TORNO MEUSER	27774	ME-01-TOR-11
TORNO MEUSER	27793	ME-01-TOR-12
TALADRO		ME-01-TAL-13

TALLER TORNO FRESA		
EQUIPO	SERIE	CODIGO
TORNO COLCHESTER		ME-02-TOR-01
TORNO MEUSER	27790	ME-02-TOR-02
TORNO MAXIMAT	D1A 81 02024	ME-02-TOR-03
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03006	ME-02-TOR-04
TORNO MAXIMAT	D1A 81 03027	ME-02-TOR-05
FRESADORA MRF	190410	ME-02-FRE-06
SIERRA MECANICA KATOWICE	1584	ME-02-SME-07
RECTIFICADORA PLANA JOTES	2569/1981	ME-02-REP-08
RECTIFICADOR CILINDRICA		ME-02-REC-09
AFILADORA UNIVERSAL ELITE	7359.551	ME-02-AFL-10
FRESADORA HECKERT	2259/81	ME-02-FRE-11
FRESADORA HECKERT	2260/81	ME-02-FRE-12
FRESADORA MRF		ME-02-FRE-13
TORNO ENCO MAT	D3F I7006	ME-02-TOR-14
TORNO ENCO MAT	D3F I7001	ME-02-TOR-15
TALADRO ERLO	369-499	ME-02-TAL-16

UBICACIÓN DE EQUIPOS TALLER TORNO FRESA

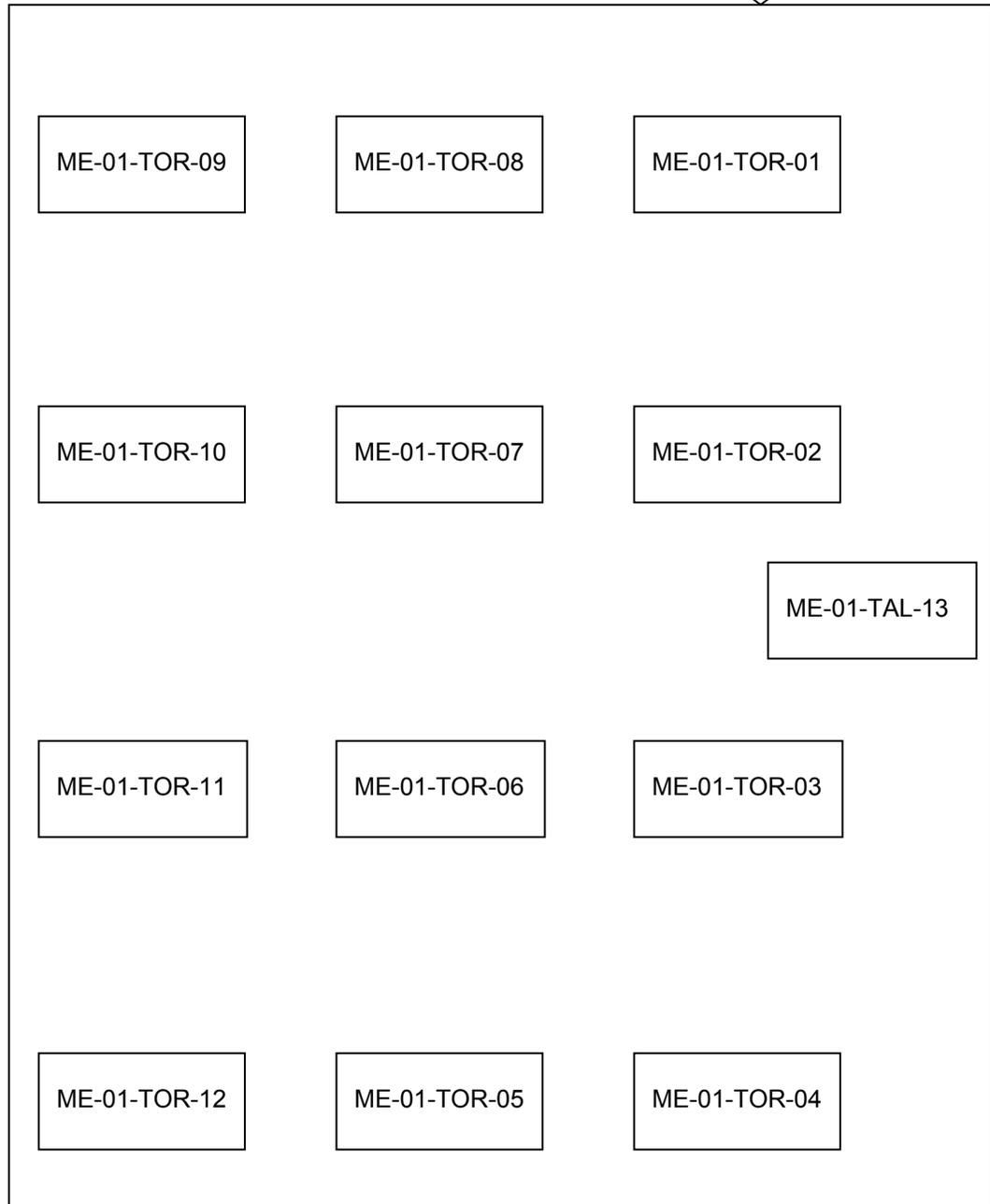
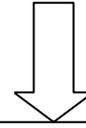


ENTRADA



**UBICACIÓN DE EQUIPOS
TALLER TORNO**

ENTRADA



14.3 FICHAS DE LUBRICACIÓN

Ficha de Lubricación

TALLER TORNO

Sección :

SENA C.I.C.

Dic-04

Cartagena

Localización:

Código	Equipos	Sistemas	Componente	Lubricante Genérico	Cambio Frecuencia	Observaciones
ME-01-TOR-01	TORNO (Marca MAXIMAT)	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
		Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
		Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
ME-01-TOR-02	TORNO (Marca TOS)	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
		Caja de velocidades	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
		Cabezal fijo	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
		Tablero o delantal	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
		Soportes del Husillo	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h
		Contrapunta	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h
ME-01-TOR-03	TORNO (Marca MEUSER)	Guías de la bancada	Punto de Lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubr. Antes de servicio
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
		Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
		Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
ME-01-TOR-04	TORNO (Marca MEUSER)	Soporte de Husillos	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
		Delantal	Punto de lubricación	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
		Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
		Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
ME-01-TOR-05	TORNO (Marca MAXIMAT)	Soporte de Husillos	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Caja de Velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
		Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
ME-01-TOR-06	TORNO (Marca MAXIMAT)	Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
		Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente

Ficha de Lubricación

Sección :

TALLER TORNO

SENA C.I.C.

Cartagena

Localización:

Dic-04

Código	Equipos	Sistemas	Componente	Lubricante		Cambio	Observaciones
				Generico	Frecuencia		
ME-01-TOR-07	TORNO (Marca MEUSER)	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
		Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
ME-01-TOR-08	TORNO (Marca MEUSER)	SopORTE de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
ME-01-TOR-09	TORNO (Marca MAXIMAT)	Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
		SopORTE de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h	
		Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h	
ME-01-TOR-10	TORNO (Marca TOS)	Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
		SopORTE de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
		Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
ME-01-TOR-11	TORNO (Marca MEUSER)	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
		Caja de velocidades	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h	
		Cabezal fijo	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h	
		Tablero o delantal	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h	
ME-01-TOR-12	TORNO (Marca MEUSER)	SopORTE del Husillo	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h	
		Contrapunta	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h	
		Guías de la bancada	Punto de Lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubr. Antes de servicio	
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
ME-01-TOR-11	TORNO (Marca MEUSER)	Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
		Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
		Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
ME-01-TOR-12	TORNO (Marca MEUSER)	SopORTE de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h	
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
ME-01-TOR-12	TORNO (Marca MEUSER)	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente	
		Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente	
		SopORTE de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h	
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h	

Ficha de Lubricación

TALLER TORNO FRESA

Sección :

SENA C.I.C.

Dic-04

Catagena

Localización:

Código	Equipos	Sistemas	Componente	Lubricante		Cambio Frecuencia	Observaciones
				Generico			
ME-02-TOR-01	TORNO (Marca COLCHESTER)	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O			Limpiar y Lubricar diariamente
		Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
ME-02-TOR-02	TORNO (Marca MEUSER)	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Lubricar cada 500h
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Caja de velocidad	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Delantal	Punto de lubricación	ISO 68 R & O			Limpiar y Lubricar diariamente
ME-02-TOR-03	TORNO (Marca MAXIMAT)	Guías	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
		Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Lubricar cada 500h
		Soporte de Husillos	Punto de lubricación	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
		Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O			Limpiar y Lubricar diariamente
ME-02-TOR-04	TORNO (Marca MAXIMAT)	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje		2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje		2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
ME-02-TOR-05	TORNO (Marca MAXIMAT)	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Lubricar cada 500h
		Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
		Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O			Limpiar y Lubricar diariamente
		Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje		2000h	Revisar nivel cada 2000h
ME-02-FRE-06	FRESADORA (Marca MRF)	Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje		2000h	Revisar nivel cada 2000h
		Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Chequear nivel cada 1000h
		Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
		Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Lubricar cada 500h
ME-02-SME-07	SIERRA MECANICA (Marca KATOWICE)	Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito			Chequear lubricación diariamente
		Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O			Limpiar y Lubricar diariamente
		Engranaje principal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje		2000h	Controlar el nivel constantemente
		Guías	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Limpiar y lubricar diariamente
ME-02-SME-07	SIERRA MECANICA (Marca KATOWICE)	Engranaje de avance	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Controlar el nivel constantemente
		Consola					
ME-02-SME-07	SIERRA MECANICA (Marca KATOWICE)	Reductor	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito			Limpiar y Lubricar Semanalmente
		Cojinetes de las Bieletas	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito			Lubricar cada 200h
		Sistema Hidráulico	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico		2000h	Chequear nivel cada 1000h

Ficha de Lubricación

Sección :

TALLER TORNO FRESA

SENA C.I.C.

Localización: Cartagena

Dic-04

Código	Equipos	Sistemas	Componente	Lubricante		Cambio Frecuencia	Observaciones
				Generico			
ME-02-REP-08	RECTIFICADORA PLANA (Marca JOTES)	Husillo de la muela (Rodamientos) Guías de la mesa Sistema hidráulico	Punto de grasa Depósito	EP 2 Grasa Multipropósito ISO 68 Aceite Hidráulico	2000h	Lubricar cada 500h Rellenar regularmente depósito de lubricante	
ME-02-REC-09	RECTIFICADORA CILINDRICA	Sistema Hidráulico Guías	Depósito Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico ISO 68 R & O	2000h	Chequear nivel cada 1000h Rellenar regularmente depósito de lubricante	
ME-02-AFL-10	AFILADORA UNIVERSAL (Marca ELITE)	Guías Consola	Punto de Lubricacion Punto de grasa	ISO 68 R & O EP 2 Grasa multipropósito		Limpiar y Lubricar diariamente Lubricar cada 500h	
ME-02-FRE-11	FRESADORA (Marca HECKERT)	Engranaje principal Soporte del husillo porta fresa Guías Engranaje de avance Consola	Depósito Depósito Depósito	ISO 100 Aceite de Engranaje ISO 68 Aceite hidráulico ISO 68 Aceite hidráulico	2000h 2000h 2000h	Controlar el nivel constantemente Controlar el nivel constantemente Limpiar y lubricar diariamente Controlar el nivel constantemente	
ME-02-FRE-12	FRESADORA (Marca HECKERT)	Engranaje principal Soporte del husillo porta fresa Guías Engranaje de avance Consola	Depósito Depósito Depósito	ISO 100 Aceite de Engranaje ISO 68 Aceite hidráulico ISO 68 Aceite hidráulico	2000h 2000h 2000h	Controlar el nivel constantemente Controlar el nivel constantemente Limpiar y lubricar diariamente Controlar el nivel constantemente	
ME-02-FRE-13	FRESADORA (Marca MRF)	Engranaje principal Guías Engranaje de avance Consola	Depósito Depósito	ISO 100 Aceite de Engranaje ISO 68 Aceite hidráulico	2000h 2000h	Controlar el nivel constantemente Limpiar y lubricar diariamente Controlar el nivel constantemente	
ME-02-TOR-14	TORNO (Marca EMCO)	Cabezal Caja de velocidad Delantal Guías Soporte de Husillos	Depósito Depósito Punto de lubricación Punto de grasa	ISO 100 Aceite de engranaje ISO 68 Aceite hidráulico ISO 68 R & O EP 2 Grasa multipropósito	2000h 2000h 2000h	Chequear nivel cada 1000h Chequear nivel cada 1000h Limpiar y Lubricar diariamente Lubricar cada 500h	
ME-02-TOR-15	TORNO (Marca EMCO)	Cabezal Caja de velocidad Delantal Guías Soporte de Husillos	Depósito Depósito Punto de lubricación Punto de grasa	ISO 100 Aceite de engranaje ISO 68 Aceite hidráulico ISO 68 R & O EP 2 Grasa multipropósito	2000h 2000h	Chequear nivel cada 1000h Chequear nivel cada 1000h Limpiar y Lubricar diariamente Lubricar cada 500h	
ME-02-TAL-16	TALADRO (Marca ERLO)	Caja de Velocidades Corredera Vertical	Depósito Punto de Grasa	ISO 100 Aceite de engranaje EP 2 Grasa multipropósito	2000h	Chequear nivel cada 1000h Lubricar cada 500h	

14.4 FORMATOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

FORMATO DE CONTROL DE CAMBIOS

En este formato se establece el cronograma mensual de acción de lubricación para cada año, indicando en el correspondiente mes la acción a tomar.

FECHAS Y CANTIDADES AGREGADAS A LOS DEPOSITOS

En este formato, por equipo, se anota la fecha de relleno o cambio de lubricante, y la cantidad que se aplica a cada depósito. Se debe establecer la fecha del próximo en la casilla siguiente, verificando la cantidad de lubricante que se agrega o el cambio.

También se anotan las observaciones notadas durante el relleno del depósito.

FORMATO DE REVISION SEMANAL

Al iniciar la semana laboral, se debe realizar una revisión de cada equipo. Esta revisión permite determinar el desempeño del equipo semana por semana. Si se detecta alguna falla, debe informarse a la persona de mantenimiento y realizar la ORDEN DE SERVICIO en el que se establecen las acciones a tomar.

También es pertinente anotar en este formato las anomalías encontradas durante alguna labor diaria.

ORDEN DE SERVICIO

En este formato, el encargado de mantenimiento anota las instrucciones para realizar los servicios de mantenimiento, de acuerdo con las necesidades identificadas durante la revisión semanal.

Al finalizar el trabajo indicado en este formato, el mantenedor/mecánico anota la fecha, sus iniciales y el tiempo empleado para realizar el trabajo asignado.

Los repuestos y materiales utilizados durante los servicios de mantenimiento deben ser registrados en este formato. En caso de cambiar un lubricante o de realizar un relleno, el lubricador registrará el volumen del lubricante empleado.

FORMATO DE CONTROL DE CAMBIOS

SECCIÓN: TALLER DE TORNO FRESA

RESPONSABLE:	2004											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Código	Componente											
	Sistemas											
	Equipos											
ME-02-TOR-01	TORNO (Marca COLCHESTER)			Cabezal Caja de velocidad Delantal			Deposito Deposito					
ME-02-TOR-02	TORNO (Marca MEUSER)			Cabezal Caja de velocidad Delantal			Deposito Deposito					
ME-02-TOR-03	TORNO (Marca MAXIMAT)			Cabezal Caja de Velocidad Delantal			Deposito Deposito Deposito					
ME-02-TOR-04	TORNO (Marca MAXIMAT)			Cabezal Caja de Velocidad Delantal			Deposito Deposito Deposito					
ME-02-TOR-05	TORNO (Marca MAXIMAT)			Cabezal Caja de Velocidad Delantal			Deposito Deposito Deposito					
ME-02-FRE-06	FRESADORA (Marca MRF)			Engranaje principal Guías Engranaje de avance Consola			Depósito Depósito					
ME-02-SME-07	SIERRA MECANICA (Marca KATOWICE)			Sistema Hidráulico			Deposito					
ME-02-REP-08	RECTIFICADORA PLANA (Marca JOTES)			Guías de la mesa Sistema hidráulico			Depósito					
ME-02-REC-09	RECTIFICADORA CILINDRICA			Sistema Hidráulico Guías			Deposito Deposito					
ME-02-FRE-11	FRESADORA (Marca HECKERT)			Engranaje principal Soporte del husillo porta fresa Guías Engranaje de avance Consola			Depósito Depósito Depósito Depósito					
ME-02-FRE-12	FRESADORA (Marca HECKERT)			Engranaje principal Soporte del husillo porta fresa Guías Engranaje de avance Consola			Depósito Depósito Depósito Depósito					

ORDEN DE SERVICIO

EQUIPO No.		ORDEN No.		FECHA	
------------	--	-----------	--	-------	--

SERVICIO	INSTRUCCIONES	Super.	Mec.	hr

REPUESTOS Y MATERIALES UTILIZADOS

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL

Supervisor de
mantenimiento

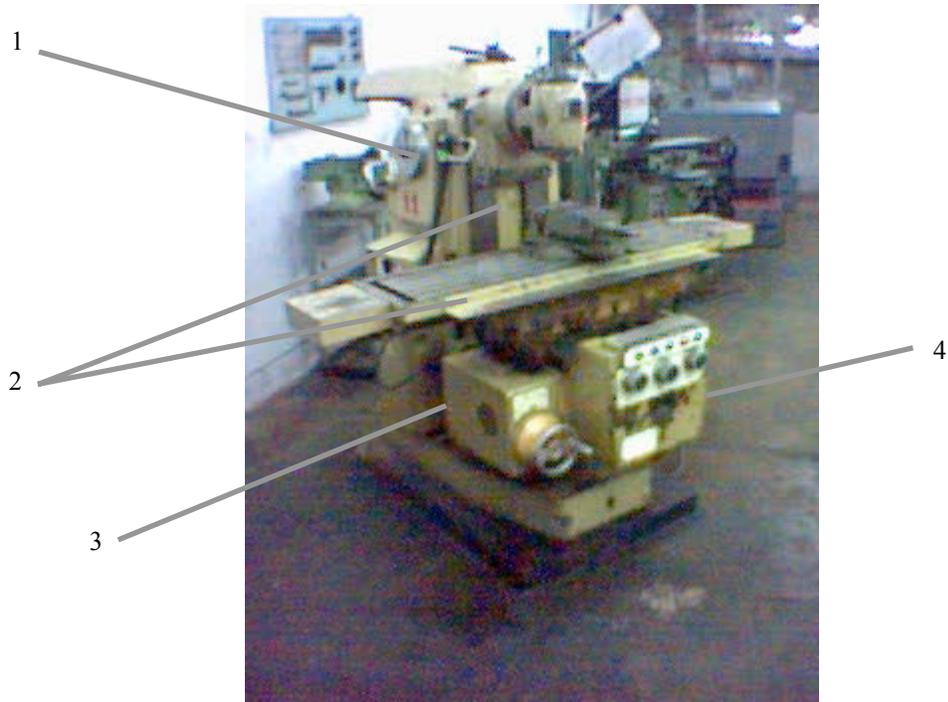
Mecánico asignado

Lubricador asignado

14.5 CARTAS DE LUBRICACION DE EQUIPOS

FRESADORA HECKERT

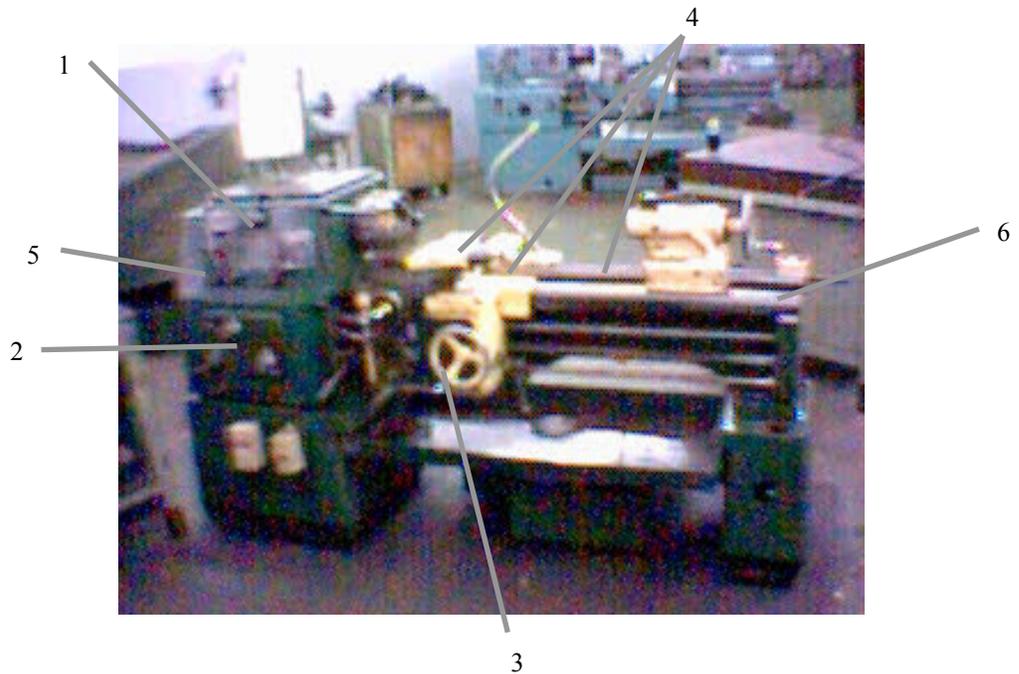
PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Engranaje principal	Depósito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Controlar el nivel constantemente
2	Guías	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Limpiar y lubricar diariamente
3	Engranaje de avance				Controlar el nivel constantemente
4	Consola				

TORNO MEUSER M OOL

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN

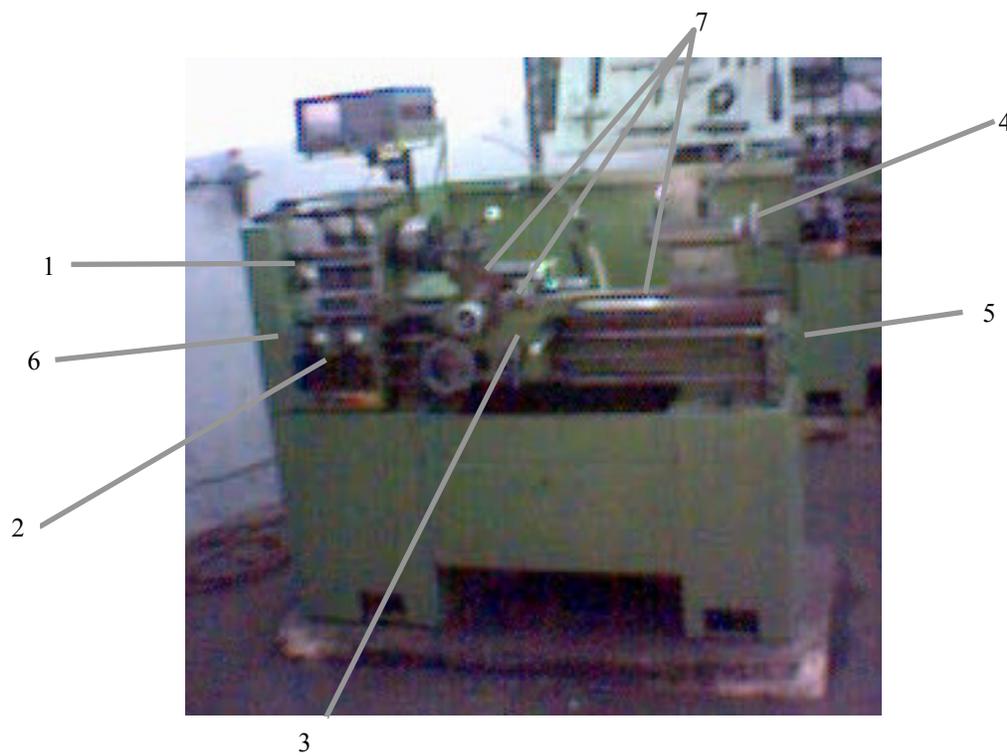


NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
2	Caja de velocidad				
3	Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
4	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
5	Ruedas de Cambio	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
6	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h

TORNO TOS

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN					
					
NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Caja de velocidades	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
2	Cabezal fijo	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
3	Tablero o delantal	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Controlar nivel cada 8h
4	Soportes del Husillo	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h
5	Contrapunta	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Chequear nivel constantemente y completar cada 50h
6	Guías de la bancada	Punto de Lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubr. antes de servicio

TORNO MAXIMAT V-13

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN					
					
NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
2	Caja de Velocidad	Deposito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Revisar nivel cada 2000h
3	Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
4	Cabezal móvil	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
5	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h
6	Piñones de cambio de giro	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Chequear lubricación diariamente
7	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente

RECTIFICADORA PLANA JOTES

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Husillo de la muela (Rodamientos)	Punto de grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Lubricar cada 500h
2	Guías de la mesa	Depósito	ISO 68 Aceite Hidráulico	2000h	Rellenar regularmente deposito de lubricante
3	Sistema hidráulico				

RECTIFICADORA CILINDRICA

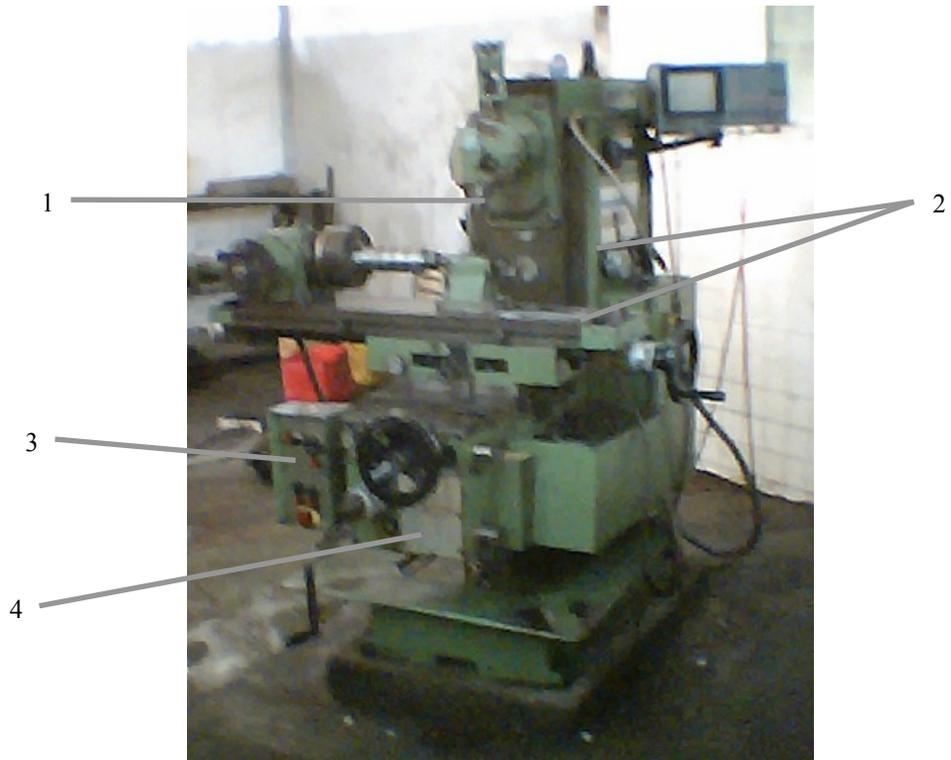
PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Sistema Hidráulico	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
2	Guías	Deposito	ISO 68 R & O		Rellenar regularmente deposito de lubricante

FRESADORA MRF

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Engranaje principal	Depósito	ISO 100 Aceite de Engranaje	2000h	Controlar el nivel constantemente
2	Guías	Depósito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Limpiar y lubricar diariamente
3	Engranaje de avance				Controlar el nivel constantemente
4	Consola				

TORNO COLCHESTER

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
2	Caja de velocidad				
3	Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
4	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
5	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h

AFILADORA UNIVERSAL ELITE

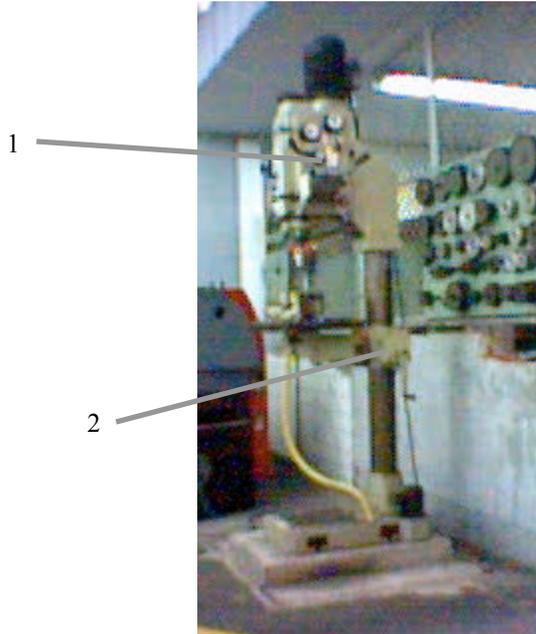
PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Guías	Punto de Lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
2	Consola	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h

TALADRO ERLO

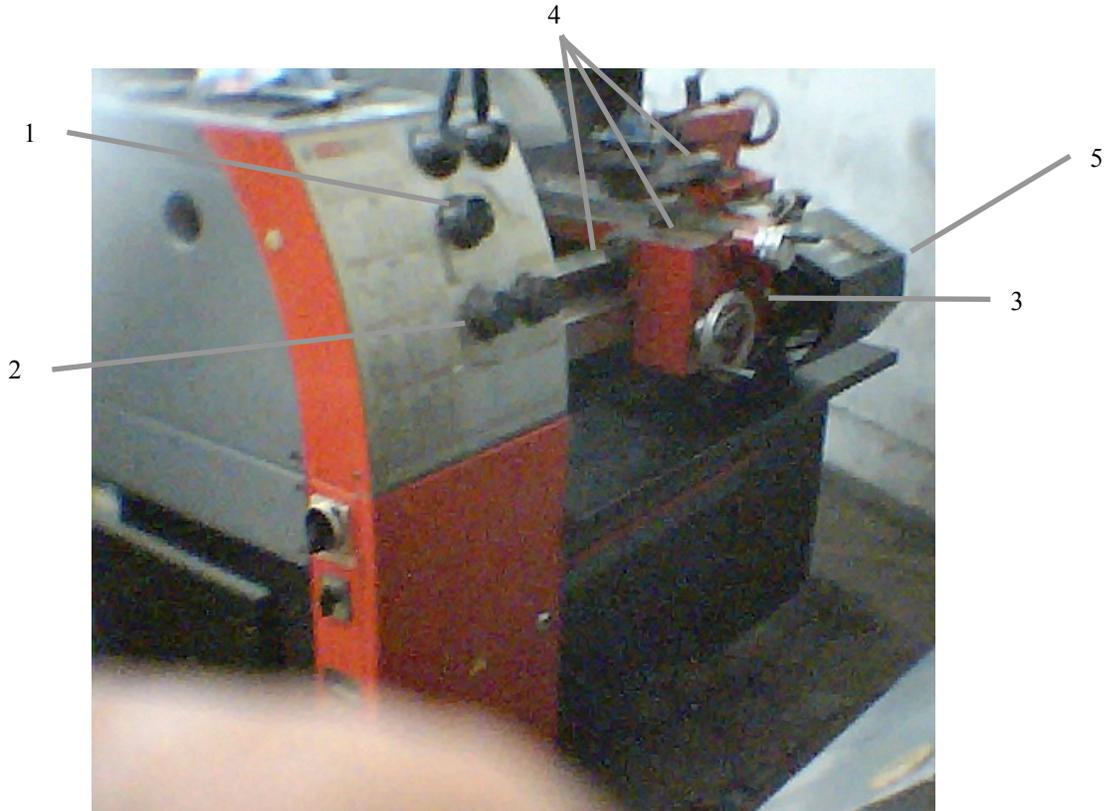
PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Caja de Velocidades	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
2	Corredera Vertical	Punto de Grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h

TORNO EMCO MAT

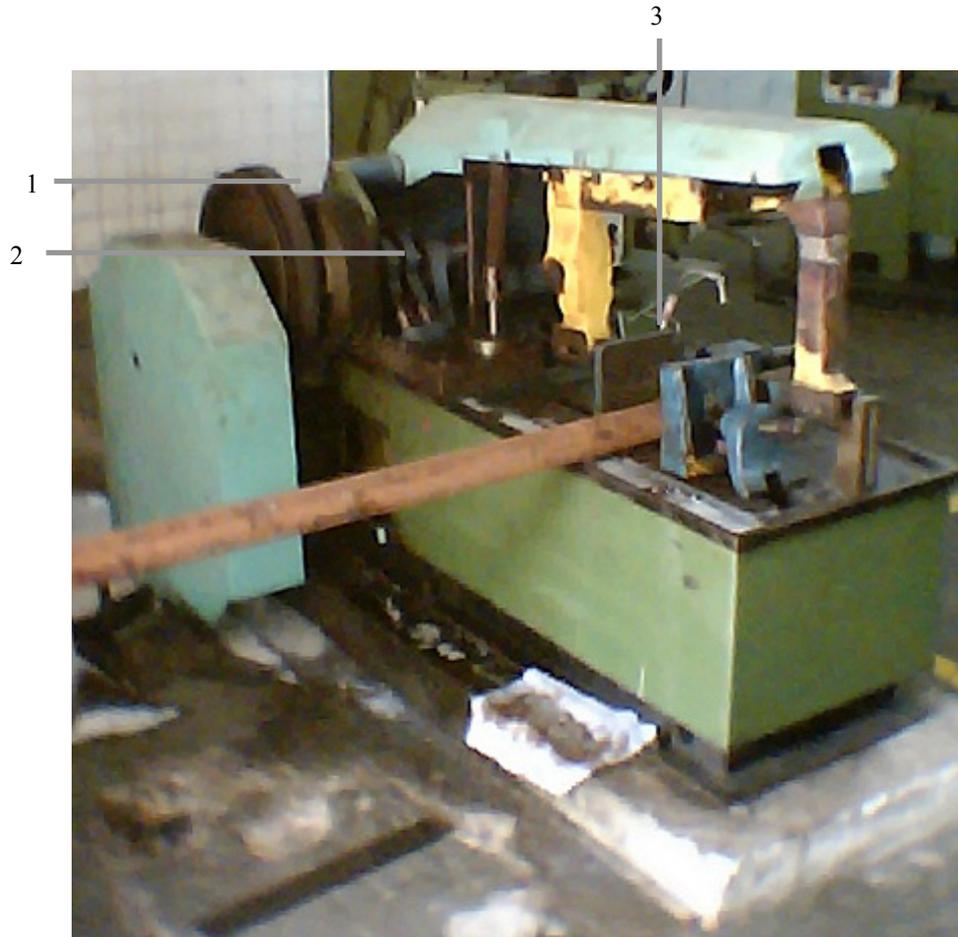
PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Cabezal	Deposito	ISO 100 Aceite de engranaje	2000h	Chequear nivel cada 1000h
2	Caja de velocidad				
3	Delantal	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h
4	Guías	Punto de lubricación	ISO 68 R & O		Limpiar y Lubricar diariamente
5	Soporte de Husillos	Punto de grasa	EP 2 Grasa multipropósito		Lubricar cada 500h

SIERRA MECANICA KATOWICE

PLANO DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN



NO.	SISTEMA	COMPONENTE	LUBRICANTE	FRECUENCIA CAMBIO	OBSERVACION
1	Reductor	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Limpiar y Lubricar Semanalmente
2	Cojinetes de las Bielas	Punto de Grasa	EP 2 Grasa Multipropósito		Lubricar cada 200h
3	Sistema Hidráulico	Deposito	ISO 68 Aceite hidráulico	2000h	Chequear nivel cada 1000h

14.6 PROPUESTA DE PROGRAMA DE CAPACITACION

Los directivos de las empresas están cada día más concientes de la necesidad del entrenamiento adecuado del personal para el desempeño de sus labores. En muchos casos existen departamentos especiales para capacitar y entrenar a sus empleados con el fin de lograr una óptima producción de su maquinaria.

El entrenamiento de los lubricadores, del personal de mantenimiento y de los operarios de las máquinas, ayuda a lograr mayor efectividad en la lubricación, despierta mayor interés en esta labor y proporciona la información correcta.

La información bibliográfica presentada en esta propuesta hace parte del conocimiento básico que el personal relacionado en forma directa con la operación del programa de mantenimiento debe manejar.

14.7 PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un programa efectivo de lubricación es la clave de un buen sistema de mantenimiento preventivo. La inspección periódica de la máquina, el análisis continuo de las condiciones de operación, la identificación de las áreas que presentan altos costos y otras medidas de mantenimiento preventivo están estrechamente ligados al sistema de lubricación.

En esta propuesta incluimos el análisis de aceites como parte importante en el desarrollo de un buen mantenimiento preventivo.

14.7.1 Análisis de aceite

El Análisis de Aceite comprende la realización de pruebas de laboratorio, el almacenamiento, procesamiento y análisis de los resultados de las pruebas. Estos

elementos se combinan para proveer al usuario información precisa y rápida que sirva como soporte a los programas de mantenimiento preventivo y predictivo de cada empresa, teniendo como base el análisis progresivo del aceite en servicio.

Usos y Beneficios para el cliente:

- Determina el estado del lubricante
- Diagnostica el estado del equipo
- Soporte para programas de mantenimiento
- Respaldo para reclamaciones de garantía
- Reducción de costos de mantenimiento
- Incremento en productividad de equipos
- Monitorea la eficiencia operativa
- Fuente de Información Gerencial

Estos beneficios se traducen en NEGOCIOS MAS RENTABLES

Implementación

El Análisis de Aceite es muy efectivo como herramienta de diagnóstico cuando las muestras de aceite se extraen y analizan a intervalos programados. El análisis de "tendencia" que se hace para cada equipo o máquina, con base en los resultados históricos de las pruebas de laboratorio, permite la detección oportuna de fallas

incipientes o comportamientos anormales antes que se conviertan en daños costosos.

El Responsable del Área de Mantenimiento debe seleccionar los equipos críticos o claves que estarán controlados por el programa y obtener los datos de operación y rutinas de lubricación (Línea Base). Establecidos los parámetros de inicio, se implementa el programa de muestreo de aceite. El intervalo adecuado de muestreo de aceite depende del tipo de máquina, condiciones de operación, ambiente y otras variables.

Algunas de las condiciones críticas detectadas por medio del Análisis de Aceite incluyen:

- Desgastes anormales de mecanismos o componentes de motores, engranajes, sistemas hidráulicos, compresores, bombas, etc.
- Contaminación del aceite con combustible (principalmente en motores), agua y otros agentes.
- Fallas en los sistemas de filtración de los equipos, que ocasiona admisión de polvo o contaminantes del medio ambiente circundante.
- Rendimiento pobre de los equipos debido a relaciones aire-combustible incorrectas.
- Tipo o grado incorrecto de aceite usado.
- Períodos de cambio de aceite demasiado prolongados o, por el contrario, muy cortos.

Pasos del análisis de aceite.

1. Control de mantenimiento y muestreo de aceite.
2. Envío de la muestra de aceite.
3. Análisis del aceite.
4. Diagnóstico del aceite y equipo.
5. Reporte de diagnóstico.
6. Acciones de mantenimiento preventivo.

MUESTREO – Procedimiento y práctica

Una muestra de aceite es de solo 100 ml. Esta pequeña cantidad debe ser representativa de todo el aceite en servicio en un equipo. Para asegurar el máximo beneficio del Análisis de aceite, es vital que se tengan procedimientos correctos de muestreo.

Hay dos métodos para obtener muestras de aceite:

a. Drenar la muestra

Esta es la forma más rápida, simple y limpia de tomar una muestra. Asegúrese que la conexión de toma o punto de derivación no esté en un área "muerta" donde los contaminantes puedan depositarse (área de poco flujo de aceite o sin presión).

Procedimiento - Drenaje mediante unión o punto de derivación:

1. Abra la válvula y deje drenar una pequeña cantidad de aceite.
2. Ubique el recipiente de toma de muestra en el flujo de aceite.

3. Cuando el frasco esté lleno, tápelo herméticamente para evitar contaminación de la muestra.
4. Coloque la etiqueta de identificación respectiva.

Procedimiento - Tapón de drenaje:

Los tapones de drenaje en el cárter o sumidero de aceite pueden ser usados si no hay otra alternativa satisfactoria o disponible. Las muestras de aceite tomadas de esta forma pueden dar altas lecturas de contaminantes, como polvo, metales, etc., que no son fiel reflejo de la realidad. Por esto, es necesario que se tenga especial cuidado durante la recolección de la muestra.

El siguiente procedimiento es recomendado:

1. Limpie cuidadosamente el área alrededor del tapón de drenaje.
2. Remueva el tapón de drenaje y permita que cerca de 200 a 300 ml. de aceite sean evacuados.
3. Ubique el frasco recolector en el flujo de aceite.
4. Tape herméticamente el frasco y coloque la etiqueta correspondiente.

b. Succión de la muestra

Este método puede ser usado si no hay disponible un punto de derivación o conexión para el drenaje de la muestra, Es indispensable que los tubos o mangueras utilizados para la toma se reemplacen después de cada muestra, para evitar contaminación entre muestras.

Procedimiento - Toma de muestra mediante bomba de vacío:

1. Inserte cerca de 5 cm. de manguera por el puerto respectivo de la bomba.
2. Coloque el frasco de recolección de la muestra, roscándolo a la bomba. Ensamble firmemente para asegurar buen sello. La boca del frasco debe estar a nivel con el extremo de la manguera.
3. Presione el pistón de la bomba completamente hacia adelante e introduzca el otro extremo de la manguera en el equipo. En lo posible, asegúrese que la muestra no se tome del fondo del cárter.
4. Soporte con una mano la bomba y el frasco ensamblados, y hale el pistón hacia atrás con un movimiento suave y continuo. Repita si es necesario.
5. Asegúrese de drenar suficiente aceite para llenar el recipiente.
6. Es importante que el conjunto frasco-bomba se mantenga en posición vertical para prevenir que e) aceite contamine la bomba. De llegar a ocurrir esto, desensamble y haga un lavado total con kerosene. Secar cuidadosamente la bomba antes de reensamblar. No utilice petróleo o fluidos desengrasantes para hacer el lavado.
7. Tomada la totalidad de la muestra, retire la manguera y deséchela. Tape el frasco herméticamente.
8. Llene la información de la etiqueta y péguela al recipiente.

NOTA: Las muestras de aceite deben tomarse cuando el aceite ha alcanzado su temperatura de operación y el equipo se encuentra trabajando normalmente o

recién apagado. Esto es indispensable para obtener suficiente mezcla del aceite con cualquier contaminante que se haya depositado en el cárter o sumidero.

Es importante mantener el método de muestreo adoptado. Variaciones de método pueden conducir a resultados inconsistentes.

PUNTOS DE MUESTREO²

Es fundamental escoger un punto de extracción de muestra que permita obtener muestras representativas con facilidad, preferiblemente sin necesidad de remover guardas u otras partes de la máquina.

Lo siguiente ilustra los sitios óptimos para toma de muestras en varios equipos:

Sistemas Hidráulicos:

- Tomar la muestra en la línea de retorno antes del filtro.
- El punto de muestreo debe estar ubicado después que el aceite ha pasado por el último elemento o componente que "trabaja" en el sistema, ya sea motor, válvula, cilindro o actuador.

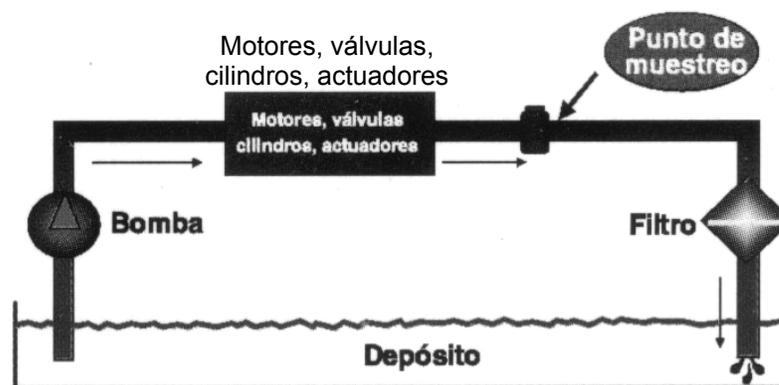


FIGURA 14.1 Punto de muestreo en un sistema hidráulico

² Se hace referencia a los puntos de muestreo típicos de los equipos analizados en el SENA C.I.C.

Reductores o cajas de engranajes:

- Tomar la muestra de algún punto conveniente antes que el aceite ingrese a la caja de engranajes.
- En sistemas de circulación, entre el enfriador de aceite (si lo hay) y la caja.
- En sistemas lubricados por salpique en el punto medio del depósito de aceite.

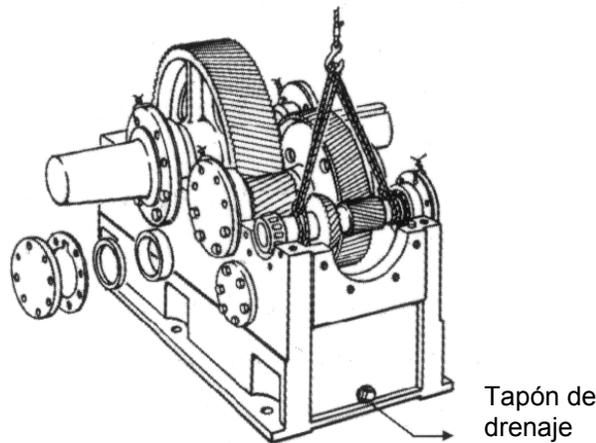


FIGURA 14.2 Punto de muestreo de un reductor

REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Para obtener el máximo beneficio del programa de Análisis de Aceite, es fundamental que se diligencie completamente la información requerida en el formato de solicitud de laboratorio. En general se debe:

- Especificar el tipo y marca del equipo.
- Especificar el componente del que se tomó la muestra.

- Especificar el lubricante en uso.
- Registrar el tiempo de uso del aceite.
- Registrar el consumo de aceite mientras que ha estado en uso o los rellenos efectuados al sistema.
- Indicar al laboratorio cualquier mantenimiento importante realizado al equipo desde el último intervalo de muestreo.

Si no es notificado, se puede mal interpretar la contaminación debida a un reensamble y/o el desgaste de partes nuevas durante el período de arranque.

INSTRUCCIONES DE ENVIO

Ponga los frascos que contienen las muestras de aceite en las cajas de envío por correo diseñadas para tal fin. Diligencie el rótulo con la información del remitente. Las cajas tienen preimpresa la dirección del destinatario. **NO RETENGA LAS MUESTRAS** - Envíelas el mismo día que se tomaron.

CONJUNTO DE PRUEBAS REALIZADAS³

Esta tabla proporciona directrices generales sobre el tipo de pruebas efectuadas, según se trate de lubricantes para aplicaciones automotrices, fuera de carretera, marinos o industriales.

³ Se hace referencia a los análisis de lubricantes recomendados en los equipos analizados en el SENA C.I.C.

TABLA 14.2 Análisis recomendados para reductores y sistemas hidráulicos

ANÁLISIS REALIZADO	REDUCTORES	HIDRÁULICOS
Viscosidad, centistokes a 40 °C	X	X
Viscosidad, centistokes a 100 °C		
Contenido de agua, % vol.	X	X
Dilución por Combustible, % vol.		
Análisis infrarrojo (Oxidación/Nitración)	X	X
TBN (Número Base Total)		
TAN (Número Ácido Total)	X	X
Espectroscopia por emisión atómica (8 elemen.)	X	X
Insolubles	X	X
Punto de chispa		

FRECUENCIAS TIPICAS DE MUESTREO INDUSTRIALES

Sistemas Hidráulicos	1500 Horas o trimestralmente
Engranajes Industriales	1500 Horas

Nota: Los intervalos de muestreo sugeridos son simplemente una guía general. El Responsable de mantenimiento puede apoyarse en las recomendaciones de los fabricantes de los equipos y en los resultados de laboratorio para establecer el intervalo adecuado de muestreo de aceite, de acuerdo con las condiciones de trabajo propias de cada equipo.

14.7.2 Lubricantes usados

Todos los lubricantes, tanto industriales como automotores, utilizados en sistemas de circulación, salpique, baño, etc. que trabajan durante largos períodos de tiempo se contaminan y deterioran, siendo necesario cambiarlos por aceites nuevos, a menos que las impurezas y demás productos de la descomposición sean eliminados parcial o totalmente mediante algún proceso de purificación.

La condición de un lubricante usado se puede determinar en muchas ocasiones por su aspecto. Una condición real sólo se puede determinar perfectamente en un laboratorio. Algunos de los resultados que nos da el análisis de lubricantes usados son:

Detección de oxidación: Cuando se da un incremento de oxidación el lubricante escurre más lentamente de lo normal, se produce un olor penetrante y repulsivo, el aspecto del lubricante es grumoso (lodos) y hay presencia de carbón.

Detección de agua: Se detecta agua en el sistema cuando el lubricante varía su color a un color opaco, amarillo lechoso, se incrementa la presencia de espuma, y no se presenta una homogeneidad en el lubricante.

Contaminación con combustible: El lubricante presenta un olor a combustible mayor a lo normal y pérdida de viscosidad.

Contaminación con polvo / tierra: Se notan en el lubricante partículas sólidas homogéneas y tiene una tendencia al color rojizo.

Desgaste: Se puede determinar desgaste del sistema notando la presencia de partículas metálicas en el lubricante.

Los aceites usados pueden ser recuperados parcialmente. La recuperación se hace mediante procesos técnicos certificados. Muchos de los aceites recuperados solo se pueden usar para rellenos o como aceites genéricos. Cabe anotar que los aceites de motor son los más difíciles de recuperar por la severidad al trabajo a que son sometidos y esto amerita alta calidad del lubricante.

Recomendaciones de disposición y manejo de aceites usados

La disposición de los lubricantes usados debe ser adecuada para proteger el medio ambiente y con seguridad para la salud humana.

- No se deben tirar en alcantarillas o basura común.
- Se debe evitar su reguero
- La disposición debe ser realizada por personal profesional
- Los aceites usados deben almacenarse por tipo de lubricante, evitando su mezcla (motor, transmisión, hidráulicos, otros)
- Durante su almacenamiento debe evitarse su contaminación extra.
- El manejo sólo se deber hacer con equipos y elementos especialmente designado para ello.

15. CONCLUSIONES

En las condiciones que se encuentra actualmente el SENA C.I.C. requiere inmediata intervención de un programa de mantenimiento en lubricación que permita la optimización de los equipos y sus procesos productivos de tal manera que justifique la asignación de un presupuesto con el cual no cuenta en este momento la institución.

La ausencia de una persona o equipo capacitado encargado de la lubricación en el SENA C.I.C. trae como consecuencia que no se lleve en forma organizada un control de los costos y de información indispensable en cualquier proceso de lubricación.

Con el diseño, implementación y estandarización de un plan de mantenimiento centrado en lubricación en el SENA C.I.C., se incrementa la disponibilidad, la confiabilidad y la vida útil de los equipos existentes lo mismo que el manejo adecuado de los recursos en la cantidad y el momento oportuno, efecto que contribuyen positivamente a interrelacionar la teoría y la práctica del proceso de formación del talento humano en la gestión del mantenimiento.

Cabe anotar el interés que tienen los directivos del SENA C.I.C. y los instructores de los talleres analizados en la elaboración del programa de mantenimiento y la presencia de una persona encargada en la lubricación, de un manejo centralizado de la información y de un control sobre los costos de la misma.

Los temas bibliográficos presentes en esta monografía son de extrema importancia para la elaboración de un completo programa de mantenimiento centrado en lubricación, aclarando que no es toda la información puesto que cada

proceso y equipo requieren una atención diferente pero no menos importante. Se aclara que se profundizó en los temas que tienen que ver con las máquinas presentes en los talleres analizados.

No fue posible determinar un historial de costos de mantenimiento puesto que no son llevados, ni por la administración del SENA C.I.C. ni por los instructores de los talleres. Es aquí donde esta monografía toma mucha importancia pues da unas pautas para iniciar con la elaboración de los historiales de cada máquina, que se puede traducir en el control de costos.

Se requiere la consecución de los manuales de todos los equipos, para conocer los requerimientos iniciales de mantenimiento proporcionados por el fabricante del equipo.

BIBLIOGRAFÍA

ALBARRACIN, Pedro. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz. Bucaramanga: UIS, 1993.

BOTERO, Camilo. Manual de Mantenimiento. Santa fe de Bogotá: SENA Digeneral, 1991.

MANUAL DE LUBRICACIÓN. PROGRAMA DE CAPACITACIÓN EN LUBRICACION. Programa elaborado por INCOI Ltda. para Organización Terpel S.A. 2004

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SENA INDUSTRIAL DE CARTAGENA. Monografía realizada por Yenis Babilonia Muñoz, Carlos Cuesta Pérez, Salvador Espitia Salamanca. Postgrado en Gerencia de Mantenimiento, UIS – CUTB, 1998

MINOR EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL, Modulo 1. Universidad Tecnológica de Bolívar. 2004

ANEXOS

ANEXO A

CÓDIGO INTERNACIONAL DE COLORES PARA IDENTIFICACIÓN DE LUBRICANTES

Tipo lubricante		Color para identificación del aceite	Color del nombre del aceite	Color del círculo	Color del número del círculo
Aceite	Grasa				
Turbinas de vapor hidráulicas y gas		amarillo	negro	negro	amarillo
Reductores, moto reductores		blanco	rojo	rojo	blanco
Bombas centrífugas y alternativas		morado	blanco	blanco	morado
Sistemas hidráulicos		verde oscuro	blanco	blanco	Verde oscuro
Compresores (alternativos, tornillo, lóbulos, paletas deslizantes y centrífugos) de aire		Rojo	blanco	blanco	Rojo
Compresores de refrigeración y otros gases		naranja	blanco	blanco	naranja
Cilindros de vapor y a plena pérdida		Gris oscuro	blanco	blanco	gris oscuro
Transferencia de calor, dieléctricos		negro	amarillo	amarillo	Negro
Motores de combustión interna		azul oscuro	blanco	blanco	azul oscuro
Caja y diferencial		verde esmeralda	negro	negro	Verde esmeralda
Transmisiones automáticas		azul claro	negro	negro	azul claro
	Multipropósito	crema	negro	negro	Crema
	Altas temperaturas	Gris claro	negro	negro	gris claro
	Sintéticas	Vino tinto	blanco	blanco	vino tinto
Lubricantes de película sólida		Café	amarillo	amarillo	Café

ANEXO B

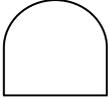
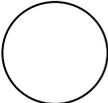
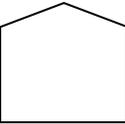
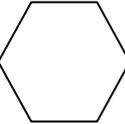
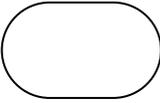
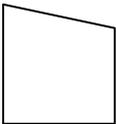
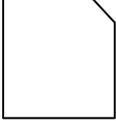
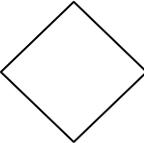
FRECUENCIAS APROXIMADAS DE LUBRICACIÓN

Equipo	Revisar y aplicar si es necesario	Frecuencia	
		Meses	Cambio Horas
Rodamientos con grasa		3	
Rodamientos con grasa empacada		6-12	
Cojinetes lisos con aceite por anillo, collar, etc.)	Diario	6	
Cojinetes lisos con grasa		quincenal	
Reductor con aceite	Semanal	6-12 *	
Reductor con grasa	Semanal	6	
Engranajes abiertos con aceite	Diario		
Engranajes abiertos con grasa	Semanal		
Sistema centralizado de aceite a plena pérdida.	Diario		
Sistema centralizado de grasa a plena pérdida	Diario		
Sistema centralizado de circulación	Semanal	6-12 *	
Acoplamiento engrasados	Semanal		
Acoplamiento aceitados	Semanal		
Cadenas de rodillos engrasadas	Semanal		
Cadenas de rodillos aceitadas	Diario		
Cadenas de rodillos por inmersión	Semanal	12 *	
Excéntricas aceitadas	C/turno		
Excéntricas engrasadas	C/turno		
Guías aceitadas	C/turno		
Guías engrasadas	C/turno		
Lubricador en línea de aire	Diario		
Sistemas hidráulicos	Semanal	6-12*	
Compresores de aire (pistones)	Diario		200 300 *
Compresores de aire (rotativos)	Diario		500 *
Motores a gasolina estacionarios	Diario		300 *
Motores Diesel estacionarios	Diario		300 *

* Estas frecuencias están sujetas a ser modificadas de acuerdo con los resultados de los análisis de laboratorio que se efectúen.

ANEXO C

SÍMBOLOS GEOMÉTRICOS PARA ESPECIFICACIÓN DE FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN

SÍMBOLO	FRECUENCIA	SÍMBOLO	FRECUENCIA
	CADA TURNO		MENSUAL
	DIARIO		BIMENSUAL
	CADA DOS DIAS		TRIMESTRAL
	DOS VECES A LA SEMANA		SEMESTRAL
	SEMANAL		ANUAL
	QUINCENAL		

ANEXO E

PETRÓLEO

Origen del petróleo – aceite de piedra

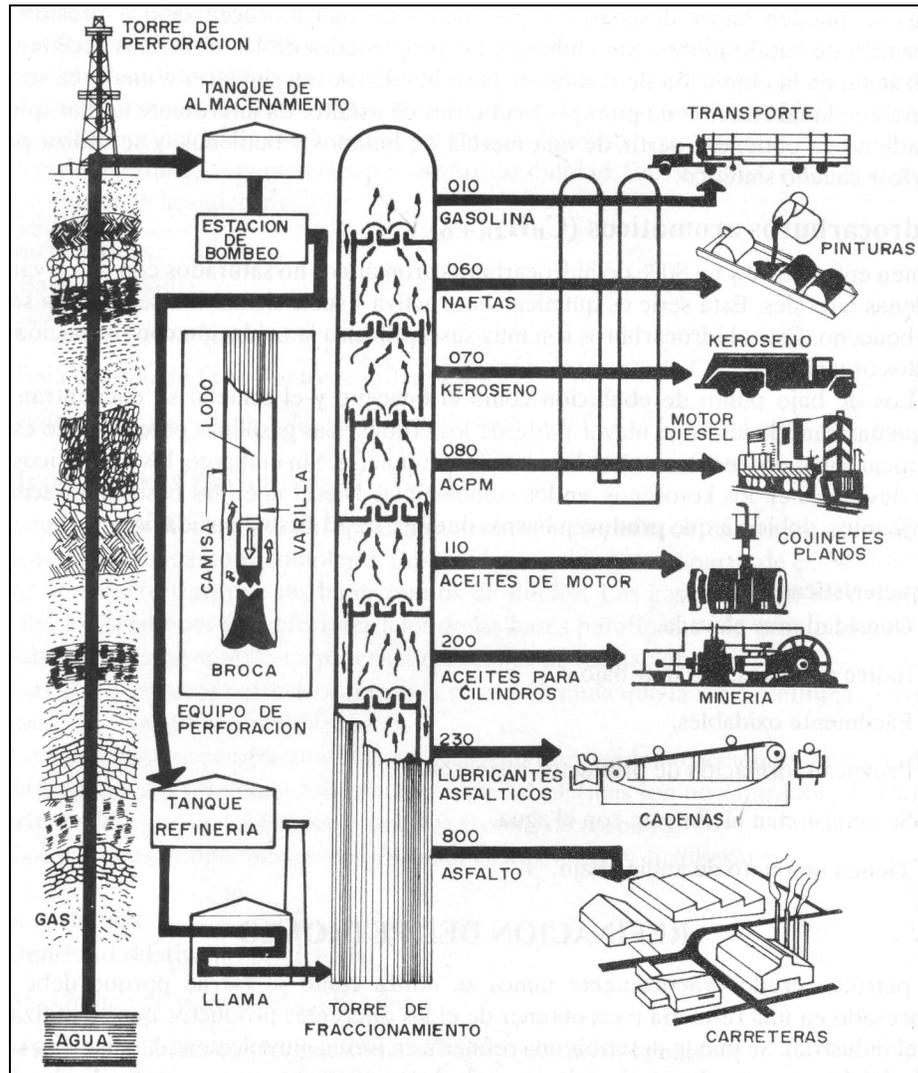
- **Teoría inorgánica.** Supone que el carbono y el hidrógeno se mezclaron a grandes profundidades en un medio donde imperaban presiones muy elevadas, para formar el petróleo y el gas, los cuales posteriormente se filtraron a través de estructuras de rocas porosas, para quedar atrapados en formaciones apropiadas del subsuelo. Esta teoría acepta que la unión de carburos de hierro y calcio o caliza-yeso con el agua es la parte principal de la formación del hidrocarburo.
- **Teoría orgánica.** Según esta teoría, restos de animales y plantas prehistóricas se depositaron en el suelo, fueron cubiertas de sedimentos de lodo y arena, drenaron y fueron comprimidas en el subsuelo

El proceso de obtención de los derivados del petróleo parte desde el descubrimiento del yacimiento, la extracción, el transporte y almacenamiento hasta la refinación.

El petróleo crudo prácticamente nunca se utiliza como se extrae porque debe ser procesado en una refinería para obtener de él los diferentes productos que se utilizan a nivel industrial. Se puede describir una refinería en forma muy elemental, como una sede industrial que consta de unas instalaciones de descarga (puertos o terminales de oleoductos), una serie de tanques para almacenamiento del petróleo crudo que se recibe y un área de producción para el fraccionamiento de los productos obtenidos.

La destilación fraccionada es un proceso por el cual se obtienen las correspondientes fracciones o productos de la destilación, a diferentes intervalos de temperatura y mediante la revaporización y condensación.

Generalmente se realiza en dos etapas, una de las cuales trabaja a presión atmosférica y la otra al vacío.



Aspecto general de la refinación y obtención de los diferentes productos derivados del petróleo. La torre de fraccionamiento está constituida por 20 ó 30 niveles, uno encima de otro. Los niveles más bajos son los más calientes.

ANEXO F

CARTA DE CONVERSIÓN DE LA VISCOSIDAD A CUALQUIER TEMPERATURA

