

**SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL GERENCIAMIENTO Y LA
ADMINISTRACIÓN DE LUBRICANTES EN LA EMPRESA TERPEL S.A.**

**AURA MILENA GONZÁLEZ RINCÓN
CARLOS FRANCISCO MORENO DORADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

**SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL GERENCIAMIENTO Y LA
ADMINISTRACIÓN DE LUBRICANTES EN LA EMPRESA TERPEL S.A.**

**AURA MILENA GONZÁLEZ RINCÓN
CARLOS FRANCISCO MORENO DORADO**

**Proyecto de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Director:

**CARLOS BORRAS
Ingeniero Mecánico**

Codirector:

**HERNAN NAVARRO GUARIN
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

*Al señor Jesús por iluminarme siempre en cada
proyecto de mi vida que comienza, a mi mamá
Hilda Rincón y Jhon Jairo por brindarme siempre
su apoyo y creer en mí, a mis tías por ofrecerme
siempre su cariño y por sus oraciones, gracias a
toda mi familia la cual siempre creyó en mí.*

AURA MILENA GONZALEZ RINCON

AGRADECIMIENTOS

A Dios por iluminarnos, acompañarnos y protegernos de todo mal para poder culminar nuestra carrera profesional que día a día se complementa de conocimientos y grandes logros.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional.

Al profesor Carlos Borrás, director del proyecto por creer en nosotros, acompañarnos, ayudarnos en la culminación de este proyecto y por su impecable orientación.

Al ingeniero Hernán Navarro Guarín, codirector del proyecto por creer en nuestras ideas y permitir el fortalecimiento de las relaciones entre la universidad y la industria.

A nuestros compañeros y amigos.

Gracias....

Aura Milena González Rincón

Carlos Francisco Moren

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	23
1. LA EMPRESA	25
1.1. LOCALIZACION.....	25
1.2. RESEÑA HISTORICA.....	25
1.3. MISIÓN, VISIÓN Y FILOSOFÍA DE LA ORGANIZACIÓN TERPEL	28
1.3.1. Misión.	28
1.3.2. Visión.	28
1.3.3. Filosofía	28
1.3.4. Valores institucionales.	28
2. PRINCIPIOS DE LUBRICACIÓN.....	30
2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES.....	32
2.1.1. Aceites minerales.	33
2.1.2. Aceites sintéticos.	34
2.1.3. Aceites grasos o fijos.....	35
2.2. ADITIVOS QUE MODIFICAN LAS PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES.....	35
2.2.1. Depresores de punto de escurrimiento.....	36
2.2.2. Mejoradores de índice de viscosidad.....	36
2.2.3. Modificadores de fricción.	37
2.3. ADITIVOS QUE PROTEGEN AL LUBRICANTE	37
2.3.1. Antioxidantes.	37
2.3.2. Antiespumantes.	38
2.4. ADITIVOS QUE PROTEGEN A LAS SUPERFICIES DE TRABAJO	38
2.4.1. Anticorrosivos.	38
2.4.3. Antiherrumbre.	39
2.4.4. Dispersantes.....	39
2.4.5. Extrema Presión.	39
2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES Y ENSAYOS	40
2.6. NORMAS ASTM.....	41
2.6.1. Viscosidad ASTM D445-IP 71	41

2.6.2. Índice de viscosidad ASTM D22270 - IP 73.	42
2.6.3. Punto de inflamación ASTM D 92/93 - IP 34/36	42
2.6.5. Numero de neutralización ASTM D 664 - IP 177.....	42
2.6.6. Demulsibilidad ASTM D 1401 - IP 19.	43
2.6.7. Espuma ASTM D 892.	43
3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES SEGÚN SU VISCOSIDAD	44
3.1. VISCOSIDAD	44
3.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDADES	45
3.2.1. Clasificación SAE de Viscosidad de Los Aceites para motores.	45
3.2.1.1. Requisitos Para Los Grados De Viscosidad W.	46
3.2.2. Clasificación SAE de viscosidad de los aceites para transmisiones automotrices.	47
3.2.3. Clasificación ISO de viscosidad de aceites industriales.	48
4. LUBRICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	51
4.1. FUNCIONES DE UN ACEITE PARA MOTOR.....	54
4.2. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE ACEITES PARA MOTORES	63
4.2.1. Sistema o Norma SAE.	64
4.2.2. Sistema API de clasificación de aceites para motores a gasolina.....	68
4.2.3. Clasificación API para motores diesel.	71
4.2.4. Clasificación ACEA para motores.....	73
4.2.4.1. Norma Euro.	75
4.2.4.2. Nuevas especificaciones para Aceites de Motor Diesel de Servicio Pesado (E).	78
4.2.5. Pruebas de motor que determinan la calidad de los lubricantes.	81
4.3. PERIODOS DE CAMBIO DE LOS LUBRICANTES.....	84
4.4. LUBRICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE DOS TIEMPOS Y CUATRO TIEMPOS	88
4.4.1. Clasificación de los aceites para motores de dos y cuatro tiempos.	90
4.4.2. Ventajas del uso de aceites 4T.....	93
5. LUBRICACIÓN EN TRANSMISIONES AUTOMOTRICES	95
5.1. TRANSMISIONES AUTOMATICAS ATF	96
5.1.1. Aceites para transmisiones automáticas.	103
5.2. LUBRICACION EN TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES	105

5.2.1. Designación API para clasificar los aceites para engranajes automotores según su calidad.....	107
5.2.2. Clasificación de los aceites para engranajes automotores según su viscosidad.....	109
6. SISTEMAS HIDRÁULICOS Y SU LUBRICACIÓN.....	115
6.1. FLUIDO HIDRÁULICOS.....	116
6.1.1. Bombas.....	117
6.1.2. Bombas cinéticas o hidrodinámicas.....	118
6.1.3. Bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo.....	120
6.1.4. Bombas de engranajes.....	120
6.1.4.1. La bomba de engranajes externa.....	121
6.1.4.2. La bomba de engranajes interna.....	121
6.1.5. Bomba de tornillo.....	122
6.1.6. Bomba de paletas.....	122
6.1.7. Bomba de paletas de diseño no equilibrado.....	123
6.1.8. Bomba de paletas de diseño equilibrado.....	124
6.1.9. Bomba de pistón en línea.....	124
6.1.10. Bomba de pistón radial.....	125
6.1.11. Bomba de pistón axial.....	126
6.2. EVOLUCIÓN DE LOS ACEITES HIDRAULICO.....	126
6.2.1. Denominaciones de Aceites Hidráulicos ISO.....	126
6.3. ESPECIFICACIONES Y PROPIEDADES DE LOS ACEITES HIDRAULICOS.....	130
6.3.1. Descripción De Las Propiedades Del Aceite Y Su Significado.....	131
6.4. SELECCION CORRECTA DE UN ACEITE INDUSTRIAL.....	134
6.5. MANTENIMIENTO DEL FLUIDO HIDRAULICO.....	141
7. LUBRICACIÓN EN COMPRESORES.....	145
7.1. COMPRESORES.....	145
7.2. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES.....	146
7.2.1. Compresores de desplazamiento positivo.....	146
7.2.1.1. Compresores de aire reciprocantes.....	147
7.2.1.2. Lubricación en un compresor reciprocante.....	150
7.2.1.3. Lubricación en componentes del compresor reciprocante.....	151
7.2.1.4. Características importantes de los lubricantes usados en compresores reciprocantes.....	154

7.2.2. Tipos de compresores de aire rotatorios.	157
7.2.2.1. Compresores rotatorios de paletas o de paletas deslizantes.	158
7.2.2.2. Lubricación de los compresores rotatorios de paletas.	159
7.2.2.3. Compresores rotatorios de tornillo.	160
7.2.2.4. Lubricación de compresores rotatorios de tornillo.	161
7.2.2.5. Lubricantes para compresores rotatorios de paletas y de tornillo.	162
7.2.3. Compresores dinámicos.	163
7.2.3.1. Compresor de flujo radial o Compresor Centrifugo.	164
7.2.3.2. Compresor de flujo Axial.	164
7.2.4 Clasificación de los lubricantes para compresores de aire	166
7.3. COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN.	168
7.3.1. Lubricación de los compresores de refrigeración.	170
7.3.2. Propiedades de baja temperatura.....	174
7.3.3. Selección del lubricante para muy bajas temperaturas.	176
7.3.4. Aceites para compresores de gas.	177
8. MECANIZADO DE METALES.....	178
8.1. CLASIFICACION DE LOS METALES SEGUN SU MAQUINABILIDAD	181
8.2. FUNCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS FLUIDOS PARA MECANIZADO	182
8.3. PROPIEDADES DEL LUBRICANTE PARA MECANIZADO DE METALES	183
8.3.1. Emulsificadores.	183
8.3.2. Inhibición de herrumbre y corrosión.....	185
8.3.3. Capacidad antiespumante.	185
8.3.4. Extrema presión.....	186
8.4. PROPIEDADES DE EXTREMA PRESIÓN Y LUBRICANTES	187
9. PORTAFOLIO DE LUBRICANTES TERPEL	188
9.1. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES A GASOLINA.....	190
9.1.1. Lubricantes para vehículos ligeros.	190
9.1.1.1. Productos multigrados.....	191
9.1.1.2. Productos monogrados.	194
9.2. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES A GASOLINA CONVERTIDOS A GAS (GLP).....	195
9.2.1. Productos multigrados.	195
9.3. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DIESEL Y TURBODIÉSEL.....	200

9.3.1. Lubricantes sector transporte y sector agrícola.....	200
9.4. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS.....	210
9.5. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DE CUATRO TIEMPOS	214
9.6. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES ESTACIONARIOS A GAS NATURAL.	217
9.7. LUBRICANTES TERPEL PARA TRANSMISIONES AUTOMATICAS ATF Y DIRECCIONES HIDRAULICAS.....	220
9.8. LUBRICANTES TERPEL PARA TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES	222
9.9. LUBRICANTES INDUSTRIALES PARA TORBINAS	225
9.10. ACEITES TERPEL PARA ENGRANAJES INDUSTRIALES	229
9.11. ACEITES TERPEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS.....	231
9.12. LUBRICANTES TERPEL PARA MECANIZADO	233
10. ENTORNO Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN	238
10.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN	238
10.1.1. Definición:	238
10.1.2. Datos e Información.....	239
10.2. APLICACIONES WEB.....	240
10.2.1. Componentes de la Arquitectura Cliente/Servidor.....	241
10.3. PLATAFORMA DE DESARROLLO.....	243
10.3.1. Lenguaje de programación: PHP.....	243
10.3.2. Base de datos.....	244
10.3.3. Manejador o Gestor de Bases de Datos.....	245
11. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION	249
11.1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR	249
11.1.1. Análisis documental.....	249
11.2. ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN	253
11.3. DISEÑO	260
11.3.1. Modelo funcional.....	260
11.3.1.1. Diseño de interface.....	260
11.3.1.2. Diseño por selección de sector.....	262
11.3.1.3. Diseño y esquema de la muestra de los resultados.....	265

12. CONCLUSIONES	267
BIBLIOGRAFIA	269
ANEXOS.....:	301

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los lubricantes	32
Tabla 2. Campo de aplicación de cada tipo de lubricante.....	33
Tabla 3. Aplicación de los aditivos.....	40
Tabla 4. Clasificación de viscosidad para aceites de motor SAE j300 junio 89.	46
Tabla 5. Clasificación sae de aceites para engranajes automotrices j306 B	48
Tabla 6. Sistema ISO de clasificación según la viscosidad para lubricantes industriales.....	50
Tabla 7. Clasificación API para motores a gasolina.....	69
Tabla 8. Clasificación API para motores diesel.....	71
Tabla 9. Clasificación ACEA para automóviles a gasolina.....	73
Tabla 10. Clasificación ACEA para automóviles diesel ligeros.....	74
Tabla 11. Clasificación ACEA vehículos pesados.....	74
Tabla 12. Cambios de especificaciones en lubricantes ocurridos en la ACEA.	80
Tabla 13. Ensayos habituales para motores.....	84
Tabla 14. Clasificación lubricante para motos 2T.	93
Tabla 15. Clasificación lubricante para motos 4T.	93
Tabla 16. Periodos de cambio recomendados para los fluidos de transmisiones automáticas (ATF).	102
Tabla 17. Función del aceite para el cuidado de transmisiones automáticas.	103
Tabla 18. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad	137
Tabla 19. Clasificación iso de los aceites industriales.	140

Tabla 20. Clasificación iso de lubricantes para compresores de aire reciprocantes.....	167
Tabla 21. Clasificación ISO de lubricantes para compresores rotatorios.....	167
Tabla 22. Sistema de lubricación SAE y API para la industria automotriz.....	189
Tabla 23. Maquinas industriales según sistema de lubricación ISO.....	189
Tabla 24. Aceites para la industria de acuerdo a la norma ACEA.....	190
Tabla 25. Aceites para la industria automotriz.....	254
Tabla 26. Aceite para máquinas industriales.....	254
Tabla 27. Tabla de equivalencia de lubricantes terpel con otras industrias.....	256

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista microscópica de la rugosidad de una superficie.	31
Figura 2. Paquete de aditivos típicos para un aceite motor.	36
Figura 3. Variación de la viscosidad cinemática de un aceite.	41
Figura 4. Corte transversal de un motor a gasolina mostrando sus partes internas.	51
Figura 5. Cilindro de un motor a gasolina y motor diesel.	52
Figura 6. Trabajo de un turbocargador.	53
Figura 7. Trabajo del aceite en un motor.	55
Figura 8. . Relación entre las asociaciones API, SAE, ASTM, ICONTEC.	64
Figura 9. Norma SAE para aceites monogrados.	66
Figura 10. Evolución de la norma EURO.	75
Figura 11. Operación en un motor a gasolina de dos tiempos.	89
Figura 12. Motor fuera de borda.	92
Figura 13. Sugerencias TERPEL para una correcta lubricación en motores.	94
Figura 14. Corte de una transmisión automotriz.	95
Figura 15. Partes de una transmisión.	98
Figura 16. Curvas de caracterización general en un aparato de fricción.	99
Figura 17. Evolución de los aceites para transmisiones automáticas.	105
Figura 18. Comportamiento de la viscosidad de los seis aceites utilizados en transmisiones.	111
Figura 19. Resumen de lubricantes recomendados para transmisiones	114

Figura 20. Maquina industrial con sistemas hidráulicos.....	115
Figura 21. Clasificación y tipos de bomba.	118
Figura 22. Bomba hidrodinámica.	119
Figura 23. Bomba de engranajes.....	120
Figura 24. Bomba de engranajes interna.....	121
Figura 25. Bomba de tornillo.....	122
Figura 26. Bomba de paletas de diseño no equilibrado.....	123
Figura 27. Bomba de paletas de diseño equilibrado.....	124
Figura 28. Bomba de pistón radial.....	125
Figura 29. Bomba de pistón axial o actuador hidráulico.....	126
Figura 30. Comparación de la viscosidad SAE para diferentes usos.....	130
Figura 31. Selección de la viscosidad dinámica con la presión versus temperatura del sistema.....	132
Figura 32. Carta de conversión de la viscosidad a cualquier temperatura.....	138
Figura 33. Deposito de almacenamiento de lubricantes.....	142
Figura 34. Tamaño de relativo de las partículas en micrones amplificado 500 veces.....	144
Figura 35. Tipos de compresores.....	145
Figura 36. Rango de operación de distintos tipos de compresores.....	146
Figura 37. Etapas de trabajo de un compresor recíprocarde de acción simple.	147
Figura 38. Compresor de acción doble.....	148
Figura 39. Etapas de trabajo de un compresor recíprocante de acción doble.	149
Figura 40. Compresor de dos etapas refrigerado por agua.....	150
Figura 41. Lubricación por salpique.....	152

Figura 42. Lubricación con anillo.	153
Figura 43. Compresor rotatorio de paletas.	157
Figura 44. Trabajo de un compresor rotatorio de paletas.	159
Figura 45. Compresor rotatorio de tornillo.	160
Figura 46. Sistema de lubricación de un compresor típico de tornillo	162
Figura 47. Compresor centrífugo de 5 etapas.	164
Figura 48. Partes de un compresor de flujo axial.....	166
Figura 49. Ciclo de refrigeración compresión de vapor.....	169
Figura 50. Viscosidad del lubricante en presencia de refrigerante.....	172
Figura 51. Efecto del refrigerante en la miscibilidad con un aceite mineral.	173
Figura 52. Efecto del tipo de lubricación en la miscibilidad con un R22.....	173
Figura 53. Guía de selección de lubricantes a bajas temperaturas	176
Figura 54. Mecanizado de piezas.	179
Figura 55. Herramienta de corte.	180
Figura 56. Molécula de emulsibilidad.....	184
Figura 57. División de los emulsificadores.....	185
Figura 58. Vehículos ligeros con motor a gasolina	190
Figura 59. Tipo de autos con motores gasolina	193
Figura 60. Aplicación conversión Gas.....	196
Figura 61. Combustión de un motor a Gas	197
Figura 62. La expansión del frente de llama entre un motor a gasolina y uno a GAS (GNCV).....	199
Figura 63. Aplicaciones maxter progresas CJ-4/SM, SAE 15W-40	203
Figura 64. Aplicación maxter progresas CI-4 MEJORADO/SL, SAE 15W-40	205

Figura 65. Componentes que el aceite debe proteger en un motor 4 tiempos ..	215
Figura 66. Lubricante celerity para motos.....	217
Figura 67. Motor compresor integral de gas natural.	219
Figura 68. Componentes del diferencial o eje trasero.....	225
Figura 69. Aplicaciones del aceite TERPEL hidráulico.	226
Figura 70. Ep aceite para engranajes industriales.	230
Figura 71. Modelo cliente/servidor	242
Figura 72. Estructura global de páginas PHP.	244
Figura 73. Diagrama del modelo de datos.	247
Figura 74. Estructura de plataforma de desarrollo para lubricación.....	248
Figura 75. Recopilación de datos por sectores	253
Figura 76. Estructura del sistema.	255
Figura 77. Normas para una selección correcta del lubricante.	258
Figura 78. Selección del lubricante terpel para maquinaria agrícola y equipo industrial	259
Figura 79. Interfaz de usuario	261
Figura 80. Selección por sector automotor.	262
Figura 81. Selección de la marca del vehiculo.....	263
Figura 82. Selección del tipo modelo del motor.	264
Figura 83. Muestra de resultados para la selección de lubricante para cada máquina.	265
Figura 84. Tabla de selección del lubricante para transmisión con equivalencia en otras empresas.	266

RESUMEN

TITULO: SISTEMA DE INFORMACION PARA EL GERENCIAMIENTO Y ADMINISTRACION DE LOS LUBRICANTES EN LA EMPRESA TERPEL S.A*

AUTORES: AURA MILENA GONZÁLEZ

CARLOS FRANCISCO MORENO**.

PALABRAS CLAVES: lubricación, maquinaria industrial, maquinaria automotriz.

DESCRIPCIÓN:

Debido al incremento y facilidad de tecnologías flexibles que existen en la actualidad, varias organizaciones han reconocido el valor de los sistemas de información como recursos que constituyen un elemento básico para su desarrollo, ya que al contar con información oportuna esta se traduce en productos y servicios de alta calidad, mayor competitividad y adecuada toma de decisiones.

En este proyecto se describe el análisis, diseño e implementación de un sistema de gestión informática para lubricación en la ORGANIZACIÓN TERPEL S.A con el fin de dotar a la empresa de una herramienta de fácil manejo y una agradable interfaz amigable con el usuario que permita acceder fácilmente a toda la información y agilice procesos de búsqueda de los lubricantes que ofrece la empresa para cada tipo de maquinaria de gama automotriz o industrial con el fin de prestar asistencia técnica continua, telefónica o vía internet, sin limitaciones ni coste adicional en consultas relacionadas con la lubricación en distintos equipos. .

El diseño del sistema de información integra eficazmente datos generales de los lubricantes que maneja la empresa Terpel S.A permitiendo a los ingenieros llevar un control de los aceites, tener un orden adecuado dando la descripción, características, ventajas del producto, para la selección del lubricante de acuerdo a sus especificaciones y propiedades físico químicas para su adecuada aplicación en elementos o partes mecánicas además se presenta una descripción y recomendaciones básicas de cada lubricante.

El informe expone las definiciones básicas sobre los requerimientos de lubricación, los aspectos que se deben tener en cuenta en la lubricación en cada equipo en específico, igualmente hace una descripción de los criterios utilizados para el diseño del sistema de información para los lubricantes, reuniendo factores importantes de relación entre los elementos que contiene y su organización. También informa al usuario sobre los requerimientos de software y hardware.

*Proyecto de grado

** Facultad de ingeniería Físico- Mecánicas; Escuela de Ingeniería Mecánica; Director: Ing. Carlos Borrás Pinilla; Codirector: Ing. Hernán Navarro Guarín.

ABSTRAC

TITLE: INFORMATION SYSTEM FOR THE MANAGEMENT AND ADMINISTRATION OF LUBRICANTS IN THE COMPANY TERPEL S.A.*²

AUTHORS: AURA MILENA GONZÁLEZ

CARLOS FRANCISCO MORENO**

KEY WORDS: lubrication, industrial machinery, automotive machinery.

DESCRIPTION:

Due to the increase and ease of flexible technologies that exist today, several organizations have recognized the value of information systems and resources that constitute a basic element for development, and that timely information is translated into high quality products and services, more competitive and appropriate decisions.

This project describes the analysis, design and implementation of a computerized management system for lubrication in TERPEL ORGANIZATION SA, to give the company a user-friendly tool and a nice user friendly interface. This system allows easy access to all information and faster of lubricant search processes for every type of automotive or industrial machinery range, in order to provide continued technical assistance, directly or via Internet, without limitations or additional costs related to FAQs about lubrication of the various engines.

The design of integrated information system data efficiently overall lubricants produced by the company TERPEL SA, allowing engineers to take control of the products with a proper order, give the description, features, advantages of the product to lubricant selection according to their specifications and physical and chemical properties suitable for application in mechanical and also present a description and key recommendations of each lubricant.

The report shows the basic definitions about lubrication requirements, issues to be considered when machine lubrication is required. Similarly, a description of the criteria used to design the information system for lubricants, gathering important factors of relationship between the items it contains and its organization. It also informs the user about software and hardware requirements.

*Graduation Project

**School of Physics and Mechanical Engineering; School of Mechanical Engineering; Director: Ing. Carlos Borrás Pinilla; Codirector: Ing. Hernán Navarro Guarín.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico a lo largo de su proceso histórico, ha tenido como premisa fundamental reducir al máximo la fricción, con el objeto de lograr una mayor durabilidad en los mecanismos en operación. Una mayor productividad de los equipos se logra si se reduce al máximo la fricción de los diversos mecanismos, es así como hoy en día la lubricación no se considera una ciencia aislada si no que esta 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 la calidad de su mantenimiento.

La selección correcta del lubricante para una maquina es tan importante como su mismo diseño, fabricación y puesta en operación. Grandes capitales se pierden por causa de una selección inapropiada, ya sea porque no se tiene en cuenta todos los parámetros que el fabricante del equipo especifica, o porque esta responsabilidad se deja en manos de personal con pocos conocimientos sobre este tema, o en manos de vendedores de lubricantes, no profesionales.

El presente trabajo busca elaborar un sistema de información para la él gerenciamiento y administración de los lubricantes que maneja la Organización Terpel S.A, con el fin de ofrecerle al usuario una asesoría confiable y segura en la selección, compra y utilización de un producto específico, durante un largo tiempo y al menor costo posible.

En este documento se muestra un marco teórico sobre lubricación, de igual forma se detallan las características y clasificación de los aceites, sus propiedades y composición, se presenta la importancia de los lubricantes para los distintos tipos de maquinaria y la adecuada selección del aceite para cada uno de ellas.

Seguidamente se realiza un portafolio de los lubricantes que maneja la Organización Terpel S.A, especialmente para maquinaria automotriz y

maquinaria industrial, ya que esto es base importante para el sistema de información que necesita la empresa, con el fin de realizar una correcta consulta de los lubricantes y equipos.

Con el diseño e implementación de este sistema de información se quiere seleccionar y recomendar el lubricante adecuado para cada máquina realizando una consulta en los siguientes aspectos:

- ✓ Catálogo de equipos automotrices
- ✓ Catálogo de equipos industriales
- ✓ Catálogo de los lubricantes utilizados en la empresa, con sus diferentes sistemas de clasificación.
- ✓ Información sobre los factores que se deben tener en cuenta en la selección de un lubricante como las propiedades físico químicas.

La selección del lubricante de un equipo siempre debe estar basada en las recomendaciones del fabricante del mismo; para esto se necesita contar con un catálogo técnico en donde deben aparecer además las recomendaciones de viscosidad y otras características 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, teniendo en cuenta este aspecto se desarrollaron tablas de lubricantes producidos por empresas nacionales e internacionales especializadas en la fabricación de este producto, que permitan realizar una equivalencia de dichos lubricantes con los ofrecidos por la ORGANIZACIÓN TERPEL S.A.

1. LA EMPRESA

1.1. LOCALIZACION

La organización Terpel está ubicada en Bucaramanga Kilómetro 4 Girón Zona Industrial Chimita, es Distribuidora y comercializadora de combustibles en Colombia. Sus principales productos son la gasolina, diesel, lubricante automotriz, GNV, grasas. Su red está compuesta por 1.460 estaciones de servicio, 28 plantas de abastecimiento, y operaciones en 20 aeropuertos colombianos. Terpel también tiene activos en Chile, Panamá y Ecuador.

1.2. RESEÑA HISTORICA¹

TERPEL nació en 1968 como una pequeña distribuidora de combustibles con 20 estaciones de servicio en Bucaramanga. Para 2001, tres décadas después, era ya un sólido grupo de siete firmas y uno de los actores principales del mercado local de los combustibles, que apeló sin tapujos al nacionalismo para fortalecer su marca. "Cómprele al país, compre Terpel" fue uno de los eslóganes favoritos para las directivas de esta compañía. Y la estrategia fue exitosa.

El ex ministro de Minas y ex presidente de Promigás, Guido Nule Amín, recuerda que, en su momento, ese eslogan generó una queja por parte de las multinacionales, que veían cómo esta compañía poco a poco se iba adueñando de un negocio que había sido dominado tradicionalmente por firmas norteamericanas o Europeas.

Pero detrás de esa expresión había un gran argumento 'histórico' que la sustentaba. La razón de ser y la raíz del éxito de Terpel siempre fueron una sola

¹ Organización Terpel S.A Lubricantes de Colombia

cosa: atender mercados que tradicionalmente no eran atendidos por las otras marcas. Por ejemplo, incursionó en Leticia, cuando para muchas compañías esa era una idea descabellada. Apareció igualmente en Arauca, Guaviare y en muchos otros sitios alejados. Otro de los factores que fue indispensable para impulsar la compañía fue el esquema empresarial empleado: Ecopetrol convocaba inversionistas regionales para invertir en el nuevo proyecto y de esta manera generar un compromiso local con la empresa. Y lo logró. De esa época quedaron siete Terpel regionales, todos muy exitosos en su gestión. Pero durante los últimos siete años ha ocurrido una transformación radical en la estructura empresarial que la ha llevado de ser una firma local y regional, a convertirse en la primera multinacional colombiana de la distribución de combustibles.

En 1968 en Bucaramanga Santander, Ecopetrol convocó a un grupo de inversionistas de la región para crear una firma que abasteciera de combustibles a los clientes locales. En sus primeros años, la firma tuvo unos indicadores magistrales y en muy poco tiempo dominó el mercado local. Por eso, apenas tres años después de creada la primera Terpel, nació la segunda compañía: Terpel Centro, que cubriría el Eje Cafetero, el norte del Valle y Tolima. En esta firma, además de los inversionistas locales, también eran socios Ecopetrol, y la primera Terpel. Poco a poco la marca se fue extendiendo a las demás regiones, respetando la misma conformación. "Era una especie de enroque empresarial, en que cada Terpel que existía se convertía en socia de la nueva compañía que iba apareciendo, junto con inversionistas locales y Ecopetrol".

Esta primera etapa de expansión que se podría llamar nacional terminó 20 años después, cuando se creó Terpel Occidente en 1988. Hasta ahí sólo había motivos para celebrar, pues eran protagonistas del mercado. Pero no todo era color de rosa. En el interior de la organización se venía cocinando un verdadero problema. El hecho que los Terpel crecieran regionalmente les corrió las fronteras de sus

mercados y en algunos casos hasta compitieron por los mismos clientes. En los 90, Ecopetrol salió de la participación accionaria. Hacia 2001, las cosas ya eran más complejas. Luego de un arduo proceso de negociación con los pequeños accionistas para buscar un esquema de unificación, se logró convencerlos para crear la Sociedad de Inversiones en Energía (SIE) a la que pasaron todos los activos de las siete Terpel. Esta figura se convirtió en la holding de las siete filiales. Esta compleja transformación se logró gracias a la conjunción de distintas estrategias. Lo fundamental fue convencer a los accionistas regionales de que la compañía tenía futuro con una nueva estructura. El asunto de fondo era si los accionistas con participaciones minoritarias querían seguir siendo 'cabeza de ratón': es decir, una compañía líder, pero sólo con alcance regional. La contraoferta era apostarle a una compañía mucho más grande, con presencia internacional, pero obviamente, con menor participación accionaria, para cada uno.

Esta nueva etapa empezó en forma en 2004. Desde entonces, Terpel funciona como una única compañía, que define todas sus estrategias de manera unificada. Los logros ya se notan. La firma tenía antes el 28 por ciento del negocio de distribución y hoy tiene el 39 por ciento. En combustibles para Aviación, tuvo históricamente el 21 por ciento del mercado y hoy ya tiene el 50 por ciento, y hace presencia en 19 aeropuertos. En lubricantes tiene el 12 por ciento del mercado. Entre sus activos hay 28 plantas en todo el país y 160 estaciones, de una red de 1.460 en Colombia. No obstante, lo más importante de esta nueva etapa es la internacionalización. En julio de 2006 la compañía adquirió 65 estaciones de servicio en Ecuador. En febrero de 2007, ingresaron al activo 57 estaciones en Panamá, y cerraron con broche de oro en diciembre del 2008 su paquete de adquisiciones con la compra de 206 estaciones en Chile. En Ecuador, Panamá y Chile, su participación en el mercado no supera el 15 por ciento. Sin contar con que ahora Gazel, la comercializadora de gas vehicular, forma parte de la

estructura y esta compañía tiene presencia en mercados como Perú, México y también Chile.

1.3. MISIÓN, VISIÓN Y FILOSOFÍA DE LA ORGANIZACIÓN TERPEL

1.3.1. Misión.

Movilizamos el transporte y la industria con propuestas diferenciadoras que agregan valor.

1.3.2. Visión.

En el 2012, con un equipo humano altamente motivado y calificado, seremos reconocidos en Latinoamérica por la cercanía con nuestros clientes, la excelencia logística, la innovación y el compromiso social.

1.3.3. Filosofía.

Construir relaciones sólidas con nuestros clientes en cada paso de la cadena de valor para mantener el liderazgo en la distribución y comercialización de productos combustibles y lubricantes con una fuerte presencia regional.

1.3.4. Valores institucionales.

El respeto: entendido como la calidad, el buen trato, la construcción de relaciones internas sólidas y transparentes, atender opiniones similares y diferentes, y entregar lo que se promete.

La Integridad: Somos honestos y coherentes en nuestras actuaciones demandamos lo mismo de las personas y entidades con quien actuamos.

La excelencia: Estamos comprometidos con el mejoramiento y crecimiento de nuestra gente y de nuestra Organización.

La Innovación: Entendida como la exaltación máxima de la orientación hacia nuestro cliente, entregando propuestas diferenciadoras y desarrollando inteligencia de mercado.

La confianza: En Terpel creemos en nuestros compañeros y su trabajo, nos autoregulamos, escuchamos y valoramos las propuestas de todos los colaboradores de la organización comprometidos con la excelencia.

2. PRINCIPIOS DE LUBRICACIÓN

Básicamente, la lubricación consiste en intercalar entre dos superficies que están dotadas de un movimiento relativo, una película de un material (lubricante) y de un espesor adecuado, a fin de³:

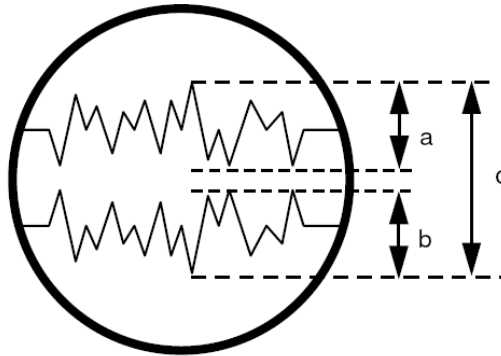
Reducir la fricción, es decir la fuerza que se opone al movimiento, ya sea para iniciarlo (fricción estática) o para mantenerlo (fricción dinámica), y que limita la potencia útil que puede obtenerse de un mecanismo.

Reducir el desgaste mecánico que se produciría en las superficies de trabajo si se produjera el contacto entre ellas.

Esto se puede lograr en distintas condiciones y en general durante el ciclo de operación de una máquina se verifica una transición y combinación de ellas. Las mejores condiciones de lubricación corresponden a la lubricación hidrodinámica o de película gruesa. En este caso, la película tiene un espesor considerablemente superior a la rugosidad de las superficies lo cual asegura que estas queden convenientemente separadas. Para que esta película pueda soportar totalmente a las cargas aplicadas, se requerirá no sólo que la forma geométrica y velocidad relativa de las superficies favorezcan la formación de una cuña del lubricante, sino que además éste tenga una viscosidad adecuada.

³ Shell. Lubricación y lubricantes: Centro técnico. p. 2-11

Figura 1. Vista microscópica de la rugosidad de una superficie.



Fuente. Shell de Colombia

c = espesor de película

$a+b \ll c$ lubricación hidrodinámica

$a+b = c$ lubricación límite

Cuando la película no tiene el espesor suficiente para separar completamente las superficies, es decir que resulta inferior a la rugosidad, la lubricación (límite o de película escasa), es menos eficiente, ya que las superficies de trabajo deben soportar en gran parte las cargas aplicadas. De todos modos la fricción será siempre menor que la que se tendría de no estar presente el lubricante, pero aquí la naturaleza química del mismo juega un papel muy importante.

Una combinación de las condiciones anteriores es la mixta o de película fina, y corresponde al caso en que el espesor de película es del mismo orden de magnitud que la rugosidad de las superficies.

Pero, además de las funciones básicas mencionadas, para asegurar el correcto funcionamiento de un mecanismo y prolongar su vida útil, en general se requerirá que el lubricante además cumpla con otras funciones como son:

- Refrigerar las superficies de trabajo.
- Mantener su limpieza.
- Protegerlas de la acción de agentes agresivos ya sea durante los períodos de funcionamiento o bien de detención del equipo.

2.1. CLASIFICACIÓN DE LOS LUBRICANTES

Existen distintos materiales que por su naturaleza fluida, semifluida o sólida pueden ser empleados como lubricantes.

Tabla 1. Clasificación de los lubricantes

Fluidos	Semifluidos	Sólidos
Agua Aceites	Grasas	Suspensiones Polvos Pastas Barnices

Fuente. Shell de Colombia.

Tabla 2. Campo de aplicación de cada tipo de lubricante

	Aceites	Grasas	Sólidos
Lubricación Hidrodinámica	Excelente	Pobre	Inaplicable
Lubricación Límite	Bueno	Bueno	Excelente
Refrigeración	Excelente	Pobre	Inaplicable
Sellado	Bueno	Excelente	Bueno

Fuente. Shell Colombia.

2.1.1. Aceites minerales.

Los aceites minerales son complejas mezclas de hidrocarburos de alto peso molecular que están contenidos naturalmente en el petróleo y que se obtienen como resultado de una compleja serie de procesos de refinación.

La primera etapa, es la destilación atmosférica del crudo, en la cual este se calienta hasta aproximadamente 400°C y luego se lo envía a una columna de destilación. En ella condensan y se extraen cortes con distintas temperaturas de ebullición que constituyen el punto de partida para la elaboración de los distintos combustibles destilados como nafta, gas-oíl, etc.

Al residuo líquido que se recupera en el fondo de la columna se lo somete a una segunda destilación, pero esta vez al vacío. Las fracciones más volátiles se emplean para la elaboración de combustibles destilados, las más pesadas para combustibles residuales y asfaltos mientras que las fracciones intermedias, constituyen la materia prima para producir las bases lubricantes.

A estas fracciones se las somete primero a un tratamiento con propano y luego a una refinación con solvente que permite eliminar respectivamente a los componentes asfálticos y aromáticos residuales. El último paso es el desparafinado ya sea por enfriamiento o por acción catalítica. Para algunas aplicaciones especiales aceites dieléctricos, blancos, medicinales, etc. es necesario un proceso adicional denominado hidro-tratamiento que permite reducir a valores mínimos los contenidos de aromáticos y asfáltenos.

Finalmente, los aceites base se mezclan convenientemente entre sí, con el eventual agregado de aditivos, a fin de lograr los grados de viscosidad y las características requeridas en cada aplicación para los lubricantes terminados.

2.1.2. Aceites sintéticos.

Son compuestos que no están naturalmente contenidos en el petróleo y que se obtienen por reacciones o síntesis químicas, a partir de diversas materias primas. En general las ventajas que presentan comparados con los aceites minerales son:

- Elevada resistencia a la oxidación.
- Elevada estabilidad térmica.
- Elevados índices de viscosidad.
- Baja volatilidad.
- Buenas propiedades friccionales.

Sin embargo debido a que los costos de obtención son relativamente elevados, su uso en general está limitado a aquellas aplicaciones en las cuales no se puede alcanzar resultados satisfactorios con aceites minerales por ejemplo lubricantes de muy baja viscosidad, compresión de gases que reaccionan con hidrocarburos, etc.

Los productos sintéticos más empleados son la olefinas (aceites de motor), poliglicoles (aceites hidráulicos y engranajes), ésteres fosfatados (aeronáutica) y siliconas.

2.1.3. Aceites grasos o fijos.

Los aceites grasos son hidrocarburos de origen animal o vegetal que a diferencia de los aceites minerales contienen además compuestos oxigenados (glicéridos). En general tienen baja viscosidad y se adhieren mejor a las superficies metálicas, pero son poco estables y se oxidan y polimerizan con facilidad.

Debido a esto en general no se los emplea como lubricantes en las aplicaciones industriales sino como aditivos, es decir mezclados en pequeñas proporciones con aceites minerales (aceites compuestos). Así se les confiere a los aceites minerales las características que eventualmente sean necesarias en algunos casos particulares. Los más empleados son el aceite de castor y el aceite de pata.

2.2. ADITIVOS QUE MODIFICAN LAS PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES⁴

Los aditivos son sustancias químicas que se agregan en pequeñas cantidades a un lubricante base, de modo que el lubricante terminado tenga las características necesarias para cumplir con las especificaciones requeridas en las distintas aplicaciones.

Si bien la cantidad y variedad de aditivos empleados en la industria es muy extensa, es posible agruparlos en tres grandes categorías y describir los distintos tipos en términos de las funciones principales que cumplen.

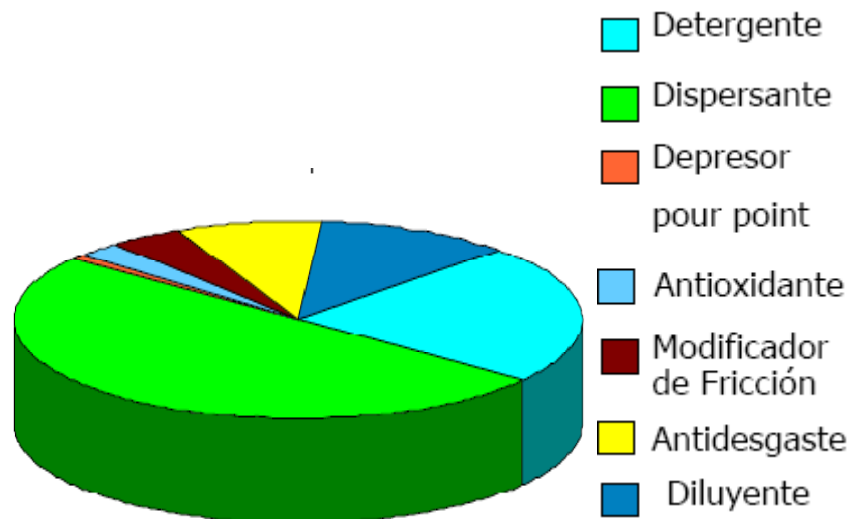
⁴ Ibíd., p. 8-10

2.2.1. Depresores de punto de escurrimiento.

A medida que disminuye la temperatura del aceite se incrementa su viscosidad, pero además dependiendo de sus características, se van formando progresivamente cristales de parafina que impiden que el aceite escurra aún lentamente.

Los depresores de punto de escurrimiento son compuestos orgánicos de alto peso molecular que bloquean el mecanismo de formación de dichos cristales impidiendo su crecimiento.

Figura 2. Paquete de aditivos típicos para un aceite motor.



Fuente: Terpel Lubricantes de Colombia

2.2.2. Mejoradores de índice de viscosidad.

Cuando un lubricante puede trabajar en un rango de temperaturas muy amplio, es deseable que la variación de su viscosidad sea poco sensible con la temperatura, es decir que el mismo tenga un alto índice de viscosidad.

Los mejoradores de índice de viscosidad son compuestos orgánicos (polisobutenos, polimetacrilatos, copolímeros de oleofinas) que tienen largas cadenas moleculares. A bajas temperaturas, estas se encuentran plegadas sobre sí mismas y por lo tanto no modifican apreciablemente la viscosidad del aceite base. En cambio, medida que la temperatura aumenta las cadenas se van desplegando y forman una suerte de trama que restringe la fluidez del aceite lo cual tiende a compensar su caída de viscosidad.

2.2.3. Modificadores de fricción.

En algunas aplicaciones se requiere que exista una gran diferencia entre los coeficientes de fricción estático y dinámico entre piezas que alternativamente entran en contacto y están lubricadas por aceite por ejemplo: frenos húmedos, embragues.

En otras en cambio se requiere que la diferencia entre ambos coeficientes sea mínima por ejemplo: cajas sincronizadas, bancadas de máquinas herramientas, etc. Los modificadores de fricción son compuestos que permiten en cada caso lograr las características óptimas requeridas.

2.3. ADITIVOS QUE PROTEGEN AL LUBRICANTE

2.3.1. Antioxidantes.

Cuando un lubricante entra en contacto con aire, inevitablemente se oxida, con una cierta velocidad que depende básicamente de las características del aceite y de la temperatura. Además, este proceso puede ser acelerado si hay contacto con algunos metales como el cobre y el hierro que actúan como agente catalítico, o bien por presencia de contaminantes en el aceite como puede ser agua, suciedad y partículas. Las reacciones de oxidación conducen a una degradación progresiva del aceite con formación de compuestos solubles e insolubles como son lodos, lacas y depósitos carbonosos.

Los antioxidantes son compuestos que retardan los proceso de oxidación ya sea interrumpiendo la reacciones de oxidación (fenoles, aminas) o bien contrarrestando los efectos catalíticos de los metales como los compuestos orgánicos con azufre o fósforo.

2.3.2. Antiespumantes.

Cuando se agita un aceite en presencia de aire, se forma una cierta cantidad de espuma, lo cual acelera los procesos de oxidación y reduce la efectividad de la lubricación. Los antiespumantes son compuestos, generalmente a base de siliconas, que reducen la tensión superficial de las burbujas facilitando su ruptura.

2.4. ADITIVOS QUE PROTEGEN A LAS SUPERFICIES DE TRABAJO

2.4.1. Anticorrosivos.

La presencia de ácidos débiles (orgánicos), y ácidos fuertes (inorgánicos) en los aceites puede dar lugar a un desgaste corrosivo de las superficies metálicas. Los anticorrosivos son compuestos solubles que impiden la corrosión ya sea neutralizando los ácidos o manteniéndolo en suspensión, es decir evitando que tomen contacto con las superficies.

2.4.2. Antidesgaste.

En tanto se mantenga una película lubricante de espesor adecuado, las superficies metálicas de un mecanismo no experimentarán un desgaste mecánico. Sin embargo y por distintas razones, es posible que la película lubricante sea insuficiente para evitar el contacto metal con metal aunque más no sea por un pequeño período por ejemplo: el arranque. Los aditivos antidesgaste son compuestos de distinta naturaleza química como ácidos orgánicos polares, tiofosfatos de Zinc, etc. cuyas cadenas se adhieren y se orientan perpendicularmente a las superficies metálicas con relativa facilidad, formando así

una película delgada que resiste el cizallamiento y provee una efectiva lubricación límite bajo condiciones de cargas moderadas.

2.4.3. Antiherrumbre.

Es inevitable que el aceite se contamine con agua y esta a su vez provoca el herrumbre de las aleaciones ferrosas. Los antiherrumbre son compuestos generalmente ácidos orgánicos que previenen la formación de herrumbre evitando de distintas formas que el agua tome contacto con el metal, por ejemplo: reaccionando con las superficies o bien formando una película protectora.

2.4.4. Dispersantes.

En muchas aplicaciones el lubricante entra en contacto con contaminantes que son insolubles en el aceite, los cuales se aglomeran junto con los productos de oxidación y forman depósitos sobre las superficies metálicas. Estos depósitos pueden afectar el correcto funcionamiento de los mecanismos y eventualmente bloquear conductos de lubricación y o filtros Los dispersantes son compuestos orgánicos polares, que previenen esta aglomeración manteniendo los productos insolubles en suspensión como partículas finamente divididas.

De este modo se mantiene la limpieza de las superficies de trabajo y se prolonga la vida útil de los filtros.

2.4.5. Extrema Presión.

Bajo condiciones de carga muy severas se puede producir la microsoldadura o engranamiento de las aristas de la rugosidad superficial. Los aditivos extrema presión son compuestos a base de Cloro, Azufre y/o Fósforo que son muy estables a bajas temperaturas, pero que cuando se produce una elevación de temperatura localizada por contacto incipiente metal con metal, por ejemplo en la superficie del diente de un engranaje se podrían alcanzar rápidamente

temperaturas del orden de 300°C, se descomponen y reaccionan con la superficie metálica formando compuestos de bajo punto de fusión que evitan la soldadura.

Tabla 3. Aplicación de los aditivos.

Tipo de Aditivo	Tipo de Lubricante						
	Aceite de motor	Aceite de transmisión	Aceite de ejes	Aceite hidráulico	Aceite de engranajes	Aceite de turbinas	Otros lubricantes
Detergente	X						
Dispersante	X	X					
Antioxidante	X	X	X	X	X	X	X
Antidesgaste	X	X	X	X	X		
Antiherrumbre	X			X	X	X	
Inhibidor de corrosión	X	X	X				X
Modificador de fricción		X	X				X
De extrema presión			X		X		X
Antiespumante	X	X	X	X	X	X	X

2.5. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES Y ENSAYOS

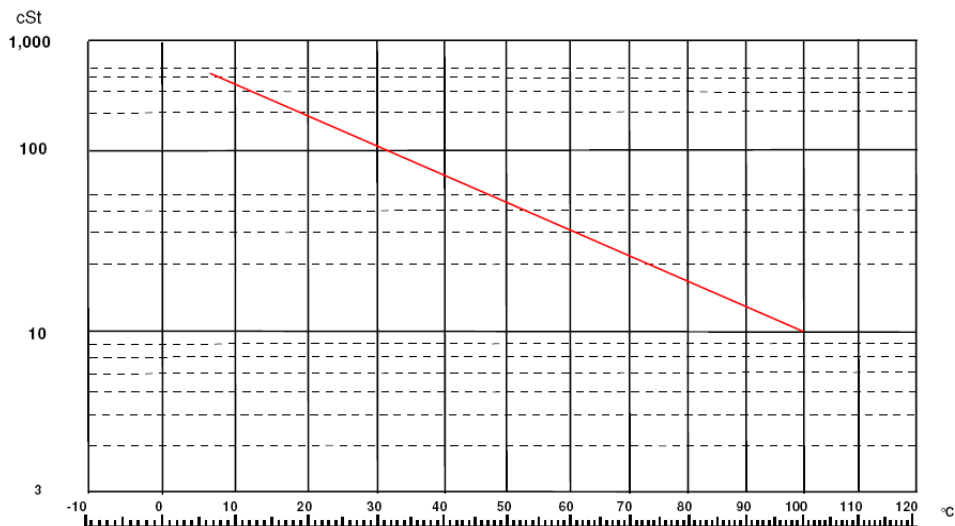
Los lubricantes se desarrollan y elaboran para cumplir con ciertas especificaciones que definen las propiedades requeridas en cada aplicación. Por esta razón se han desarrollado numerosos ensayos para evaluar las propiedades de los aceites y obviamente existen diferencias en los métodos empleados, aún para el caso de que el objetivo sea evaluar una misma propiedad. Los métodos de ensayo correspondientes a las propiedades más importantes han sido estandarizados por distintos organismos internacionales entre los que se pueden citar la ASTM en Estados Unidos y el IP en el Reino Unido.

2.6. NORMAS ASTM

2.6.1. Viscosidad ASTM D445-IP 71.

La viscosidad dinámica de un fluido es la relación que existe entre la tensión de corte aplicada y el gradiente de velocidad, y es una indicación de la resistencia a fluir a una temperatura determinada. En el sistema cegesimal de unidades (CGS) la unidad es el Poise (P) y usualmente se emplea el centipoise (cP). La viscosidad cinemática es la relación entre la viscosidad dinámica y la densidad de un fluido, y es una indicación de su resistencia a fluir por gravedad a una temperatura determinada. La viscosidad cinemática es por lo tanto proporcional al tiempo que un cierto volumen de fluido tarda en escurrir a través de un capilar calibrado, y todos los métodos de medición están basados en este principio. En el sistema CGS la unidad es el Stoke (St) y usualmente se emplea el centistoke (cSt). En la Figura 3 se muestra la variación de la viscosidad cinemática de un aceite, con la temperatura es de tipo logarítmica, de modo que en una gráfica adecuada se puede representar mediante una recta.

Figura 3. Variación de la viscosidad cinemática de un aceite.



Fuente: Shell de Colombia

2.6.2. Índice de viscosidad ASTM D22270 - IP 73.

El índice de viscosidad permite expresar la característica de variación de la viscosidad con la temperatura mediante un único número adimensional. Cuanto mayor es el índice menor es la variación de la viscosidad con la temperatura y viceversa. El índice se determina midiendo la viscosidad del aceite a 40 ° C y 100 ° C y comparándolas con aceites de referencia a los cuales se les asignó arbitrariamente los índices 0 y 100 respectivamente.

2.6.3. Punto de inflamación ASTM D 92/93 - IP 34/36.

Es la temperatura a la cual se desprenden suficiente cantidad de vapores como para producir una mezcla combustible con aire bajo condiciones estandarizadas.

2.6.4. Punto de fluidez ASTM D 97 - IP 15.

Es la mínima temperatura a la cual el aceite fluye por gravedad al ser enfriado a una cierta velocidad. Cuando la temperatura de trabajo esta muy próxima a la de fluidez del aceite, este fluirá con dificultad hacia las superficies en movimiento debido a la estructura cristalina que empieza a formarse⁵.

2.6.5. Numero de neutralización ASTM D 664 - IP 177.

Es una medida de la cantidad de sustancias ácidas o básicas presentes en la muestra. La acidez o alcalinidad se expresa como valor de neutralización es decir los mg de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar los ácidos en un gramo de aceite lo cual se denomina alcalinidad o Número Acido Total (T.A.N) o bien la cantidad de ácido requerida para neutralizar los componentes básicos, pero expresada también en su equivalente a mili gramos de KOH que recibe el nombre de alcalinidad o Numero Base Total (T.B.N).

⁵ ALBARRACIN AGUILLON. Pedro. Tribología y Lubricación Industrial y Automotriz. Segunda Edición. Bogotá. 1999. p. 185.

2.6.6. Demulsibilidad ASTM D 1401 - IP 19.

Es una indicación de la capacidad de un aceite para separarse del agua y no formar emulsiones. Consiste en mezclar cantidades iguales de agua y aceite a una cierta temperatura, agitar y luego dejar reposar. Se mide el tiempo necesario para que la emulsión desaparezca y se separe el agua del aceite.

2.6.7. Espuma ASTM D 892.

Un aceite produce espuma superficial por agitación enérgica con el aire o con otro gas, y esta 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; sin embargo, esta se debilita cuanto la temperatura se incrementa. Excesiva cantidad de espuma en el aceite puede causar desgaste de las superficies metálicas lubricadas debido a la poca homogeneidad de la película lubricante.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES SEGÚN SU VISCOSIDAD

3.1. VISCOSIDAD

La viscosidad de un fluido puede definirse desde el punto de vista práctico como su resistencia a fluir, es por lo tanto, una medida de su fricción interna. Mientras menor sea esta fricción más fácilmente fluirá y por lo tanto la viscosidad será menor. Desde el punto de vista más técnico la viscosidad está definida como:

- ✓ La fuerza requerida para mover una superficie plana de 1 centímetro cuadrado sobre otra superficie plana, a la velocidad de 1 centímetro por segundo cuando las dos superficies se encuentran separadas por una capa de líquido de 1 centímetro de espesor.

La viscosidad así definida corresponde a la viscosidad absoluta, siendo su unidad el POISE. Sin embargo, generalmente se trabaja con la centésima parte del POISE: el centipoise (cp), siendo **1 cp = 0,01 poise**

La determinación de la viscosidad absoluta requiere mediciones complejas y elaboradas. Así, para fines prácticos, en el laboratorio es mucho más sencilla la medición de la viscosidad cinemática.

La viscosidad cinemática es la relación de la viscosidad absoluta de un aceite y su peso específico a la temperatura a la cual se efectúa la determinación de la viscosidad. La unidad de viscosidad cinemática es el "stoke" usualmente se habla en términos de "centistokes" (cSt), donde:

1 cSt = 0,01 Stoke y las temperaturas usuales de referencia corresponde a 40°C y 100°C. De esta forma, la viscosidad en stokes multiplicada por el peso específico

del aceite a la temperatura de la prueba nos da la viscosidad absoluta del lubricante en “poises” a esa temperatura.

3.1.1. Índice de Viscosidad.

El Índice de Viscosidad es una medida o indicación (empírica) que expresa la forma en la cual la viscosidad de un aceite varía con respecto a la temperatura. Un Índice de Viscosidad alto indica poca variación de la viscosidad con la temperatura. Por el contrario aceites con Índice de Viscosidad bajos experimentan una mayor variación de la viscosidad en relación a la Temperatura. Aceites con un índice de viscosidad mayor a 80 se conoce como aceites de Alto Índice de Viscosidad y los menores de 60 como bajo Índice de Viscosidad.

3.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE VISCOSIDADES

3.2.1. Clasificación SAE de Viscosidad de Los Aceites para motores.

Desde el año 1911, la Sociedad de Ingenieros Automotrices de los Estados Unidos, SAE ha establecido distintas clasificaciones de viscosidad de los aceites para motor, destinadas a ser usadas por los fabricantes de vehículos en el momento de determinar los grados de viscosidad a ser recomendados en sus motores y por los fabricantes de lubricantes en la formulación e identificación de sus productos.

La última revisión de esta clasificación de viscosidad SAE de aceites para motores está vigente desde marzo de 1982 y está identificada como SAE J300 JUN 89. En la Tabla 4. Se definen dos grupos de viscosidades: aquellos que están seguidos por la letra W y aquellos que no contienen esta letra. Por la primera letra de la palabra “invierno” en inglés “Winter”.

Tabla 4. Clasificación de viscosidad para aceites de motor SAE J300 JUNIO 89.

Grado SAE	Viscosidad dinámica en Centipoises (cP) a la temperatura °C (1)	Temperatura límite de bombeo en °C (2)	Viscosidad cinemática en Centistokes (cSt) a 100 °C (3)		Viscosidad dinámica en Centipoises (cP) a 150°C (4) (5)
			min.	máx.	
	máximo	máximo			min.
0 W	3250 a -30	-35	3.8		
5 W	3500 a -25	-30	3.8		
10 W	3500 a -20	-25	4.1		
15 W	3500 a -15	-20	5.6		
20 W	3500 a -10	-15	5.6		
25 W	6000 a -5	-10	9.3		
20			5.6	<9.3	2.6
30			9.3	<12.5	2.9
40			12.5	<16.3	3.7
50			16.3	<21.9	3.7
60			21.9	<26.1	3.7

Fuente: Shell Lubricantes

- 1) Método ASTM D2602 (Simulador Cold Cranking)
- 2) Método ASTM D4684 (Viscosímetro mini rotativo)
- 3) Método ASTM D445 (Viscosímetro capilar)
- 4) Método ASTM D4624, ASTM D4683, ASTM D4741, CEC-L-36-A-90 (Viscosímetro Ravenfeld o TBS)
- 5) Sólo requerido para los correspondientes multigrados (ejemplo: 5W-40, 10W-40, etc.)

3.2.1.1. Requisitos Para Los Grados De Viscosidad W.

- **Bombeo máximo sin esfuerzo de corte.** Esta es una medida de la capacidad de un aceite para fluir hasta la entrada de la succión de aceite y proveer una adecuada presión de aceite durante las etapas iniciales de operación.

Esta temperatura se determina de acuerdo al Método ASTM D3829 método para la determinación del límite de elasticidad y viscosidad aparente del motor a baja temperatura. Esta medición se realiza en un viscosímetro especial denominado el Mini-Viscosímetro Rotativo o MRV, el cual mide o bien la existencia de esfuerzo de fluencia o la viscosidad en la ausencia de medición de esfuerzo de fluencia después de haber enfriado la muestra por medio de un ciclo de enfriamiento prescrito también llamado TP1. Este ciclo de enfriamiento predice fallas en aceites de motor SAE 10W-30 y SAE 10W-40, los cuales fallaron en bombeabilidad durante pruebas de campo después de periodos cortos de enfriamiento.

- **Viscosidad máxima a una temperatura determinada, arranque en frío.**

Esta viscosidad se expresa en centipoise (cP) y se determina utilizando una versión multi temperatura del método ASTM D2602, Método de ensayo de la viscosidad aparente de los aceites para motor a bajas temperaturas, utilizando el Simulador de Arranque en frío. Se ha determinado que existe correlación entre las viscosidades medidas por este método y la velocidad de giro del motor durante el arranque a bajas temperaturas y por ende con la facilidad para encender el motor en estas condiciones.

- **Viscosidad mínima a alta temperatura.** Para cada uno de los grados “W” se especifica sólo una viscosidad mínima en centistokes (cSt) a 100°C. Para los grados restantes 20, 30, 40, 50 y 60 se establece una viscosidad mínima y máxima (en cSt) a 100°C.

Es posible, sin embargo, formular aceites que satisfagan simultáneamente los requerimientos de uno de los grados W y cuya viscosidad a 100°C se encuentre dentro del intervalo definido para uno de los grados sin W. Estos son los denominados aceites multigrados. Así por ejemplo, si un aceite satisface los requerimientos de arranque en frío a temperatura y bombeo máximo (cP) de un grado 15 W y su viscosidad a 100°C es, digamos, 14,8 cSt, este aceite puede ser clasificado como un 15 W/40.

3.2.2. Clasificación SAE de viscosidad de los aceites para transmisiones automotrices.

De la misma forma que para los aceites destinados a la lubricación de motores, la Sociedad de Ingenieros Automotrices SAE (Society of Automotive Engineers) de los Estados Unidos ha desarrollado una clasificación de viscosidad para la identificación y designación de los aceites destinados a la lubricación de engranajes automotrices tales como los utilizados en las cajas de cambio de

velocidades manuales (Sincrónicas) o el diferencial, es decir, la clasificación de viscosidades SAE J306B (ver Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación SAE de aceites para engranajes automotrices J306 B

Grado SAE	Máxima temperatura en °C para una viscosidad de 150000 cP (1)	Viscosidad cinemática en Centistokes (cSt) a 100 °C (2)	
		min.	máx.
70 W	-40	4.1	
75 W	-40	4.1	
80 W	-26	7.0	
85 W	-12	11.0	
80		7.0	<11.0
85		11.0	<13.5
90		13.5	<24.0
140		24.0	<41.0
250		41.0	

Fuente. Shell Lubricantes

1) Método ASTM D2893 (Viscosímetro Brookfield)

2) Método ASTM D445 (Viscosímetro capilar)

También en este caso es posible formular aceites que cumplan con los límites a baja temperatura impuestos para un grado W y a alta temperatura con los fijados para otro grado a 100°C. Así es posible hablar de aceites, por ejemplo de un grado de viscosidad SAE 85W/140 ó 80W/90. En la Tabla 5 se puede observar que un aceite con una viscosidad cinemática a 100°C de 18,3 cSt puede ser considerado como un grado SAE 90.

3.2.3. Clasificación ISO de viscosidad de aceites industriales.

El deseo de establecer un lenguaje común entre los fabricantes de equipos, los suplidores y los usuarios, para designar y seleccionar los lubricantes industriales, llevó a los institutos de normalización de varios países miembros de la International Organization for Standardization (ISO), a través de un esfuerzo conjunto, a desarrollar la clasificación ISO de viscosidades para lubricantes

líquidos industriales identificada como ISO 3448, efectiva a partir del 1° de enero de 1978. Esta norma está basada en las siguientes pautas generales:

- En la Tabla 6 se establece 18 grados de viscosidad, comprendidos entre 2 y 1.500. Esto cubre el intervalo entre aceites de mínima viscosidad hasta los de máxima viscosidad, en lo que a productos líquidos de petróleo se refiere.
- Cada grado de viscosidad se designa por el número entero más cercano a su viscosidad cinemática media, expresada en centistokes a 40°C, permitiéndose una variación de $\pm 10\%$ de este valor.
- La clasificación se basa en el principio de que la viscosidad cinemática media correspondiente a cada grado debe ser aproximadamente 50% mayor a la correspondiente al grado anterior.

Tabla 6. Sistema ISO de clasificación según la viscosidad para lubricantes industriales.

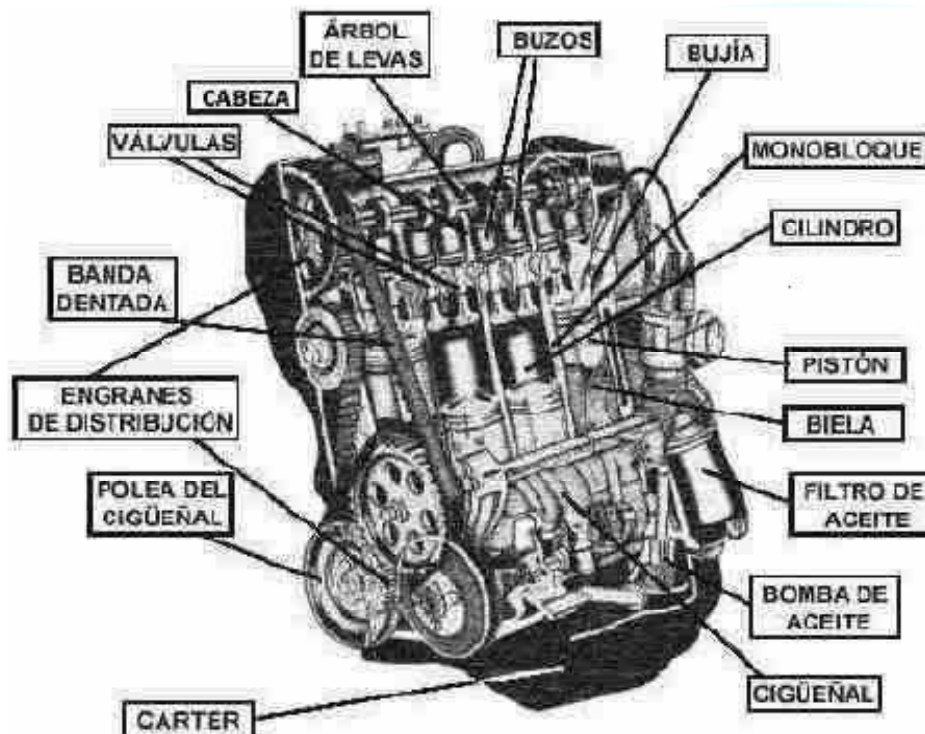
Grado ISO	Punto medio de la viscosidad cinemática (cSt) a 40 °C	Límites de viscosidad cinemática (cSt) a 40 °C	
		mínimo	máximo
2	2.2	1.98	2.42
3	3.2	2.88	3.52
5	4.6	4.14	5.06
7	6.8	6.12	7.48
10	10.0	9.00	11.0
15	15.0	13.5	16.5
22	22.0	19.8	24.2
32	32.0	28.8	35.2
46	46.0	41.4	50.6
68	68.0	61.2	74.8
100	100.0	90.0	110.0
150	150.0	135.0	165.0
220	220.0	198.0	242.0
320	320.0	288.0	352.0
460	460.0	414.0	506.0
680	680.0	612.0	748.0
1000	1000.0	900.0	1100.0
1500	1500.0	1350.0	1650.0

Fuente. Shell lubricantes

4. LUBRICACIÓN EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Los motores de combustión interna son máquinas que permiten transformar la energía almacenada en un combustible en trabajo mecánico es decir en fuerza y movimiento. Usualmente los motores están constituidos por un block en el cual se han practicado una cierta cantidad de cavidades o cilindros. Cada cilindro aloja un pistón o émbolo que se desplaza en forma alternativa y que está conectado a un cigüeñal o eje motor mediante una biela, de modo tal que al desplazarse el pistón en el cilindro, imprime al cigüeñal o un movimiento de rotación.

Figura 4. Corte transversal de un motor a gasolina mostrando sus partes internas.

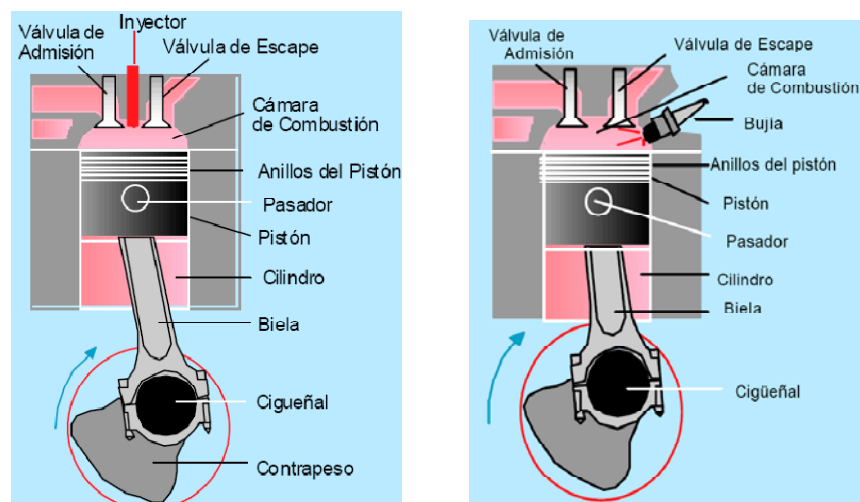


Fuente: Oxxe lubricantes

El combustible se quema en el cilindro junto con una cantidad determinada de aire, produciendo una gran cantidad de gases que son los que impulsan al pistón.

En los motores a nafta se alimenta una mezcla de aire y combustible a los cilindros ya sea mediante un carburador o bien un sistema de inyección. Esta mezcla se comprime y luego se produce su ignición a partir de la chispa iniciada en una bujía. En los motores Diesel, en cambio, los cilindros aspiran únicamente aire, el cual alcanza muy altas temperaturas por efecto de la compresión. Cuando se inyecta cantidad necesaria de combustible en la cámara de combustión, la mezcla resultante se inflama por sí misma. De acuerdo al ciclo de trabajo los motores pueden ser de dos o de cuatro tiempos. El motor de cuatro tiempos necesita dos vueltas completas del cigüeñal, o sea cuatro carreras del pistón (admisión, compresión, expansión y barrido) para llevar a cabo la combustión y evacuar los gases de escape del cilindro. En el motor de dos tiempos en cambio el ciclo tiene lugar durante una vuelta completa del cigüeñal, o sea dos carreras del émbolo.

Figura 5. Cilindro de un motor a gasolina y motor diesel.

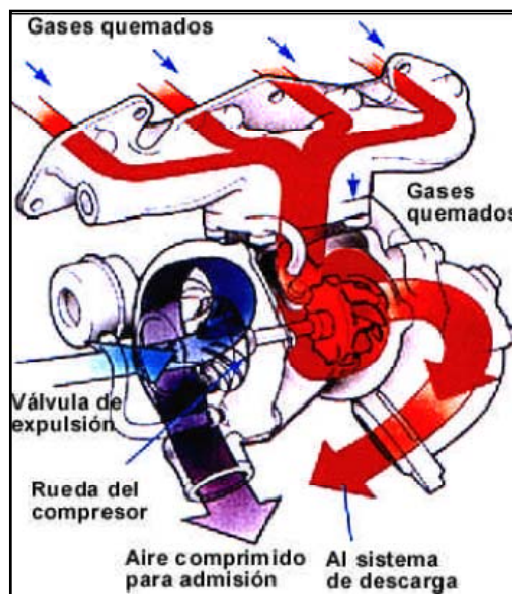


Fuente: Shell Lubricantes

- **Motores Turbocargados⁶**. La potencia que puede ser desarrollada por un motor de combustión interna está limitada por la cantidad de combustible que puede ser quemado durante cada ciclo. Es relativamente fácil suplir más combustible a los cilindros pero este combustible extra debe estar igualado por un incremento en el suministro de aire para que sea quemado completamente y eficientemente.

La sobrecarga es una forma de incrementar la cantidad de aire en los cilindros de un motor, suministrándolo a alta presión, haciendo posible quemar más combustible. El aire para la sobrecarga es suministrado por un soplador o compresor el cual puede ser movido por el mismo motor, por un motor separado o como en el método más frecuentemente usado, una turbina movida por los gases de salida del motor. Este último método de sobrecargar es conocido como **turbocarga**.

Figura 6. Trabajo de un turbocargador.



Fuente: Shell Lubricantes de Colombia

⁶ Shell. Tutor de lubricación: Motores Modulo 2.

En el motor turbocargado, los gases de salida del motor son dirigidos directamente a una **turbina de gas**. Esta consiste esencialmente de un conjunto de aspas montadas alrededor de un eje. La presión de los gases sobre las aspas fuerzan al eje a rotar. La turbina gira a su vez empujando un compresor montado en el mismo eje, el cual produce aire comprimido y es alimentado a los cilindros del motor, permitiéndole quemar más combustible.

El motor turbocargado es altamente eficiente. Cuando se le inyecta más combustible, la energía de los gases de salida se incrementa. Esto inmediatamente aumenta la salida de aire comprimido. Contrariamente, cuando se suministra menos combustible, la salida de aire comprimido disminuye. La salida de aire está ajustada a la demanda del motor en un amplio rango de velocidades.

4.1. FUNCIONES DE UN ACEITE PARA MOTOR

Los motores de combustión interna trabajan en las más variadas condiciones y requieren lubricantes que proporcionen la máxima protección y eficiencia operativa con el mínimo mantenimiento posible. Para ello es preciso que puedan cumplir con las siguientes funciones⁷:

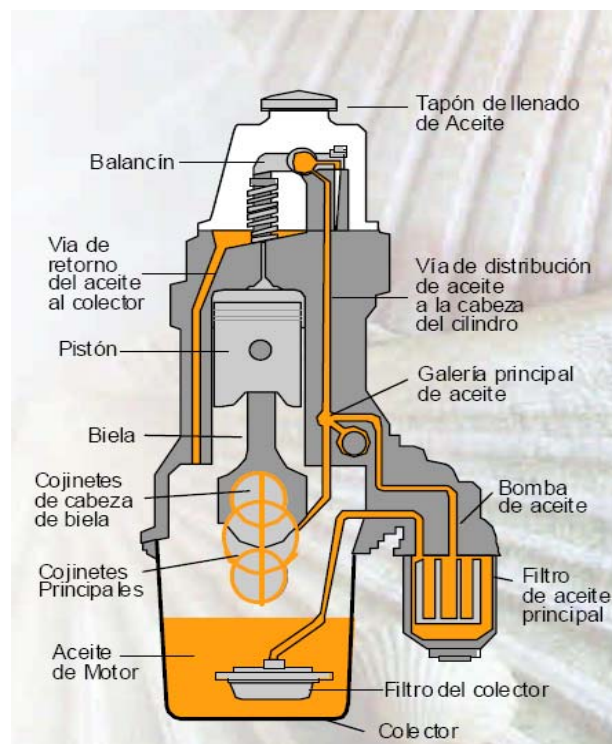
- **Lubricar y prevenir el desgaste.** Siempre que se enciende un motor, el aceite debe circular rápidamente y lubricar todas las partes móviles para prevenir el contacto metal-metal que podría ocasionar desgaste, ralladuras o incluso soldadura (fusión) de las partes del motor. La película de aceite sobre los cojinetes y las partes de los cilindros son susceptibles al movimiento, a la presión y al suministro de aceite. Tales películas deben reponerse continuamente a través de un flujo adecuado y mediante una apropiada distribución del aceite.

⁷ Oxxe Petroleum Corporation S.A. Capacitación en principios básicos de lubricación. p. 25-28

Una vez que el aceite alcanza las partes móviles su función es lubricar y prevenir el desgaste, se cuenta con que el aceite establezca y constantemente reponga una película completa y continua entre las superficies esto se debe a la lubricación hidrodinámica que ocurre cuando las superficies en movimiento se encuentran continuamente separadas por una película de aceite.

El factor determinante en mantener esta separación de las partes es la viscosidad del aceite a la temperatura de operación. La viscosidad debe permanecer lo suficientemente alta para prevenir el contacto metal-metal.

Figura 7. Trabajo del aceite en un motor.



Fuente: Shell lubricantes

Debido a que los metales no hacen contacto en una lubricación de película completa, el desgaste es insignificante, a no ser que las partes separadas se rayen con partículas más gruesas que el espesor de la misma película de aceite.

Los cojinetes del cigüeñal, así como los de las bielas, el árbol de levas y los pasadores del pistón, normalmente operan con lubricación hidrodinámica.

Bajo ciertas condiciones es imposible mantener una película continua de aceites entre las partes móviles, y ocurre un contacto intermitente de metal-metal entre los picos de las superficies deslizantes. Los ingenieros de lubricación llaman a esto *lubricación límite*.

Bajo ciertas circunstancias, la carga se soporta solo en forma parcial por la película de aceite, dicha película se rompe resultando un significativo contacto metal-metal. Cuando esto ocurre, la fricción generada entre las superficies puede producir suficiente calor para causar que uno o ambos metales en contacto se fundan y produzcan una soldadura entre ellos. A menos que se contrarreste a través de un adecuado tratamiento del aceite con aditivos, el resultado es, o bien un inmediato agarrotamiento o un desgaste precipitado de las superficies.

La condición de lubricación límite siempre existe durante el arranque del motor y frecuentemente durante la operación de un motor nuevo o reconstruido. La lubricación límite también se encuentra alrededor del anillo del tope del pistón, donde el suministro de aceite es limitado, las temperaturas son altas y es donde ocurre la inversión del movimiento del pistón. Se pueden desarrollar condiciones de extrema presión entre partes altamente cargadas debido a una falta de lubricación, juego inadecuado, extremo calor y en algunos casos como resultado del uso de un lubricante de tipo o grado de viscosidad incorrecto para las condiciones de operación del motor.

- **Reducir la fricción.** Bajo la condición de lubricación hidrodinámica, una película gruesa de aceite previene el contacto metal-metal entre las partes en movimiento del motor. Parte de la fuerza que produce el movimiento relativo de esas partes lubricadas requiere consumirse para vencer la fricción fluida del lubricante. La viscosidad del aceite debe ser lo suficientemente adecuada para

mantener una película continua, pero no debe ser más de la necesaria, ya que esto incrementa la cantidad de fuerza requerida para vencer esta fricción fluida, la cual se desperdicia en calor.

Los fabricantes de vehículos especifican la viscosidad adecuada para el aceite para motor, recomendando los grados SAE⁸ de acuerdo a las temperaturas ambientales esperadas. Esto es para asegurar que el lubricante proveerá una adecuada, más no excesiva, viscosidad a las condiciones normales de operación. Cuando el aceite se contamina, su viscosidad cambia con hollín, polvo o sedimentos, la viscosidad se incrementa; con dilución por combustible ésta disminuye. Ambas direcciones de variación de la viscosidad son potencialmente dañinas para el motor. Por esta razón, contaminaciones leves en el aceite de motor deben mantenerse al mínimo. Esto puede asegurarse a través de cambios del aceite a intervalos adecuados.

- **Protege contra la herrumbre y la corrosión.** Bajo condiciones ideales, los combustibles que se queman forman dióxido de carbono y agua. Por una variedad de razones, un motor a gasolina no quema completamente todo el combustible. Algo de la gasolina parcialmente quemada se somete a complejos cambios químicos durante la combustión y bajo ciertas condiciones, forma hollín o carbón. Algo de este hollín del combustible parcialmente quemado, sale a través del escape en forma de humo negro o de gases malolientes, particularmente cuando ocurre que la mezcla gasolina/aire es extremadamente rica o cuando ocurren fallas de encendido en el cilindro.

Aquella parte de hollín del combustible no quemado que logra pasar a través de las ranuras de los anillos, cae dentro del cárter y tiende a combinarse con agua proveniente de la condensación, para formar depósitos de lodo y barnices sobre partes críticas del motor.

⁸ Aceites Lubricantes de uso automotriz. Sistema de clasificación según la viscosidad.

La acumulación de barniz puede obstruir los pasajes de aceite lo cual reducirá el flujo del mismo. La acumulación de barniz interfiere y causa atascamiento y mal funcionamiento a partes vitales del motor. El resultado es una rápida falla de esas partes.

El agua es un problema. Por cada litro de combustible que se quema en un motor, se forma más de un litro de agua. La mayor parte de esa agua se encuentra en forma de vapor y se expulsa a través del escape, otra parte se condensa sobre las paredes del cilindro o se escapa pasando a través de los anillos del pistón y queda atrapada, al menos temporalmente, en el cárter. Esto ocurre frecuentemente en climas fríos antes que el motor se caliente.

En adición al agua y a los subproductos de la combustión incompleta del combustible, otros gases corrosivos de la combustión también logran pasar a través de las ranuras de los anillos y se condensan o se disuelven por la oxidación normal del aceite son también potencialmente corrosivos para las partes metálicas del motor.

La vida de las partes del motor, depende en parte de la capacidad del aceite de motor para neutralizar el efecto de estas sustancias corrosivas. Gracias a las investigaciones realizadas por los especialistas en química del aceite, se han desarrollado efectivos compuestos químicos solubles en aceite. Estos se añaden al aceite para motor durante su fabricación para proveer la protección vital a las partes del motor.

- **Mantener limpio el motor.** En la formulación de los modernos aceites de motor de alta calidad, uno de los objetos básicos es no solamente mantener limpias las partes del motor, sino prevenir la formación de depósitos, barnices y lodos que interfieren con la operación adecuada del motor. Los aditivos

Detergentes y Dispersantes, son muy efectivos en la prevención y limpieza de los depósitos de productos de combustión dentro de un motor. Los levantadores hidráulicos y los anillos en las ranuras del pistón son partes particularmente sensibles a los depósitos de combustión. Si se permite que materias formadoras de depósitos se acumulen en estas áreas, se obstaculizaría la operación del motor.

El Detergente contenido en el aceite para motor, limpia y evita la formación de estos depósitos y el dispersante los mantiene en suspensión hasta que el tamaño de las partículas de los mismos puedan ser retenidos por el filtro. Si los anillos del pistón se pegan o se frenan debido a la acumulación de depósitos ocasionan que el motor no pueda desarrollar su potencia completamente.

El en trabamiento o la obstrucción de las ranuras de los anillos de control del aceite impide que se remueva el exceso de lubricante de las paredes de los cilindros lo cual causa un consumo excesivo del aceite. Los aditivos Detergentes y Dispersantes evitan que estos en trabamientos de los anillos de compresión y control de aceite sucedan. Los motores no pueden tolerar cantidades excesivas de lodos sobre sus partes sensibles. Los depósitos de lodos se acumulan sobre la rejilla de la bomba de aceite, limitando el flujo de aceite a las partes vitales del motor y dando como resultado un desgaste rápido y destructivo. También los Aditivos Detergentes y Dispersantes controlan y evitan la formación de lodos.

Las partículas que forman lodos con frecuencia son tan pequeñas durante su fase inicial, que el filtro de aceite no es capaz de removerlas o atraparlas. Hay muchas de ellas más pequeñas que el espesor de la película de aceite, sobre las partes móviles del motor y en consecuencia no son capaces de causar desgaste o daños, siempre y cuando se mantengan pequeñas y bien dispersas. Sin embargo, su tamaño se va incrementando dentro del aceite durante el uso. Estas partículas tienden a unirse unas con otras para formar masas más grandes las cuales,

precipitan al fondo del cárter y a las paredes de los tapa válvulas y del tapa engranajes o cadena de tiempo.

La formación de lodo se agrava por el vapor de agua, el cual condensa en el aceite durante la operación en frío del motor. La tasa de acumulación de lodo en el aceite del cárter, está relacionada con muchos factores de la operación del motor, tales como mezclas de aire/combustible muy ricas las cuales ocurren durante el arranque o cuando el difusor de combustible se obstruye. Por otro lado, la operación con el filtro de aire sucio, o casos de fallas de ignición, incrementan la tasa de acumulación de lodo en el aceite.

- **Disipar el calor de combustión.** Muchas personas creen que la refrigeración del motor se lleva a cabo solamente por la acción del agua usada en el sistema de enfriamiento. El agua apenas disipa el 60% del calor generado. Solamente enfría la parte superior del motor, el cabezal de los cilindros y las paredes de los mismos, es decir el bloque.

El enfriamiento del cigüeñal, los cojinetes principales y de bielas, el árbol de levas y sus cojinetes, las válvulas, los engranajes de la distribución, los pistones y muchos otros componentes del motor depende directamente del aceite del motor. Todas estas partes tienen temperaturas límites definidas, muchas de las cuales no se deben exceder. Algunas partes pueden tolerar regularmente altas temperaturas, mientras que otras, tales como los cojinetes principales y los cojinetes de bielas, deben funcionar relativamente frías para evitar que fallen.

A estas partes se les debe mantener un amplio suministro de aceite frío para extraerles el calor y llevarlo hacia el cárter en donde se enfriará transfiriendo el calor al medio ambiente externo. Una idea de las temperaturas específicas puede ser de gran utilidad para comprender el rol del aceite como refrigerante. Las temperaturas de combustión son del orden 1000°C a 1650°C. En ciertas partes de

las válvulas se pueden alcanzar temperaturas de 540 a 1090°C las temperaturas del pistón pueden llegar hasta 510°C. Este calor se transmite hacia los pasadores y cojinetes de las bielas. El estaño y el plomo, los cuales son los más sensibles de los metales comúnmente utilizados en los cojinetes, se ablandan a temperaturas cercanas a los 180°C y se funden a los 232°C y a los 327°C respectivamente. Una vez caliente el motor, las temperaturas del aceite en el cárter alcanzan entre 93 y 121°C, y el aceite se suministra a los cojinetes a esta temperatura.

El aceite absorbe el calor en los cojinetes y sale de ellos, en muchos motores, a temperaturas entre 120 y 135°C, esto mantiene a los cojinetes en una temperatura segura. El enfriamiento continuo del aceite por recirculación en el cárter es esencial para controlar la temperatura de los cojinetes. Para mantener este proceso de enfriamiento en funcionamiento, grandes volúmenes del aceite deben circular constantemente hacia los cojines y otras partes del motor; además, el sistema de enfriamiento por agua debe también operar adecuadamente, procurando que la temperatura de la misma no llegue a los 100°C en forma permanente.

Si el suministro de aceite se interrumpe, esas partes se calentarán rápidamente por el incremento de la fricción y las temperaturas de combustión. Cuando un cojinete falla frecuentemente se le llama “cojinete fundido” debido a que las temperaturas se elevan lo suficientemente alto como para efectivamente fundir el metal del cojinete. Aunque se requiere solamente una pequeña cantidad de aceite para proveer la lubricación de cualquiera de las partes en cualquier momento, la bomba de aceite debe poner a circular muchos litros por minuto de aceite, con el objeto de alcanzar esto.

Los aditivos químicos y las propiedades físicas del aceite tienen muy poco efecto sobre su capacidad de proveer un adecuado enfriamiento, lo que es crítico es que debe existir una circulación continua de grandes cantidades de aceite a través de

todo el motor y sobre las partes calientes del mismo. Esto se logra con el uso de bombas de aceite de gran capacidad y conductos o pasajes de aceite adecuados para manejar el volumen requerido. Dichos pasajes de aceites no pueden realizar este trabajo adecuadamente si se les permite que comiencen a obstruirse, parcial o completamente, con depósitos. Cuando esto ocurre el aceite no puede circular, ni enfriar adecuadamente y rápidamente ocurre la falla del motor. Esta es otra de las razones para efectuar el cambio de aceites antes de que los niveles de contaminación se vuelvan demasiado altos. Un enfriamiento adecuado también requiere que el nivel de aceite en el cárter nunca permanezca por debajo de la marca de “Añadir” de la varilla medidora de nivel.

- **Sellar presiones de combustión.** Las superficies de los anillos del pistón, las ranuras donde se instalan los mismos y las paredes de los cilindros no son completamente lisas. Si se les examina bajo un microscopio, estas superficies se muestran como diminutas colinas y valles. Por esta razón, el anillo por si solo nunca puede contener completamente las altas presiones de combustión y compresión de aire y evitar que estas escapen hacia las áreas de baja presión de cárter, con la consecuente reducción en la potencia y eficiencia del motor.

El aceite del motor se introduce entre esas colinas y valles de las superficies de los anillos; y las paredes del cilindro ayudan a sellar las presiones de compresión y combustión. Debido a que la película de aceite en estos puntos es sumamente delgada, generalmente menor de 0,025 mm de espesor, la misma no puede compensar cuando existen desgastes excesivos de los anillos, la muesca de los anillos o en las paredes de los cilindros.

Donde existan esas condiciones, el consumo de aceite será alto. Pero también puede ser alto en un motor nuevo o reconstruido hasta que las colinas y los valles en dichas superficies tengan la textura lo suficientemente liza para permitir que el aceite forme un sello compacto.

4.2. ESPECIFICACIONES DE CALIDAD DE ACEITES PARA MOTORES

Desde hace años se hizo obvia la necesidad de un sistema mediante el cual los aceites de motor pudieran ser clasificados y descritos, tanto para los fabricantes de automóviles, la industria petrolera y los propietarios de los vehículos.

Los primeros intentos de clasificar e identificar los aceites de motor se hicieron cuando apareció el primer automóvil, pero no fue sino hasta 1911 que la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) Norteamericana, desarrolló un sistema de clasificación basado en la medida de la viscosidad. Pero este sistema, el cual ha ido evolucionando con el paso de los años, sólo considera el aspecto de la viscosidad y no de la calidad del aceite.

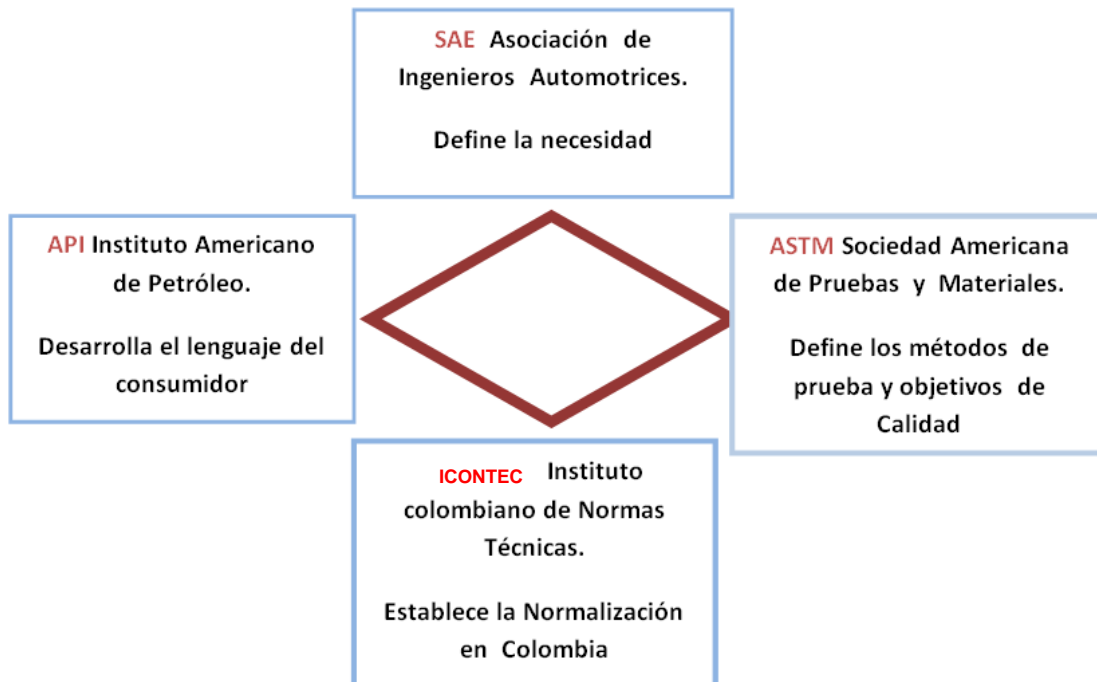
Sucesivamente se fueron creando distintos sistemas de clasificación hasta que en el año 1970, el Instituto Americano del Petróleo (API), la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE), y la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales (ASTM), desarrollaron el sistema API de clasificación de servicio por calidad de aceites para motores⁹.

Como se puede ver en la figura 8, las asociaciones mencionadas están continuamente trabajando en el desarrollo de este tipo de sistemas en su amplitud, revisión y discusión. Se puede decir que SAE define las necesidades y las exigencias que los nuevos automóviles requieren para la calidad del aceite para motor. ASTM diseña las pruebas y ensayos a los cuales deben someterse dichos aceites para comprobar su calidad; API entonces genera la nomenclatura y el código común para designar los lubricantes de acuerdo con su calidad, es decir que genera la normalización ICONTEC, es el organismo encargado a nivel nacional de establecer la normalización en Colombia y mantener el contacto con

⁹ Oxxe, Op. Cit., p. 28

los organismos de normalización internacionales, adapta a nuestro sistema de medidas, los requerimientos por calidad requeridos de los aceites para motor.

Figura 8. . Relación entre las asociaciones API, SAE, ASTM, ICONTEC.



Fuente: Oxxe lubricantes de Colombia.

4.2.1. Sistema o Norma SAE.

Indica como es el flujo de los aceites a determinadas temperaturas. Esto no tiene que ver con la calidad del aceite, contenido de aditivos, funcionamiento o aplicación para condiciones de servicio especializado.

- **Aceite Monogrado.** Es un lubricante que cumple un solo grado SAE, puede ser un grado de VERANO, o bien de INVIERNO, en el cual el número de SAE va acompañado de la letra "W". El rango de temperatura útil es pequeño y diferentes aceites deben de usarse en las diferentes estaciones. Este aceite solamente

muestra un número de SAE. Se han asignado o especificado doce grados, correspondiendo cada uno a un rango de viscosidades.

Seis de ellos están referidos a la medida de la máxima viscosidad a bajas temperaturas. Estos grados son¹⁰:

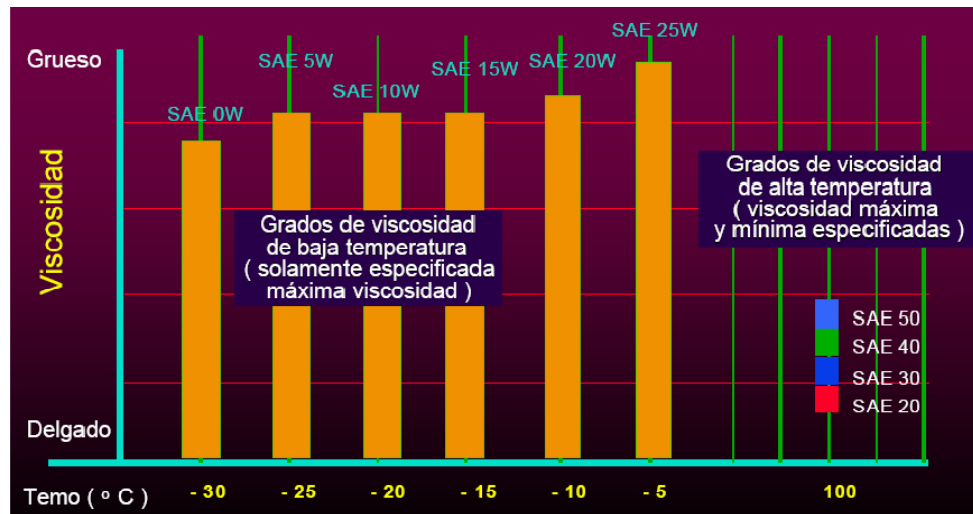
- SAE OW medida a - 35°C
- SAE 5W medida a - 30°C
- SAE 10W medida a - 25°C
- SAE 15W medida a - 20°C
- SAE 20W medida a - 15°C
- SAE 25W medida a - 10°C

El sufijo “W” (winter) expresa que es un aceite adecuado para usar en invierno, lo que indica que cuando está sometido a bajas temperaturas, no incrementan su viscosidad, sino que permanece delgado, garantizando la correcta lubricación. Los otros seis grados están basados en las medidas de viscosidad a 100°C. En orden de incremento de viscosidad son:

- SAE 10
- SAE 20
- SAE 30
- SAE 40
- SAE 50
- SAE 60

¹⁰ ALVARADO SAAVEDRA, William. RIOMAÑA, Helmer. Programa De Lubricación Y Engrase De Los Equipos Y Sistema De Las Unidades De La Armada Nacional. Bucaramanga, 2005. p. 63.

Figura 9. Norma SAE para aceites monogrados.



Fuente: Shell de Colombia.

- **Aceite Multigrado.** Son aceites que se formulan para cumplir con los requerimientos de más de un grado de la clasificación SAE, y por ello se pueden utilizar en un rango más amplio de temperaturas operativas que los aceites de un sólo grado. Estos lubricantes son muy difundidos y solicitados por los fabricantes de motores para satisfacer las necesidades de los motores de alta tecnología.

Para el caso de un aceite 15W 40, El número 15W realmente se refiere a la facilidad con la que el aceite puede ser bombeado en bajas temperaturas, mientras más bajo sea el número “W”, mejores serán sus propiedades de baja viscosidad y el motor podrá ser arrancado a muy bajas temperaturas. Un aceite 5W 40 es mejor que un 15W 40 en arranque a bajas temperaturas. Ese es el real significado del primer número “Facilidad de arranque en bajas temperaturas” – equivalente al término “Startability” en Inglés.

El segundo término es el grado de viscosidad real del aceite a la temperatura de operación del motor y es determinado por la viscosidad cinemática del aceite a 100°C. Una vez que el motor arrancó y se ha calentado, el aceite trabaja como un

grado SAE 40, esto es; la viscosidad con la que se protege al motor la mayor parte del tiempo.

La gran ventaja de los aceites multigrados es su gran flexibilidad para proteger al motor en el arranque, con una viscosidad baja y que permite que el aceite llegue muy rápido a las partes del motor, para protegerlo contra el desgaste y posteriormente que sostenga una viscosidad correcta para el tiempo que opera en condiciones normales de temperatura que son reguladas por el sistema de refrigeración (enfriamiento) del motor.

- **Ventajas de un multigrado sobre un monogrado.** Los aceites multigrados pueden ofrecer ventajas significativas sobre los monogrados¹¹:

- ✓ Arranque más rápido del motor en frío. Se obtiene así menor desgaste del motor en sí, y también una mayor vida útil de la batería y del motor de arranque. Esto se comprueba no solamente en climas fríos rigurosos, sino también a temperaturas ambiente moderadas como 20° C. La diferencia entre un multigrado y un monogrado en estos casos es notoria. Establece la lubricación adecuada en la mitad del tiempo que un monogrado.

- ✓ Los multigrados eliminan la necesidad de cambios estacionales del aceite por ejemplo: SAE 20 en invierno y SAE 50 en verano.

- ✓ Mejores prestaciones para el trabajo a bajas temperaturas, ya que debido a que los huelgos en los motores modernos son cada vez menores, el aceite debe fluir más rápidamente para llegar a las piezas vitales del motor, especialmente la lubricación del turbocompresor.

¹¹ JAVoil. Conociendo de aceites, sitio web "Aceites monogrado y multigrado", consultado el 10 de marzo 2011. URL: <http://www.javoil.com/mystore/esp/detalle.php?idc=33&id=94>.

✓ También se comportan muy bien a altas temperaturas, con una película más resistente a altas cargas que la de los aceites monogrado, y esto se refleja en una disminución del desgaste general del motor.

✓ Existe un ahorro importante de lubricante, ya que se logra un excelente sellado en la zona entre anillos y pistón, allí donde se produce el mayor pasaje de aceite hacia la cámara de combustión, donde se quema tras lubricar al anillo superior (también llamado anillo de fuego).

✓ Otro beneficio es el ahorro de combustible por:

1. Su mayor fluidez a temperaturas bajas, lo cual reduce las pérdidas de energía en el arranque.

2. Su mayor capacidad para reducir la fricción en las zonas calientes y críticas del motor (anillos de pistón, camisas y balancines de válvulas), gracias a sus aditivos mejoradores de índice de viscosidad.

4.2.2. Sistema API de clasificación de aceites para motores a gasolina.

En general, los aceites lubricantes han sido clasificados bajo dos criterios:

- ✓ Según la calidad que proporciona el balance de sus aditivos.
- ✓ Según su viscosidad.

Para establecer un sistema de clasificación según la calidad, la API (American Petroleum Institute) ha diseñado una nomenclatura según el tipo de motor al que se le va a aplicar el lubricante.

De esta forma, para motores a gasolina se estableció la letra "S" de Spark (bujía en inglés) para relacionar con el principio de ignición por chispa que se utiliza en este tipo de motores, seguida de las letras "A" hasta la "L" para representar la evolución en orden alfabético de los grados de clasificación que se han desarrollado en forma sucesiva, siendo mayores los requerimientos por calidad a medida que progresa la letra del alfabeto.

En la Tabla 7 se puede apreciar la evolución de la clasificación API de los aceites para motores a gasolina.

Tabla 7. Clasificación API para motores a gasolina.

NIVEL API	AÑO	CARACTERÍSTICAS
SA		Antiguamente para Servicios en Motores a Gasolina y Diesel - Servicio Típico de motores antiguos operados bajo condiciones ligeras. Los aceites designados para este servicio han sido usados desde los años de 1930 y proveen únicamente capacidad antidesgaste y resistencia a la oxidación del aceite y corrosión de cojinetes. Estos no deberán ser usados a menos que sean recomendados específicamente por el fabricante del motor.
SB	1930	Para Servicio en Motores a Gasolina de Trabajo Ligero - Servicio Típico de motores a gasolina bajo condiciones ligeras tales que solamente se desea la protección mínima ofrecida por los aceites aditivados. Los aceites designados para este servicio han sido usados desde los años de 1930 y proveen únicamente capacidad antidesgaste y resistencia a la oxidación del aceite y corrosión de cojinetes. Estos no deberán ser usados a menos que sean recomendados específicamente por el fabricante del motor.
SC	1964	Para Servicios en Motores a Gasolina Modelo 1964 - Servicio Típico de motores a gasolina en automóviles y algunos camiones de los modelos 1964 a 1967, operando bajo las garantías de los fabricantes de motores durante los años de esos modelos, Los aceites designados para este servicio proveen control de depósito a baja y alta temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión en motores a gasolina.
SD	1968	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1972 - Servicio Típico de motores a gasolina y algunos de los modelos 1968 a 1970, operando bajo las garantías de los fabricantes de motor durante los años de esos modelos. También puede aplicarse para algunos modelos 1971 y/o modelos más recientes, como es especificado (o recomendado) en los manuales del propietario. Los aceites designados para este servicio proveen más protección contra depósitos a baja temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión en motores a gasolina, que los aceites que son satisfactorios para la clasificación API de servicio de Motor SC y pueden ser usados cuando la clasificación anterior es recomendada.

NIVEL API	AÑO	CARACTERÍSTICAS
SE	1972	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1972 - Servicio Típico de motores a gasolina en automóviles y algunos camiones a partir de 1972 y algunos 1971, operando bajo las garantías de los fabricantes del motor. Los aceites designados para este servicio proveen más protección contra la oxidación del aceite, depósitos a alta temperatura, herrumbre y corrosión en motores a gasolina, que los aceites que son satisfactorios para las Clasificaciones API de servicios en motor SD o SC y pueden ser usados cuando una u otra de estas clasificaciones son recomendadas.
SF	1980	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1980 - Servicio Típico de motores a gasolina en automóviles y algunos camiones a partir de 1980 hasta 1989, operando bajo garantía de los fabricantes del motor Los aceites designados para este servicio proveen más protección contra la oxidación, depósitos a baja y alta temperatura, desgaste, herrumbre y corrosión en motores a gasolina, que los aceites que son satisfactorios para la Clasificación API de servicio en motor SE y pueden ser usados cuando la clasificación anterior es recomendada.
SG	1989	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1989 - Servicio Típico de motores a gasolina en vehículos de pasajeros, camionetas y camiones ligeros empezando con los modelos 1989. Adicionalmente, los aceites que cumplan las especificaciones de esta categoría pueden ser usados en vehículos, en lugar de las categorías API anteriores, designadas SF, SE y SF/CC o SE/CC.
SH	1993	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1993 - Servicio Típico de motores a gasolina en automóviles camionetas y algunos camiones a partir de 1993, operando bajo garantía de los fabricantes del motor. Estos aceites pueden ser usados en vehículos que cumplan con las especificaciones para la clasificación API SG, SE, SF/CC o SE/CC. Esta categoría mejora el control de depósitos en el motor, la oxidación de lubricante y el desgaste de motor.
SJ	1996	Para Servicio en Motores a Gasolina Modelo 1997 - Servicio Típico de Motores a gasolina en automóviles, camionetas y algunos camiones a partir de 1997, operando bajo garantía de los fabricantes del motor. Esta reciente clasificación para aceites de motor fue emitida por la API en octubre de 1996 y está diseñada para mejorar las propiedades de los aceites tipo SH en el consumo de aceite compatibilidad con los catalizadores del sistema de escape y ahorro de energía, entre otros. Estos aceites permiten su aplicación en cualquiera de los Servicios API para motores a gasolina anteriores.
SL	2001	Norma entrada en vigor desde julio de 2001 Aceites con formulación que garantizan una mejor protección sobre depósitos a altas temperaturas. Para aceites con economía de combustibles, provee superior resistencia antioxidante a las altas temperaturas y al desgaste.
SM	2004	Fue adoptada para definir a los aceites destinados a los más modernos motores nafteros y también a los de generaciones anteriores, en aplicaciones típicas de automóviles para pasajeros. Vehículos deportivos de todo terreno, vans y camionetas, operando bajo las recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes. API SM es superior a API SL en aspectos tales como: Economía de Combustible, Bombeabilidad del aceite usado, Control del espesamiento debido a la Oxidación y la Nitración y los depósitos a alta temperatura, y en especial en cuanto al consumo de aceite y protección de los Sistemas de Control de emisiones.

Fuente: Terpel lubricantes

4.2.3. Clasificación API para motores diesel.

En cuanto a los aceites para motores diesel, la nomenclatura utiliza la letra "C" de la palabra inglesa compresión por tratarse de aceites para motores cuyo principio de ignición es por compresión y una letra en serie alfabética que representa la evolución del nivel de calidad. Esta evolución se expone en la siguiente tabla:

Tabla 8. Clasificación API para motores diesel.

NIVEL API	AÑO	CARACTERÍSTICAS
CA	1940	Para Servicio de Motores Diesel de Trabajo Ligero - Servicio Típico de motores diesel operados en trabajo ligero o moderado, con combustibles de alta calidad y ocasionalmente se han incluido motores a gasolina en servicio ligero. Los aceites designados para este servicio proveen protección contra la corrosión de cojinetes y formación de depósitos en las ranuras de los anillos en algunos motores diesel de aspiración natural cuando usan combustibles de tal calidad que no imponen requerimientos extraordinarios para la protección contra el depósito. Estos se usaron mucho a fines de las décadas de 1940 y 1950, pero no deberán ser usados en cualquier motor a menos que sean recomendados específicamente por el fabricante.
CB	(1949)	Para Servicio de Motores Diesel de Trabajo Moderado servicio Típico de motores diesel operados en trabajo ligero a moderado, pero con combustibles de más baja calidad que los utilizados en la clasificación anterior, los cuales necesitan más protección contra el desgaste y la formación de depósitos Ocasionalmente se han incluido motores a gasolina en servicio ligero. Los aceites designados para este servicio proveen la protección necesaria contra la corrosión de cojinetes y depósitos a alta temperatura en motores diesel de aspiración natural usando combustible con alto contenido de azufre. Los aceites designados para este servicio fueron introducidos en 1949.
CC	(1961)	Para Servicio en Motores Diesel y Gasolina - Servicio Típico para algunos motores diesel de aspiración natural, turbocargados o supercargados operados en servicio de trabajo moderado a severo y ciertos motores a gasolina de trabajo pesado. Los aceites designados para este servicio proveen protección contra depósitos a alta temperatura y corrosión de cojinetes en motores diesel. También protegen contra la herrumbre, corrosión y depósitos a baja temperatura en motores a gasolina. Estos aceites fueron introducidos en 1961.
CD	(1955)	Para Servicio en Motores Diesel - Servicio Típico de algunos motores diesel de aspiración natural, turbocargados o supercargados en trabajo severo cuando usan combustibles de un amplio rango de calidad, incluyendo a los combustibles con alto contenido de azufre, donde el control efectivo contra el desgaste y depósitos son altamente vitales. Proveen protección contra la corrosión y depósitos a alta temperatura en motores diesel. Los aceites designados para este servicio fueron introducidos en 1955.

NIVEL API	AÑO	CARACTERÍSTICAS
CD-II	(1955)	Para Servicio en Motores Diesel de 2 Tiempos - Servicio Típico de motores diesel de 2 tiempos que operan en condiciones severas. Los aceites designados para este servicio también cumplen los requisitos de la categoría CD y pasan la prueba 6V-53T de Detroit Diesel.
CE	1983)	Para Servicio en Motores Diesel - Servicio Típico de motores diesel de trabajo pesado turbocargados y sobrecargados fabricados desde 1983 y operando bajo condiciones de baja velocidad y alta carga, y de alta velocidad y alta carga. Los aceites designados para este servicio también pueden ser usados en donde se recomienden otras categorías anteriores para motores a diesel.
CF-2	1994	Para Servicio de Motores Diesel de 2 Tiempos - Servicio Típico de motores diesel operado en servicio pesado especialmente para motores Detroit Diesel Series 53, 71, 92 y 149.
CF-4	1990	Para Servicio en Motores Diesel - Servicio Típico de motores diesel de trabajo pesado, de 4 tiempos y alta velocidad, turbocargados y sobrecargados fabricados desde 1990, particularmente en trailers, camiones y autobuses en servicio de carretera. Los aceites CF-4 exceden los requerimientos de los aceites de categoría CE y están diseñados para reemplazarlos, Los aceites CF-4 también pueden utilizarse en reemplazo de las anteriores categorías CD y CC, La nueva categoría CF-4 provee mejor control del consumo de aceite y depósitos en los pistones.
CG-4	1994	Para Servicio en Motores Diesel - Servicio Típico de motores diesel de trabajo pesado, de 4 tiempos y alta velocidad con énfasis en el control de hollín, desgaste asociado al hollín y compatibilidad con el Equipo de Tratamiento de los gases de escape, cuando el contenido de azufre del combustible varíe de 0.05% hasta 0.5% en peso. Especialmente efectivo en motores desde 1994, diseñados para cumplir las normas de control de emisiones. Puede ser utilizado en motores que requieren las categorías de servicio API, CD, CE y CF-4.
CH-4	1998	Para Servicio de Motores Diesel - Servicio típico de motores de trabajo pesado de 4 tiempos de 1998 en adelante. Adecuado para motores diesel rápidos que cumplen estándares de emisiones de 1998 (EPA - EE.UU.) y utilizan combustibles con un contenido de azufre del entorno de 0,5% en peso. Los aceites CH-4 superan en performance a los de categoría CF-4 y CG-4 y pueden lubricar motores donde estos sean requeridos.
C I-4		Comparada con CH-4, estos aceites brindan una mayor protección contra la oxidación, herrumbre, reducción del desgaste y mejora la estabilidad de la viscosidad debido a un mayor control del hollín formado durante el uso del aceite, -mejorando así el consumo de aceite.

Fuente: Terpel lubricantes

4.2.4. Clasificación ACEA para motores.

Los ensayos de ACEA reflejan los requerimientos del lubricante para mejorar:

- ✓ Protección contra el desgaste.
- ✓ Limpieza del motor.
- ✓ Resistencia a la oxidación.
- ✓ Resistencia al aumento de la viscosidad (debido al espesamiento por hollín).

Las normas ACEA también incluyen requerimientos muy estrictos acerca de estabilidad de corte, que es la resistencia del aceite ante altos esfuerzos mecánicos.

- ✓ Viscosidad a Alta Temperatura y Alto Esfuerzo de Corte.
- ✓ Compatibilidad con los Elastómeros.
- ✓ Tendencia a la formación de Espuma.

Tabla 9. Clasificación ACEA para automóviles a gasolina.

ACEA	DESCRIPCION
A 1 96/98	Baja viscosidad para economía de combustible
A 2 - 96/98	Viscosidad normal.
A 3 - 96/98	Mayor estabilidad térmica y al corte mecánico.
A 4 -	Reservado para uso futuro en motores a nafta de inyección directa.
A 5 - 02	Visco simétricamente estable para el uso en motores de alta performance con intervalos extendidos en motores a nafta. Baja fricción y baja viscosidad con alta temperatura y alto esfuerzo de corte. Estos aceites pueden no ser aptos para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del usuario.

Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

Tabla 10. Clasificación ACEA para automóviles diesel ligeros.

ACEA	DESCRIPCION
B 1 - 96/98	Baja viscosidad para economía de combustible
B 2 - 96/98	Viscosidad normal.
B 3 - 96/98	Mayor estabilidad térmica y al corte mecánico.
B 4 - 98	Inyección directa.
B 5 - 02	Viscosidad simétricamente estable para el uso en motores diesel ligeros donde se requiere un uso extendido del lubricantes. Motores diesel diseñados para utilizar aceites de baja fricción y baja viscosidad con alta temperatura y alto esfuerzo de corte. Estos aceites pueden no ser aptos para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del usuario.

Tabla 11. Clasificación ACEA vehículos pesados

ACEA	DESCRIPCION
E 1 - 96	Aceite para motores diesel del "servicio pesado normativa obsoleta
E 2 - 96	Aceite para motores Diesel del "Servicio Pesado" atmosféricos o sobrealimentados (Turbo) con mantenimientos normales a medianamente extendidos. Poseen un control mejorado del desgaste, pulido de camisas, depósitos y barnices. Menor consumo de aceite y mayor kilometraje versus a los aceites ACEA E1
E 3 - 96	Aceites "muy estables" Para motores Diesel del "Servicio Pesado" bajo condiciones de trabajo severas y que cumplan con las normativas de control de emisiones EURO I y EURO II. Proveen una efectiva limpieza del pistón, previenen el pulido del cilindro, evitan la acumulación de depósitos y barnices, controlan eficazmente el hollín. Pueden utilizarse en largos períodos de mantenimiento siguiendo las instrucciones del fabricante del motor.
E 4 - 98	Aceites sumamente estables que mantienen su grado de viscosidad. Para Motores Diesel del "Servicio Pesado" que cumplan con las normativas EURO I, EURO II y EURO III y que trabajen bajo condiciones muy severas. Estos aceites permiten un alargamiento considerable de los períodos de drenaje siguiendo las recomendaciones del constructor del motor, Potencian la economía del combustible. Proveen una mejor limpieza del pistón, mejores propiedades anti-desgaste y mejor control del hollín comparados con los E3.
E 5 - 99	ESTA NORMATIVA HA SIDO REEMPLAZADA POR LA NORMATIVA E7, respaldada por Daimler Benz, Scania e IVECO, la cual incorpora los requerimientos y recomendaciones de estos constructores. Este nivel de servicio, extremadamente exigente, es la línea divisoria en materia de calidad que permite segregar a los lubricantes Diesel de larga vida que proporcionan protección con períodos de drenaje extendidos. La utilización de estos aceites es recomendable en motores de "altas prestaciones" que cumplan con las normativas de control de emisiones EURO I, EURO II y EURO III y siguiendo las instrucciones del constructor del motor.

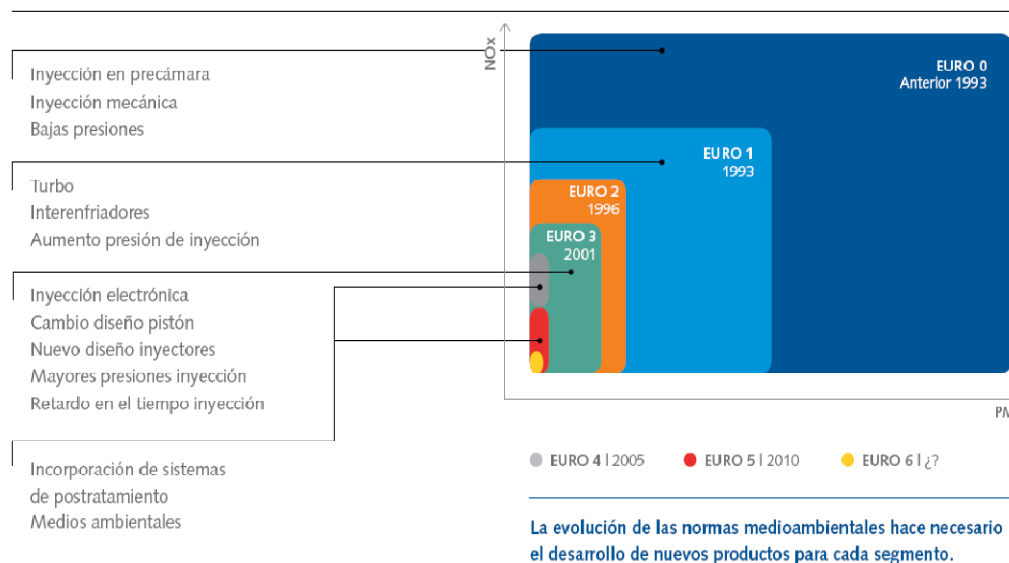
Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

4.2.4.1. Norma Euro.

Las normas Euro establecen los límites de emisiones al medioambiente provenientes de las fuentes móviles como los automóviles, camiones, ómnibus, etc. A medida que se fue tomando conciencia de los inconvenientes aparejados por la contaminación de estas fuentes móviles, las Normas EURO han ido fijando límites de emisión cada vez más exigentes sobre ciertos contaminantes. Estos contaminantes están englobados en óxidos de nitrógeno y material particulado fundamentalmente. La manera de reducir los niveles de contaminación primeramente se focalizaron en mayores presiones y mayores eficiencias de combustión; posteriormente se empezaron a agregar a los vehículos sistemas de pos tratamiento¹².

En la Figura 10 se puede observar cómo han ido variando los valores de PM (materia particulado) y NOx (óxidos de nitrógeno) conforme la evolución de las Normas Euro.

Figura 10. Evolución de la norma EURO.



¹² URO MOTOS. Una pasión sobre ruedas, sitio web "Foro: Normas Euro", consultado el 10 de marzo 2011. URL: <http://www.urumotos.com.uy/f38/normas-euro-1935/>.

- **ACEA 2004.** En la nueva edición de las normas ACEA desaparecen los aceites dirigidos específicamente a los nafteros o diesel y se suman los requerimientos de ambos en ACEA A1 / B1 a A5 / B5, desaparece el nivel 2 y se incorporan nuevas categorías de aceites para proteger a los sistemas de tratamientos de gases de escape que incluyen a los más nuevos catalizadores de 3 vías (TWC) y a los filtros de partículas diesel (DPF). Estos son los ACEA C1 (SAPS); C2 (Baja fricción) y C3 (Viscosidades normales).

Estos aceites están en una etapa de continuo desarrollo por las petroleras y automotrices. Así quedan definidas en la misma norma ACEA:

A1 / B1. Aceite para aplicaciones en motores nafteros y diesel de automóviles o vans diseñados específicamente para lubricantes de baja viscosidad y baja fricción, con viscosidad de Alta Temperatura y Alto Esfuerzo de Corte entre 2,6 y 3,5 mPas. Estos aceites pueden ser inapropiados para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del propietario en caso de duda.

A3 / B3. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso en motores nafteros de alta performance y diesel de automóviles o vans, por extensos períodos entre cambios en los casos en que esté indicado por el fabricante del motor, y/o para toda época del año usando aceites de baja viscosidad; y/o para condiciones severas de operación tal como son definidas por el fabricante del motor.

A3 / B4. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso en motores nafteros de alta performance y diesel de inyección directa, pero también apropiados para las aplicaciones que se definen bajo B3.

A5 / B5. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso por periodos extendidos entre cambios en motores nafteros de alta performance y

diesel de automóviles o vans, diseñados específicamente para lubricantes de baja viscosidad y baja fricción con viscosidad a Alta Temperatura y Alto Esfuerzo de Corte entre 2,6 y 3,5 mPas. Estos aceites pueden ser inapropiados para ser usados en algunos motores. Consultar al manual del propietario en caso de duda.

C. Aceites compatibles con los Catalizadores.

- ✓ SAPS: (Sulphated Ash, Phosphorus, Sulphur), Cenizas Sulfatadas, Fosforo, Azufre.
- ✓ DPF: (Diesel Particulate Filter), Filtros de Partículas para motores Diesel.
- ✓ TWC: (Three way catalyst), Catalizador de Tres Vías.
- ✓ HTHS: (High temperature / High shear rate viscosity), Viscosidad de Alta Temperatura y Alta Tasa de Corte.

C1. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso como lubricante compatible con los Catalizadores en motores nafteros y diesel equipados con DPF y TWC de automóviles de alta performance y vans livianas, diseñados específicamente para lubricantes con bajos SAPS, de baja viscosidad y baja fricción, con Viscosidad a Alta Temperatura y Alto Esfuerzo de Corte. Estos aceites incrementarán la vida útil del DPF y del TWC y conservarán la economía de combustible.

C2. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso como lubricante compatible con los Catalizadores en motores nafteros y diesel equipados con DPF y TWC de automóviles de alta performance y vans livianas, diseñados específicamente para lubricantes con bajos SAPS, de baja viscosidad y baja fricción, con Viscosidad a Alta Temperatura y Alto Esfuerzo de Corte mayor a 2,9 mPas.s. Estos aceites incrementan la vida útil del DPF y del TWC y conservarán la economía de combustible.

C3. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE, dirigido al uso como lubricante compatible con los Catalizadores en motores nafteros y diesel equipados con DPF y TWC de automóviles de alta performance y vans livianas. Estos aceites incrementarán la vida útil del DPF y del TWC. Estos aceites pueden ser inapropiados para ser usados en algunos motores. Consultar el manual del propietario en caso de duda.

4.2.4.2. Nuevas especificaciones para Aceites de Motor Diesel de Servicio Pesado (E).

E6. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE que provee excelente control de la limpieza de los pistones, desgaste, manejo del hollín y estabilidad del lubricante. Está recomendado para motores diesel de alta potencia que cumplen los requerimientos de emisiones de Euro 1, Euro 2, Euro 3 y Euro 4; y trabajan bajo condiciones muy severas.

Es apropiado para motores con EGR, con o sin filtros de partículas y para motores equipados con sistemas SCR para reducción del NOx. La calidad E6 está fuertemente recomendada para motores equipados con filtros de partículas y esta diseñada para ser usado en combinación con combustible diesel de bajo azufre (max 50 ppm). Sin embargo las recomendaciones pueden diferir entre fabricantes, por lo se debe consulta el Manual del Propietario o a los concesionarios en caso de duda.

E7. Aceite muy estable, para permanecer en el Grado SAE que provee efectivo control de la limpieza de los pistones, del pulido de las camisas y estabilidad del lubricante. Además provee excelente control del desgaste y los depósitos del turbocargador, manejo del hollín y estabilidad del lubricante. Está recomendado para motores diesel de alta potencia que cumplen los requerimientos de emisiones de Euro 1, Euro 2, Euro 3 y Euro 4; y trabajan bajo condiciones muy severas, por

Ej.: intervalos entre cambios extendidos significativa-mente, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Es apropiada para motores sin filtros de partículas y para la mayoría de los motores con EGR y la mayoría de los motores equipados con sistemas SCR para reducción del NOx. Sin embargo las recomendaciones pueden diferir entre fabricantes, por lo se debe consulta el Manual del Propietario o a los concesionarios en caso de duda.

E9-08. Es una nueva especificación incluida dentro de las nuevas ACEA 2008 que cubre la necesidad de un concepto de aceite para motores Diesel de súper altas prestaciones (SHPD) para su uso en aplicaciones de intervalos de cambio medio largos de lubricante.

La recomendación realizada por **ACEA** es la de usar los aceites ACEA E9-08 en vehículos que equipen sistemas avanzados de post-tratamiento de gases de escape para la reducción de las emisiones de partículas de materia (FAPs) y de óxido de nitrógeno (EGR y/o SCR) en combinación con el uso de combustibles Diesel con un bajo contenido en azufre, <15ppm (desde enero de 2009 las normas EURO restringen el uso de combustibles con más de 10ppm de azufre). Supera así las prestaciones de un aceite ACEA E7-08, haciéndolo apto para su uso en vehículos que no equipen estos sistemas, e ideal para su uso en flotas mixtas, con vehículos que realicen tanto rutas de corto como de largo recorrido.

Cada nueva publicación de las secuencias sobre aceites de motor puede incluir una nueva secuencia, una mayor severidad en una secuencia existente o un cambio en las pruebas sin cambios en la severidad. En dependencia del tipo de cambio, varía la nomenclatura que utiliza la ACEA como sufijo para el nombre de la categoría. La Tabla 12 resume los cambios ocurridos en cada una de las secuencias sobre aceites de motor y las secuencias esperadas, que se incluyeron en la ACEA 2008 aun vigente.

Tabla 12. Cambios de especificaciones en lubricantes ocurridos en la ACEA.

	ACEA 1996	ACEA 1998	ACEA 1999	ACEA 2002	ACEA 2004	ACEA 2007	ACEA 2008
A	A1-96	A1-98	A1-98	A1-02	-	-	-
	A2-96	A2-96 #2	A2-96 #2	A2-96 #3	-	-	-
	A3-96	A3-98	A3-98	A3-02	A1/B1-04	A1/B1-04	A1/B1-08
	-	-	-	A5-02	A3/B3-04	A3/B3-04	A3/B3-08
B	B1-96	B1-98	B1-98	B1-02	A3/B4-04	A3/B4-04	A3/B4-08
	B2-96	B2-98	B2-98	B2-98 #2	A5/B5-04	A5/B5-04	A5/B5-08
	B3-96	B3-98	B3-98	B3-98 #2	-	-	-
	-	B4-98	B4-98	B4-02	-	-	-
	-	-	-	B5-02	-	-	-
C	-	-	-	-	C1-04	C1-04	C1-08
	-	-	-	-	C2-04	C2-04	C2-08
	-	-	-	-	C3-04	C3-07	C3-08
	-	-	-	-	-	C4-07	C4-08
E	E1-96	E1-96#2	-	-	-	-	-
	E2-96	E2-96#2	E2-96#3	E2-96#3	E2-96#5	E2-96#5	-
	E3-96	E3-96#2	E3-96#3	E3-96#3	-	-	-
	-	E4-98	E4-99	E4-99	E4-99#3	E4-07	E4-08
	-	-	E5-99	E5-99	-	-	-
	-	-	-	-	E6-04	E6-04#2	E6-08
	-	-	-	-	E7-04	E7-04#2	E7-08
	-	-	-	-	-	-	E9-08

- **Otras empresas que establecen normas de calidad en los aceites.** Independientemente del cumplimiento API o ACEA. Estas terminales o empresas automotrices establecen las normas que además deben cumplir los aceites utilizados en sus unidades.

Ejemplos:

GENERAL MOTORS, FORD, VOLKSWAGEN, MERCEDES BENZ, BMW, PORSCHE, VOLVO, SCANIA, IVECO, CUMMINIS, FIAT, JOHN DEERE, CATERPILLAR, PEUGEOT, ROVER, ROLLS ROICE, MAN, MACK, etc. Indican no solo el tipo de servicio sino también, la viscosidad, porcentaje máximo de volatilidad, período extendido de uso entre cambios de aceite y el empleo de bases sintéticas en la formulación de sus lubricantes.

4.2.5. Pruebas de motor que determinan la calidad de los lubricantes¹³.

- **BRT (Ball Rust Test).**

- ✓ Determina la capacidad del lubricante para proteger el motor contra la formación de herrumbre y corrosión.
- ✓ Simula viajes cortos en climas fríos.
- ✓ La baja temperatura de operación induce una mayor condensación de humedad y vapores ácidos.

- **Secuencia IIIF.** Determina la capacidad del Lubricante para:

- ✓ Evitar el aumento de viscosidad por oxidación a alta temperatura.
- ✓ Proteger contra el desgaste.
- ✓ Proteger contra la formación de barniz y lodo.
- ✓ Simula condiciones de alta velocidad, alta temperatura, alta carga por ejemplo: arrastre de trailer a alta velocidad.

- **SECUENCIA VIII.** Determina la capacidad del lubricante para:

¹³ Shell Tutor, Op. Cit., p. 35.

- ✓ Evitar la corrosión de cojinetes.
 - ✓ Evitar el aumento de viscosidad por oxidación a alta temperatura.
 - ✓ Evitar la pérdida de viscosidad por cizallamiento del polímero en aceite multigrado (estabilidad al corte).
 - ✓ Simula condiciones de alta velocidad y alta temperatura.
- **CATERPILLAR 1-G2/1-H2.** Determina la capacidad del lubricante para:
 - ✓ Evitar la formación de depósito en la zona de los anillos.
 - ✓ Evitar la formación de depósito en el pistón.
 - ✓ Proteger contra el desgaste.
- **Prueba 1-G2.** Simula condiciones de:
 - ✓ Alta velocidad.
 - ✓ Sobrealimentación alta.
 - ✓ Carga pesada.
- **Prueba 1-H2.** Simula condiciones de:
 - ✓ Alta velocidad.
 - ✓ Sobrealimentación moderada.
 - ✓ Carga mediana.
- **CATERPILLAR 1-N.** Determina la capacidad del lubricante para:
 - ✓ Evitar la formación de depósito en: Zona de anillos (entre 3º y 4º) ranura (Causantes de pegamiento y fatiga que resultan en aumento de consumo de aceite).
 - ✓ Evitar la formación de depósito en el pistón.
 - ✓ Proteger contra el desgaste.
 - ✓ Simula condiciones de: Alta velocidad, y Motor super-alimentado.
- **MACK T-6.** Determina la capacidad del lubricante para:

- ✓ Controlar el consumo de aceite.
 - ✓ Controlar los depósitos en el pistón.
 - ✓ Proteger contra el desgaste de los anillos.
 - ✓ Proteger contra el atascamiento de anillos.
 - ✓ Controlar el aumento de la viscosidad.
 - ✓ Simula condiciones de velocidad variable y muy alta carga con temperaturas moderadamente altas.
 - ✓ La alta carga y alta temperatura hacen más severa la formación de depósitos.
- **MACK T-7.** Evalúa la capacidad del aceite para evitar el aumento de viscosidad debido a la aglomeración de hollín
 - ✓ Simula condiciones de parada y arranque, a carga baja y mediana.
- **MACK T-8.** Evalúa la capacidad del aceite a resistir el aumento de viscosidad y taponamiento de filtros a causa del hollín. Economía en el consumo de aceite.
- **CUMMINS NTC-400.** Determina la capacidad del lubricante para:
 - ✓ Controlar y mantener bajo consumo de aceite.
 - ✓ Controlar los depósitos del pistón.
 - ✓ Simula condiciones muy severas de alta velocidad, alta carga y alta temperatura.
- **DETROIT DIESEL 6V92T.** Prueba de motor diesel de dos tiempos para determinar la capacidad del lubricante para:
 - ✓ Controlar la formación de depósitos en el pistón
 - ✓ Evitar el desgaste de anillos y camisas
 - ✓ Simula ciclos de alta carga, alta velocidad y marcha en vacío.
 - ✓ Condiciones de operación típica de equipos bélicos terrestres.

Tabla 13. Ensayos habituales para motores.

ENSAYOS HABITUALES		
GASOLINA Oldsmobile Buick Ford Labeco Buick Labeco Ford	BRT IIF VG L-38 VI VIII OPEST	Inhibición de herrumbre Control de oxidación y desgaste Control de barniz y lodos Cojinetes de biela - Control corrosión Economía de combustible Cojinetes de biela, tren de válvulas Control corrosión Protección al sistema de control de emisiones
DIESEL MONOCILINDRICO: Caterpillar Caterpillar Caterpillar Caterpillar Caterpillar	1-H2 1-G2 1-K 1-M – PC 1-N	Detergencia diesel Detergencia diesel Detergencia diesel/consumo aceite Detergencia diesel/consumo aceite Detergencia /consumo aceite
DIESEL MULTICILINDRICO: Mack Mack Mack Cummins Detroit Diesel GM Powertrain	T-6 T-7 T-8 NTC 400 6V92TA 6.2L	Control de depósitos Aumento de viscosidad Aumento de viscosidad, filtrabilidad Consumo aceite Control de depósitos y pulido de camisa Control de desgaste

Fuente: Shell Tutor lubricantes

4.3. PERIODOS DE CAMBIO DE LOS LUBRICANTES

Los fabricantes de automóviles y la industria de productos del petróleo saben que algunos tipos de operaciones de autos son más severas que otras, aquellas operaciones hacen grandes demandas sobre el aceite de motor y por ello se hacen necesarios cambios de aceites más frecuentes.

Una recomendación es para lo que se denomina servicio de operación ideal y la otra para el servicio de operación severa. El servicio de operación ideal, consiste en velocidades relativamente altas de manejo, conduciendo en carreteras pavimentadas y libres de polvo. En cambio el servicio de operación severa incluye:

- ✓ Viajes cortos, menores de 16 Km.
- ✓ Conducir en caminos polvorientos.
- ✓ Arrancar el vehículo sin permitir que el motor alcance la temperatura de régimen.
- ✓ Conducir en tráfico pesado.
- ✓ Marcha en vacío por períodos muy largos.
- ✓ Arrastrar remolques, casas rodantes, etc.

Como puede verse el servicio severo representa el tipo de manejo que realizan la mayoría de los automovilistas. Uno de los más comunes y severos de los tipos de manejo que existen son los viajes cortos con muchos arranques y paradas. Bajo estas condiciones el motor no alcanza las temperaturas normales de operación.

Para una lubricación del motor óptima y una protección efectiva de los contaminantes, los fabricantes de automóviles establecen los periodos de cambio de aceite y filtros. Estos periodos se definen con la consideración de algunos factores tales como: el proceso de degradación del aceite, temperatura ambiente, estilo de conducción y el grado de contaminación del aire.

Conducir un automóvil en el tráfico de la ciudad, en condiciones frecuentes de movimientos y paradas, en los atascos de tráfico o en la conducción con cargas pesadas requieren el cambio más frecuente de aceite y filtro que los mismos coches que viajan largas distancias a una velocidad de 100 km / h en las carreteras con buen tiempo y con temperatura ambiente de 24 ° C.

Tomando las citadas condiciones, algunos fabricantes especifican dos periodos diferentes del cambio de aceite - uno, para condiciones normales y otro para condiciones difíciles de uso.

El plazo de cambio de aceite y filtros para condiciones normales es de 10.000 km aproximadamente, mientras que para condiciones difíciles es de 5.000 kilómetros.

El Motor y su Condición. Los motores tienen diferentes diseños, materiales, compresiones, diferentes temperaturas operacionales, diferentes sistemas de sincronización de válvulas (cadena de distribución o engranajes), etc. Algunos de estos sistemas destrozan el aceite más que otros, causando mayor cizallamiento y mayor formación de lodos.

El motor que opera muy frío tendrá más lodo y tendrá que tener cambios de aceite con mucho más frecuencia que el motor que opera a su temperatura normal. Obviamente si está sin termostato, se tendrá que acortar el intervalo entre cambios para eliminar el lodo.

- El motor que tiene desgaste tendrá más gases de escape volviendo al aceite, acortando el intervalo.
- Motores pequeños, especialmente turboalimentados o de buena potencia requieren intervalos más cortos por la falta de circulación relativa y las altas demandas al aceite.
- El motor que tiene un cárter de 3 litros tendrá que tener cambios con mayor frecuencia que un motor con 5 litros de capacidad (considerando similares cilindradas, cargas, etc.)
- El motor a diesel mal regulado, que no quema completamente su combustible formará alto hollín, acortando la vida útil del aceite.
- El motor con turbo requiere de un buen aceite para soportar las 90,000 revoluciones y la alta temperatura de su cojinete.

La Manera Como Se Maneja. Uno de los factores más importantes en la determinación del intervalo entre cambios es la manera que se maneja y el tipo de ruta que se maneja.

- Un auto o camión que anda todo el día en carreteras asfaltadas a velocidades entre 50 y 100 kilómetros por hora puede tener cambios de aceite muy extendidos. Una vez que se calienta el motor y está en su máxima marcha de la caja, el motor trabaja lentamente con poco esfuerzo. Es mentira que la velocidad de carretera hace esforzar el motor. Honda tiene una vagoneta de 7 pasajeros con un motor V6. Cuando corre a 120 kilómetros por hora y no está en subida, se apagan 3 cilindros automáticamente porque no son necesarios.
- Un vehículo que hace viajes cortos entre 1 a 7 kilómetros, sea entre la casa y el trabajo o al supermercado, tendrá que tener cambios de aceite con mayor frecuencia. En estas condiciones el motor no calienta lo suficiente como para evaporar la humedad, permitiendo la formación de ácidos y lodos en el aceite.
- Un vehículo que pasa mucho tiempo en ciudades a baja velocidad requiere el cambio de aceite con más frecuencia. 3000 RPM en la carretera lleva el auto cerca de 100 kilómetros en una hora, mientras el mismo recorrido de los pistones solamente lleva el auto unos 25 a 40 kilómetros en una hora de recorrido dentro de la ciudad.
- Un vehículo que opera en clima frío donde pasa mucho tiempo calentando el motor, requiere cambios de aceite con mayor frecuencia por el posible paso de combustible crudo al aceite antes de que el motor llegue a su temperatura operacional. No se debe dejar calentar más de unos 2 o 3 minutos antes de partir y se parte suavemente, sin estresar el motor hasta que se mueva la aguja de temperatura.

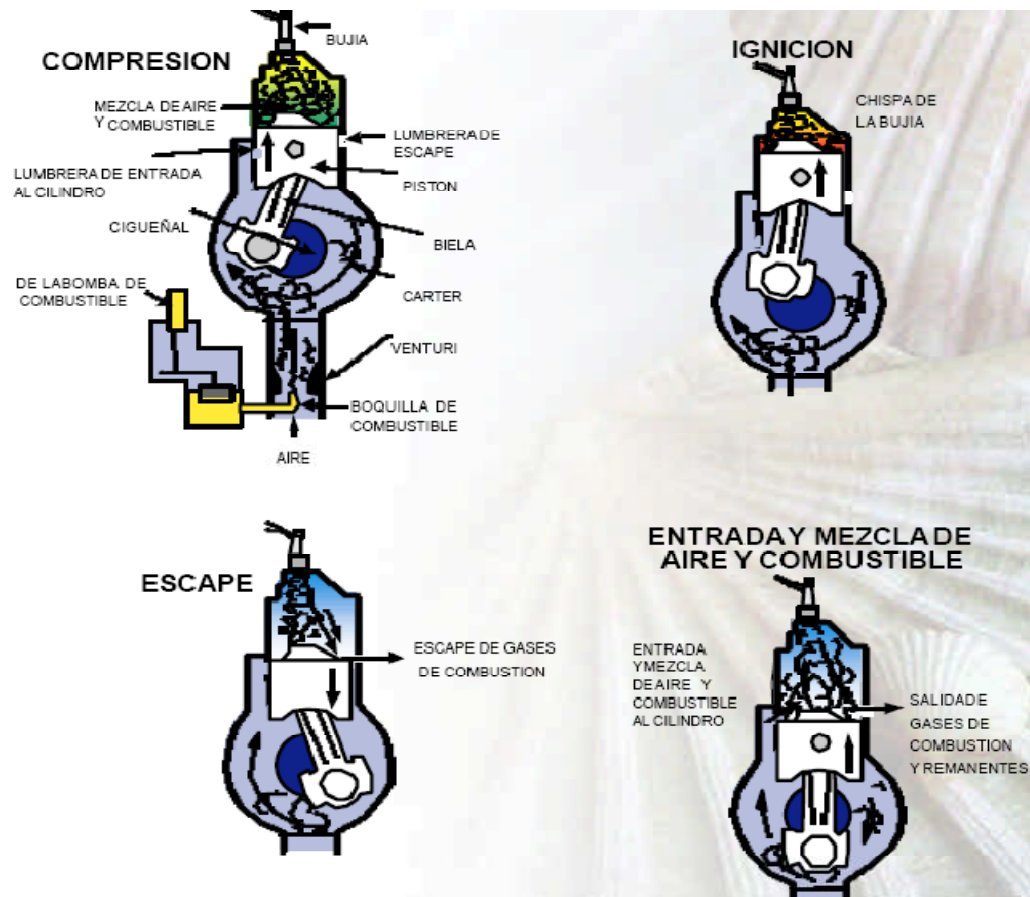
- Un vehículo que lleva más carga que su diseño original requiere cambios de aceite con mayor frecuencia. Esto aplica a autos que llevan carga y camiones que llevan además de su carga un trailer atrás, duplicando la carga de diseño.
- Un auto que utiliza toda su fuerza para acelerar rápido tendrá que tener sus cambios acortados. La aceleración rápida causa mayor desgaste de los cojinetes axiales, cojinetes radiales y anillos, además de pasar más gas de escape por los anillos.
- El vehículo que opera en ambientes salinos y de alta humedad (playas, nieve, etc.) Debería tener periodos acortados entre cambios.
- El vehículo que tenga inyección electrónica normalmente puede extender su periodo entre cambios por que la computadora y los sensores de temperatura calculan la cantidad correcta de gasolina que requiere el motor que está calentando.
- Motores que merman o pierden mucho aceite y requieren muchos aumentos de aceite frecuentemente pueden extender o inclusive eliminar los cambios de aceite, dependiendo de la cantidad que se aumenta. En un cárter de 4 litros donde se aumenta un litro cada 500 km, efectivamente se está cambiando aceite cada 2000 kilómetros.

4.4. LUBRICACIÓN DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA DE DOS TIEMPOS Y CUATRO TIEMPOS

El motor de combustión interna de dos tiempos requiere de dos carreras del pistón o solo una revolución del cigüeñal para lograr la combustión. Las lumbreras de escape en las paredes del cilindro se descubren al paso del pistón, o las válvulas de escape en la cabeza del cilindro, si las tiene, se abren cerca del final (60-88%)

de la carrera de expansión, permitiendo la salida de los gases de escape y reduciendo la presión en el cilindro.

Figura 11. Operación en un motor a gasolina de dos tiempos.



Fuente: Shell Tutor lubricantes de Colombia.

La carga de aire o mezcla de aire combustible, entra y se comprime en un compartimento del cárter separado, para cada uno de los cilindros, mediante la acción de un compresor o un soplador. Las lumbreras de entrada se descubren al paso del pistón ó las válvulas de entrada se abren inmediatamente después que están abiertas las de salida, y la carga de aire comprimido entra en el cilindro,

expulsando la mayor parte de los productos de escape. Algo de dicha carga se pierde con los gases de escape.

Los sopladores o compresores, accionados bien sea mecánicamente o por una turbina movida por los gases de escape, se utilizan frecuentemente para suministrar suficiente aire para barrer el cilindro de los gases de combustión y sobrealimentar el aire de admisión. Aunque los motores pequeños usan solo lumbreras y cárter seco, los motores más grandes normalmente tienen el compresor o soplador separado y además pueden tener solo lumbreras o bien lumbreras o válvulas. Con compresión en el cárter, el barrido del cilindro no es posible, la eficiencia volumétrica es baja (de 30 a 50%), y el motor está limitado a la operación del pistón a baja velocidad para una operación económica. El trabajo de compresión del cárter representa entre 7 y el 12% del trabajo total. En cambio los sopladores de barrido con desplazamientos entre 20 a 80% mayores al desplazamiento del pistón, pueden requerir hasta un 30% del trabajo indicado en motores de alta velocidad.

En la Figura 11 se muestra la secuencia de operación en un motor a gasolina de dos tiempos, con lumbreras de admisión y escape y compresión en el cárter. Estos motores están divididos en dos grupos principales: en primer lugar los motores pequeños a gasolina, los cuales se dividen a su vez en motores enfriados por aire tales como los instalados en motocicletas, cortadoras de grama, bicicletas de motor (bici-motos), moto-sierras y otros; y los enfriados por agua tales como motores Diesel con aplicaciones marinas, ferroviarias o usados en algunos camiones.

4.4.1. Clasificación de los aceites para motores de dos y cuatro tiempos.

La Sociedad Americana de Ensayos y Materiales (ASTM) ha implementado la clasificación TSC (Two Stroke Cycle) para definir los requerimientos de lubricación para los motores de dos tiempos. Las designaciones para motores enfriados por

aire son TSC-1, TSC-2 y TSC-3. Los números se relacionan con niveles de calidad incrementados.

Por otro lado, el Instituto Americano del Petróleo (API) adoptó en 1989 una nueva clasificación y descripciones de servicios para los aceites de motor de dos tiempos. Según API, las designaciones TSC-1 y TSC-2 se denominan TA y TB respectivamente. Estos aceites se recomiendan para motores enfriados por aire de menor severidad. Pueden contener ceniza y se usan generalmente en motores con menos de 50 cc., de desplazamiento.

La designación ASTM para los aceites para motores de dos tiempos enfriados por agua es TC-W y la designación API correspondiente es "TD". Estos son aprobados por la Asociación Nacional de Fabricantes de Motores Marinos en U.S.A. (NMMA). Estos son aceites sin ceniza porque los motores de gran potencia usados para servicio de lanchas son muy propensos a daños severos por preignición. NMMA desarrolló originalmente las pruebas de motor usadas en TD, que han sido normalizadas por la ASTM. La NMMA aún usa la designación TC-W en sus recomendaciones puesto que prefieren aceites que han sido revisados por su panel.

Como consecuencia de estas preocupaciones y el deseo de tener un rendimiento operativo más alto, la NMMA ha desarrollado y publicado "TC-WII", que consiste en nuevas pruebas de banco para medir la formación de gel y pruebas más severas de motor para rendimiento mejorado. Esta nueva calidad de aceite reemplazo a TC-W. A partir de 1989, los aceites TCWII fueron recomendados por todos los fabricantes de motores fuera de borda.

Figura 12. Motor fuera de borda.



Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

En 1994, la Organización Japonesa de estándares automotrices, JASO, desarrolló unas nuevas normas. Algunos procedimientos fueron desarrollados con el fin de probar las cuatro características principales de funcionamiento en motores de dos tiempos: lubricidad, detergencia, baja emisión de humos, taponamiento del sistema de escape. Dentro de los estándares para motores de dos tiempos, existen tres grados de clasificación: FA, FB, FC.

JASO FA es la mínima clasificación requerida en motores de dos tiempos.

JASO FB es superior a FA en cuanto a lubricidad y detergencia.

JASO FC es la más alta clasificación de aceites para motores de dos tiempos.

Los requerimientos de lubricidad son similares a los de JASO FB; sin embargo, JASO FC es ampliamente superior, ya que presenta características superiores en cuanto a detergencia, baja emisión de humos y prevención de taponamientos en el sistema de escape.

Tabla 14. Clasificación lubricante para motos 2T.

JASO	FA	FB	FC	API
LUBRICIDAD	POBRE	BUENA	BUENA	TC
DETERGENCIA	MEDIANA	BUENA	BUENA	TC
CONTROL DE HUMO	POBRE	POBRE	BUENA	TC

Fuente: Shell lubricantes de Colombia

- **Los aceites 4T JASO MA SAE 20W-50.** Son lubricante de tipo multigrado, especialmente desarrollados para motores modernos de 4 tiempos ofrecen excelente protección a motores estacionarios a gasolina, y bombas de fumigación.

4.4.2. Ventajas del uso de aceites 4T

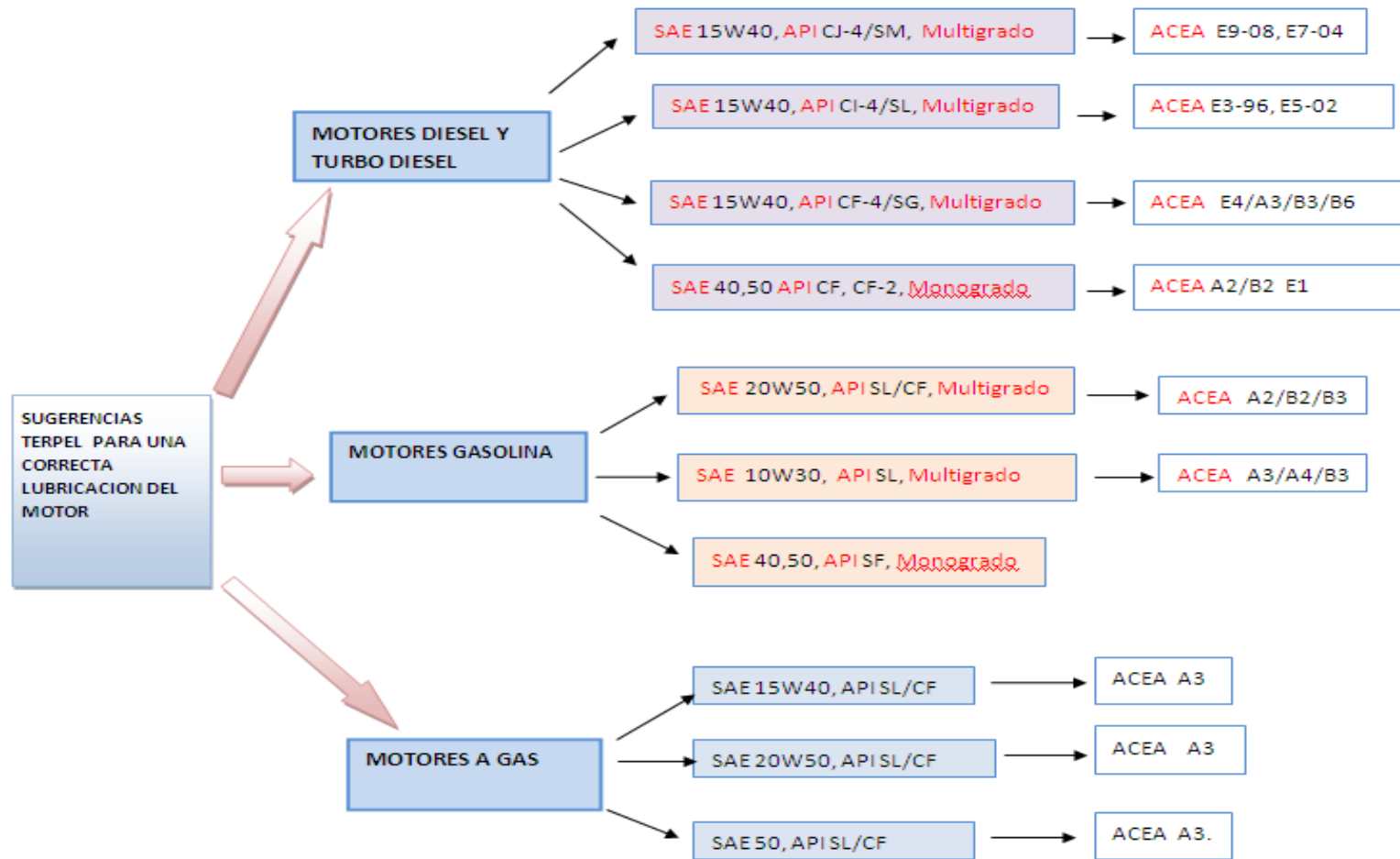
- ✓ Mantiene limpio el motor, prolongando su vida útil.
- ✓ Lubricación inmediata en arranque en frío
- ✓ Protección de extrema presión
- ✓ Bajo consumo de aceite por su baja volatilidad
- ✓ Buena protección al desgaste
- ✓ Buena estabilidad térmica y a la oxidación.

Tabla 15. Clasificación lubricante para motos 4T.

TIPO	NORMA	SAE	API
SINTETICO	JASO MA	SAE 10W50	SG
SINTETICO	JASO MA	SAE 15W50	SG
SINTETICO	JASO MA	SAE 20W50	SG

Fuente: Shell lubricantes de Colombia

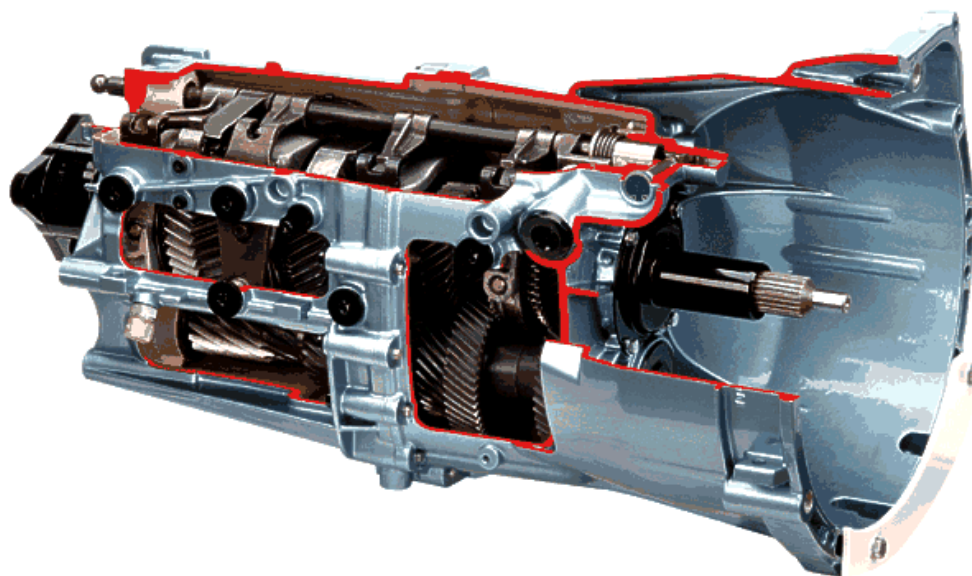
Figura 13. Sugerencias Terpel para una correcta lubricación en motores.



5. LUBRICACIÓN EN TRANSMISIONES AUTOMOTRICES

Cada año, las empresas ensambladoras fabrican modelos de automóviles más modernos y más exigentes en lo concerniente a su lubricación. Por otra parte, el crecimiento en los costos de los repuestos se ha traducido en la necesidad de un mejor mantenimiento de los automóviles, lo cual implica un uso más adecuado de los aceites lubricantes formulados para vehículos.

Figura 14. Corte de una transmisión automotriz.



Fuente: Terpel Lubricantes de Colombia.

En este sentido, dos de los mecanismos que tienen gran importancia tanto por su función en el automóvil como por su lubricación, son las cajas de cambio y el diferencial. Ambos elementos son fundamentales en cualquier vehículo, las primeras se encargan de controlar la potencia y la velocidad del automóvil, mientras que el segundo transmite potencia a las ruedas motrices¹⁴.

¹⁴ Oxse, Op. Cit., p. 43-45

En el mercado se tienen dos versiones de cajas de cambio, existen las cajas automáticas las cuales controlan la velocidad y la potencia automáticamente sin necesidad de ser controladas por el conductor, además se destacan por ser bastante complicadas mecánicamente.

En el mercado también se pueden encontrar en un gran número de vehículos las cajas manuales, las cuales cumplen las mismas funciones que las cajas automáticas pero son controladas por el conductor. Por otra parte, sus mecanismos, formados básicamente por engranajes, son mucho más sencillos que los de las cajas automáticas.

El diferencial es el mecanismo que se encarga de transmitir potencia del eje de transmisión a las ruedas. Tiene gran importancia ya que una leve avería del mismo puede ocasionar fallas en la operación del vehículo. Tanto las cajas de cambio como los diferenciales requieren de aceite lubricantes especiales debido al trabajo tan pesado a que están sometidos y lo delicados de algunas de sus partes.

5.1. TRANSMISIONES AUTOMATICAS ATF

Los fluidos para transmisiones automáticas son reconocidos como los lubricantes más complejos. La formulación de este tipo de producto requiere del concurso de por lo menos 15 aditivos. Los fluidos para transmisiones automáticas, los cuales también son conocidos como Automatic Transmission fluids (ATF), requiere de un cuidadoso balance de propiedades necesarias para cumplir con los requerimientos y exigencias de los fabricantes de este tipo de transmisiones. En términos de viscosidad, pueden ser descritos como un grado SAE 10W con propiedades excepcionales a bajas temperaturas. Ellos contienen algunos aditivos similares a los usados en los lubricantes para motores, pero pueden tener aditivos que proporcionan propiedades especiales de fricción,

compatibilidad con los sellos, protección a la corrosión y estabilidad a la oxidación, entre otros. Por el hecho de tener un alto índice de viscosidad, y aditivos antidesgaste, los fluidos para transmisiones automáticas son frecuentemente usados como fluidos en sistemas hidráulicos de equipos industriales y también en compresores de aire.

Las transmisiones automáticas constan básicamente de un embrague hidráulico, es decir un conjunto bomba-turbina, una caja de velocidades compuesta por trenes de engranajes que se bloquean mediante frenos y se acoplan mediante paquetes de discos de fricción y una serie de mecanismos auxiliares que operan los cambios de marcha en el momento preciso.

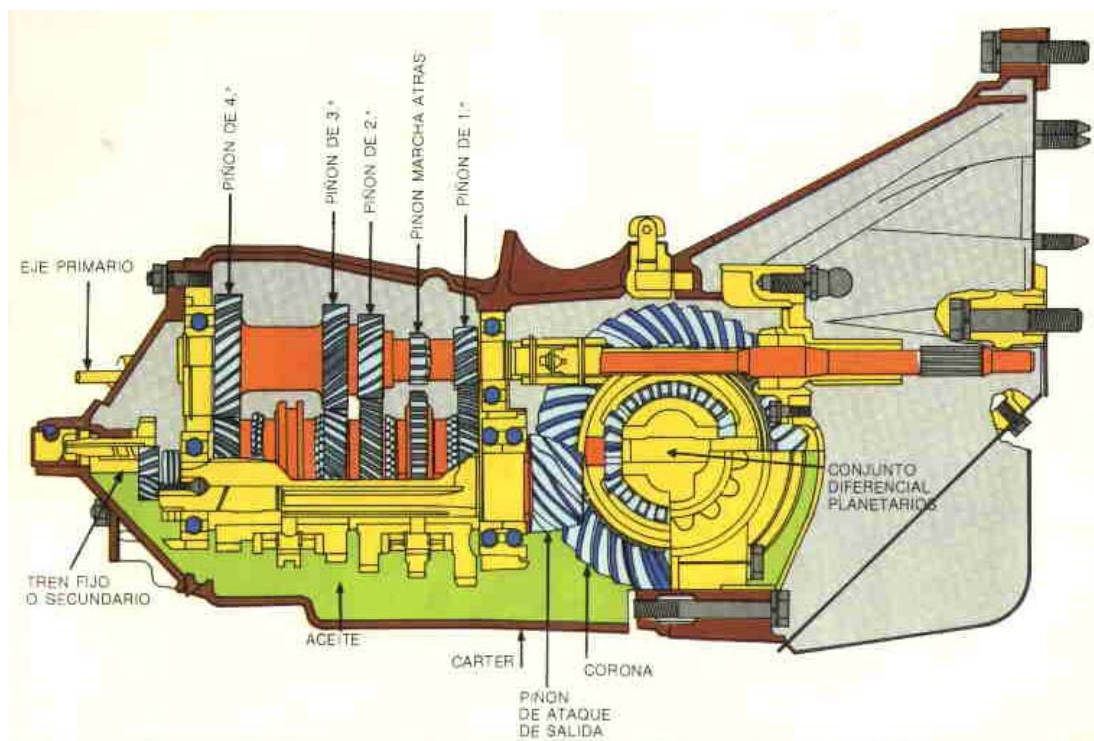
Todos estos mecanismos se encuentran reunidos en una caja y a fin de asegurar su correcto funcionamiento el aceite debe lubricar refrigerar proteger a los distintos elementos en cuestión no obstante en este caso particular el aceite es además el elemento que transmite la energía, y es muy importante que su viscosidad sea lo más baja posible (mejora la eficiencia de la transmisión) y que esta no varíe sensiblemente con la temperatura. Además se requieran ciertas propiedades friccionales especiales para evitar que los embragues y frenos que acoplan y bloquean las marchas no patinen.

Existen distintas normas y especificaciones que permiten evaluar la performance de los lubricantes de acuerdo al diseño de la transmisión, siendo las más importantes:

- ✓ Dexron (GM)
- ✓ Allison C3 y C4
- ✓ Caterpillar TO-2 y TO-4
- ✓ Mercon (Ford).

- **Propiedades de fricción.** Las transmisiones automáticas, entre otros elementos, contienen embragues y bandas hechas de materiales cuidadosamente seleccionados por los fabricantes para dar la resistencia óptima al desgaste, coeficiente de fricción adecuado y máxima durabilidad.

Figura 15. Partes de una transmisión.



Fuente: <http://www.taringa.net>. Modelo de transmisiones

En aplicaciones automotrices la selección de los embragues de tipo disco de papel y bandas, son de suma importancia. Estos actualmente están formados por capas especiales de fibras de celulosa y resinas. Otros materiales como asbesto, grafitos o cerámicas pueden ser agregados para impartir mejores propiedades de fricción y durabilidad. Los discos de papel de fricción porosos facilitan el enfriamiento de los mismos debido a la disipación de calor que se logra cuando

el aceite fluye a través de dichos poros. Esto es particularmente importante, porque los discos de acero apareados con los de papel pueden alcanzar temperaturas de hasta 600°C.

También el disco de papel tiene un alto coeficiente de fricción y una elasticidad y resistencia al desgaste. Todas estas propiedades son importantes para realizar un diseño en el que se usen un número mínimo de discos de embrague y así tener transmisiones más compactas.

Materiales de fricción hechos con aglomerado de polvo de bronce o superficies semimetálicas, son frecuentemente usadas en transmisiones para trabajo severo en vehículos de tierra. Esto provee una buena durabilidad bajo muy pesadas cargas y pueden ser usados sin problema, tanto en vehículos que presten servicio severo como vehículos de tamaño compacto.

Figura 16. Curvas de caracterización general en un aparato de fricción.



Las propiedades de fricción de los fluidos para transmisiones automáticas, particularmente usados en automóviles, son cuidadosamente elegidas para obtener las propiedades adecuadas de fricción en los discos. Los fluidos pueden tener, tanto alto como bajo coeficiente estático de fricción. La figura 16 muestra

las curvas de caracterización general en un aparato de fricción, el cual mide el coeficiente de fricción a varias velocidades de deslizamiento de un tipo fluido.

DEXRON II (Fluido de bajo coeficiente estático de fricción) y un fluido tipo F (fluido de alto coeficiente estático de fricción; tal y como presentan la mayoría de los aceites minerales de los cuales se obtienen estos valores a velocidades de deslizamiento cercanas a cero). Agregando aditivos conocidos como modificadores de fricción pueden reducirse el coeficiente de fricción y producir fluidos de bajo coeficiente estático de fricción.

- **Propiedades Viscosidad/Temperatura** Los fluidos para las transmisiones automáticas se caracterizan por tener un alto índice de viscosidad, es decir, son poco sensibles a cambiar su viscosidad debido a cambios en la temperatura. Esto permite lubricar transmisiones bajo una amplia variedad de temperaturas. Por eso son frecuentemente usados para sistemas hidráulicos o con compresores, donde los lubricantes convencionales no son adecuados a bajas temperaturas como las que se presentan al comienzo de la operación. Estas propiedades de viscosidad son importantes, porque algunas transmisiones se espera que operen a temperaturas comprendidas entre -40°C y 175°C .

A temperaturas muy altas se pueden presentar filtraciones en bombas, válvulas y pistones hasta tal grado que la presión aplicada sobre los embragues se reduciría significativamente. Como resultado de esto se obtiene cambios retardados o erráticos y posibles daños en los discos de embrague.

- **Estabilidad a la oxidación.** La oxidación es un proceso químico mediante el cual el aceite en presencia tanto del oxígeno del aire como de los metales y altas temperaturas de operación, va sufriendo un deterioro que se manifiesta en una transmisión automática de las siguientes formas:

- ✓ Formación de depósitos de sedimentos barnices en la transmisión.
- ✓ Incremento de la corrosión de los apoyos de aleaciones de cobre y arandelas de presión.
- ✓ Endurecimiento de sellos.
- ✓ Vidriado, y desgaste de los discos y bandas del embrague.

Alguno o una combinación de estos factores pueden contribuir a que la transmisión falle y requiera una costosa reparación. Estos problemas pueden ser evitados a través de un drenaje periódico del fluido de la transmisión automática, o bien diseñando estos fluidos con buena estabilidad a la oxidación o mejorando el sistema de enfriamiento de la transmisión o combinando todas estas recomendaciones.

Para evitar este tipo de problemas, los ATF son sometidos a severas pruebas de motores operados durante 300 horas, a velocidad constante y una temperatura de 163°C. Además se inyecta aire (oxígeno) a la transmisión para incrementar la severidad de la prueba. En otras pruebas el motor es operado a 20000 ciclos desde neutro a través de 3 engranajes y una temperatura de 135°C. Esta prueba puede producir más oxidación, por la alta temperatura de los platos del embrague durante el acople. Además simula mejor las condiciones en servicio.

Una excesiva oxidación de los ATF puede traer como consecuencia un efecto negativo sobre el funcionamiento de la transmisión, por eso es importante cambiar el fluido cuando corresponda (Ver

Tabla 16).

Tabla 16. Periodos de cambio recomendados para los fluidos de transmisiones automáticas (ATF).

FABRICANTE	KILOMETRAJE
AMERICAN MOTOR	48000
CHRISTER	24000
FORD	48000
GM	24000

Fuente: Oxxe lubricantes de Colombia.

- Espuma.** Los ATF son formulados especialmente para controlar la formación de espuma. Factores tales como la gran circulación del fluido a través de la transmisión, la turbulencia en el convertidor de torsión, los estrechos pasajes a través de los cuales el fluido circula y otros tipos de agitación del aceite, son causantes de la formación de espuma. Este problema debe ser controlado a través del uso de aditivos antiespumantes utilizado en proporciones adecuadas. De lo contrario el exceso de espuma puede ser causante de una caída de presión conllevando a una operación errática del sistema. En casos severos, la formación de espuma puede ser causante de pérdidas del fluido a través de los respiradores de la transmisión. Esto podría ser causante de incendio al hacer contacto con elementos calientes como el sistema de emisión de los gases de escape.

- Protección a la Corrosión/Herrumbre.** Las transmisiones contienen una gran variedad de componentes metálicos y no metálicos. Acero, fundición de hierro, aluminio, latón, bronce, soldadura de plata y aleaciones de estaño son algunos de los metales que deben ser protegidos de la corrosión. Son muy usados los Bancos de Prueba para evaluar la protección a la corrosión incluyendo los siguientes: Corrosión de cobre, (ASTM D-130) Herrumbre (ASTM D-665) y Gabinete de humedad (ASTM D-1748). En fin, la mayoría de las

pruebas hechas en transmisiones son cuidadosamente vigiladas para evitar una corrosión inusual. Otros materiales plásticos como resinas fenólicas, poliésteres y nylon son evaluados para determinar su grado de deterioro en el sistema.

5.1.1. Aceites para transmisiones automáticas.

El aceite para una transmisión automática debe ser muy resistente a la oxidación, a los cambios de viscosidad por las temperaturas y el uso, y debe poseer características de fricción correctas para cada tipo de caja. Además, tiene que mantener todas las superficies, los contactos y las válvulas limpias y libres de barniz.

Tabla 17. Función del aceite para el cuidado de transmisiones automáticas.

La Función del Aceite en la Transmisión Automática	Los requerimientos para un ATF
Proveer una correcta fricción para los materiales específicos en cada transmisión	Tener compatibilidad y no ser corrosivo con las piezas y los materiales
Transferir fuerza	Mantener su estabilidad térmica
Circular rápidamente en el frío	Poseer alta bombeabilidad en el frío
Lubricar todos los componentes	Tener buena detergencia para mantener las piezas libre de barniz y lodo
Actuar como líquido hidráulico	Minimizar espuma y desgaste
Disipar el calor generado	Poseer estabilidad contra oxidación.

ATF tipo A. El aceite ATF tipo “A” fue recomendado entre 1949 y 1969. Tiene las características de fricción correctas para los diseños de las cajas de esa época. No tiene ninguna norma de compatibilidad con los sellos y retenes, con frecuencia los “seca”, causando fugas y posteriores reparaciones. El Tipo “A” normalmente tiene un índice de viscosidad muy bajo (entre 50 y 60) y tiende a oxidarse rápidamente. Los fabricantes actuales de transmisiones no lo recomiendan. Ya no existe una norma para su calidad. Son fabricados por su bajo costo y para usuarios que no tienen una información técnica adecuada.

ATF tipo F. El aceite ATF tipo “F” es especial para ciertas cajas automáticas de Ford® y Jaguar® hasta el año 1987 y ciertos sistemas de equipo pesado con transmisiones hidrostáticas. Sus características de fricción son muy fuertes para la mayoría de las otras cajas. Si se usa en una caja que requiere Dexron® o Mercon® ocasionará mucho desgaste y cambios bruscos. Existen mecánicos que los colocan para dar la impresión de mayor potencia, pero ocasiona una mayor fricción y su pronta destrucción.

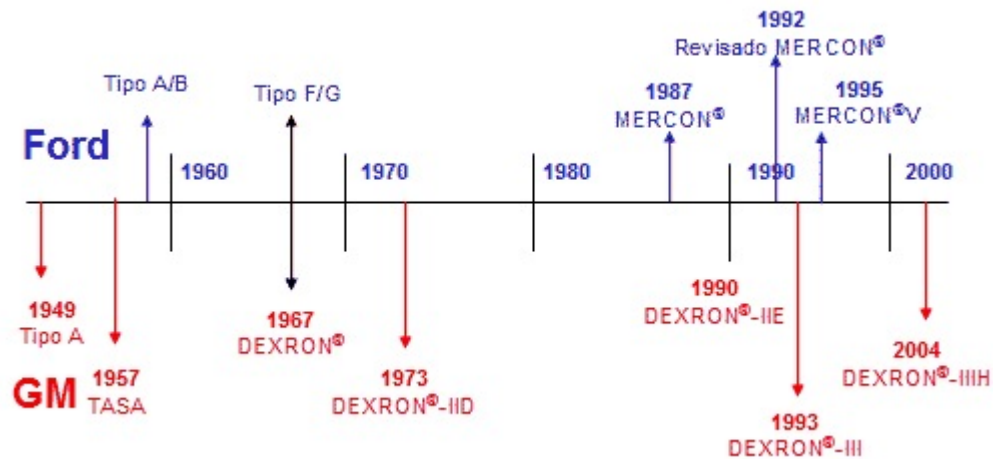
ATF Dexron y Dexron II. Una especificación de la General Motors utilizada entre 1967 y 1991 para las transmisiones automáticas de vehículos de la General Motors y muchas otras marcas. Considerado obsoleto desde 1993. Todavía hay muchos vehículos o manuales de autos que recomiendan Dexron II por ser fabricados o publicados antes del 1993. En todo caso se debería reemplazar el aceite con el producto actualizado (Dexron® III) ya que provee mayor resistencia a la oxidación, formación de barniz y degradación.

ATF Dexron® III. La última especificación de General Motors, normalmente fabricado para cumplir también con las especificaciones Ford Mercon®. Utilizado para la mayoría de las transmisiones automáticas y algunas transmisiones manuales. No debe utilizarse en las transmisiones automáticas de

Mitsubishi, Chrysler, Cherokee u otras marcas que piden aceites especiales porque acortará la vida útil.

ATF +3 (o ATF +4). Aceite para transmisiones automáticas de Chrysler, Cherokee, y ciertos otros vehículos. Contiene mayor cantidad de modificadores de fricción que alarga la vida útil de los embragues y las bandas utilizados en estas transmisiones. El uso de Dexron en estas transmisiones acortara la vida útil de los embragues, aunque algunos vehículos fabricados antes de la introducción del ATF+3® venían recomendando Dexron® II. El ATF+3® fue diseñado para eliminar los problemas causados por el uso de Dexron® II. En todos éstos vehículos se debe usar ATF+3® para extender la vida útil. También existen formulaciones especiales de BMW y otras marcas.

Figura 17. Evolución de los aceites para transmisiones automáticas.



Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

5.2. LUBRICACION EN TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES

La prueba del motor de un automóvil es transmitida a las ruedas a través de un sistema, el cual es la mayoría de los casos está conformado por dos cajas de

engranajes. Una caja de cambios (automática o manual) y la transmisión diferencial. En ambos casos es imprescindible la utilización de aceites lubricantes especiales para la protección de dichos mecanismos.

En la caja de cambios manual normalmente encontramos engranajes rectos, helicoidales o bihelicoidales los cuales permiten cambios de velocidad, torsión y dirección a ser transmitidos a las ruedas motrices. La función más importante de los lubricantes para la transmisión manual y el diferencial es prevenir el desgaste. Deben también proteger los mecanismos contra la corrosión y más aún poseer una larga vida útil (por lo menos 160.000 Km.). Por tal motivo, estos lubricantes deben presentar una estabilidad térmica y a la oxidación en tal grado que sus propiedades físicas y químicas deben perdurar durante un largo tiempo de servicio.

Las transmisiones manuales y los diferenciales de los autos y camionetas están diseñadas para proveer un mínimo de 500,000 kilómetros sin reparaciones, mientras las transmisiones automáticas son diseñadas para proveer un mínimo de 300,000 kilómetros de servicio sin reparaciones.

Las transmisiones y diferenciales de camiones son diseñadas para superar fácilmente el millón de kilómetros. Las transmisiones de equipo pesado son diseñadas para proveer más de 18,000 horas de servicio sin reparaciones. El aceite utilizado tiene que cumplir con varias características:

Viscosidad:

- ✓ Bastante delgado para desplazarse entre los sincronizadores para permitir el cambio suave.
- ✓ Bastante delgado para dejar girar a los engranajes en el frío sin transmitir fuerza o causar resistencia.
- ✓ Bastante delgado para circular entre las piezas para enfriarlas.

- ✓ Bastante delgado para penetrar entre los bujes y cojinetes.
- ✓ Bastante resistente para mantenerse en los dientes de engranajes para lubricarlos en forma hidrodinámica.

5.2.1. Designación API para clasificar los aceites para engranajes automotores según su calidad.

Esta clasificación fue creada por el subcomité de lubricantes perteneciente al Comité de Lubricantes y Combustibles del Departamento de Mercadeo del Instituto Americano del Petróleo (API), con el fin de ayudar a fabricantes y usuarios de equipo automotor en la selección de lubricantes para transmisiones manuales y diferenciales según las condiciones de operación existentes. En engranajes diferenciales y en algunas transmisiones existen engranajes de diferentes diseños para una gran variedad de condiciones de operación. La selección de un lubricante para una aplicación específica, involucra un cuidadoso análisis de las condiciones operacionales y de las características físicas y químicas de lubricantes para satisfacer tales condiciones de servicio. Hasta hace poco tiempo, este tipo de lubricantes eran descritos en términos cualitativos y utilizando una gran variedad de designaciones; cada una intentando describir tanto el lubricante como las condiciones de servicio bajo las cuales el aceite se desempeña. Luego se logra consolidar el número de estas designaciones al mínimo, lo cual se considera altamente beneficioso a la luz de la tecnología de nuestros días; en tal sentido API ha emitido 5 designaciones de servicio para los lubricantes de transmisiones manuales y diferenciales. Cada designación se refiere al comportamiento requerido del lubricante para un tipo específico de servicio automotor.

API-GL-1. Designación que describe a los lubricantes para engranajes automotores particularmente cónicos y de tornillo tipo sinfín de engranajes diferenciales y algunas transmisiones manuales operando bajo condiciones

livianas de carga y velocidad de deslizamiento donde los aceites minerales puros pueden ser usados satisfactoriamente.

Pueden ser utilizados aditivos antiespumantes, antioxidantes, depresores del punto de fluidez y antiherrumbrantes; no así, aditivos de EP (Extrema Presión) o modificadores de fricción. Por tanto, estos lubricantes son conocidos como aceites minerales puros para engranajes con una protección contra ralladuras. Debido a las velocidades y las cargas envueltas en esta aplicación, los aceites minerales puros no son adecuados para la mayoría de las transmisiones manuales de cuatro cambios de vehículos de pasajeros construidas actualmente. Para algunas transmisiones de camiones y tractores estos lubricantes pueden ser utilizados satisfactoriamente.

API-GL-2 Designación que describe a los lubricantes para engranajes automotores particularmente de tipo de tornillos sinfín en transmisiones diferenciales operando bajo condiciones de carga, velocidad y temperaturas tales que los lubricantes designados para el servicio API-GL-1 no serían suficientes. Estos productos contienen aditivos antidesgaste o aditivos de EP para servicio liviano los cuales proveen protección para engranajes de tornillo sinfín. La designación API-GL-2 es incluida en esta lista para la lubricación de aquellos engranajes de tornillo sinfín que requieren aceites distintos al mineral puro.

API-GL-3 Designación que describe a los lubricantes para engranajes automotores usados en transmisiones manuales y para engranajes cónicos espirales de transmisiones diferenciales operando bajo condiciones moderadamente severas de velocidad y carga.

Estas condiciones de servicio requieren de un lubricante con una capacidad de carga mayor que la proporcionada por el API-GL-1 pero menor que la del API-GL-4. Usualmente, estos lubricantes poseen aditivos que reaccionan con la superficie de los dientes de los engranajes a las altas temperaturas resultantes

de las altas cargas y velocidades, pero no son formulados para proveer adecuada protección en engranajes hipoidales.

API-GL-4 Designación que describe a los lubricantes para engranajes automotores particularmente los hipoidales de transmisiones diferenciales en vehículos de pasajeros y otros equipos automotores operados bajo condiciones de alta velocidad torsión y baja velocidad-alta torsión. Esta clasificación es comercialmente aceptada para describir lubricantes de esta aplicación, sin embargo, el equipo requerido para medir la protección contra ralladuras no existe. Esta designación es Vigente – Mínima protección recomendada para la mayoría de las transmisiones. Mejor protección de sincronizadores que el GL-5.

API-GL-5 Designación que describe a los lubricantes para engranajes automotores, particularmente los hipoidales instalados en transmisiones diferenciales de vehículos de pasajeros y otros equipos automotores operados bajo condiciones de alta velocidad, cargas de choque/impacto; o alta velocidad – baja torsión; y baja velocidad – alta torsión.

5.2.2. Clasificación de los aceites para engranajes automotores según su viscosidad.

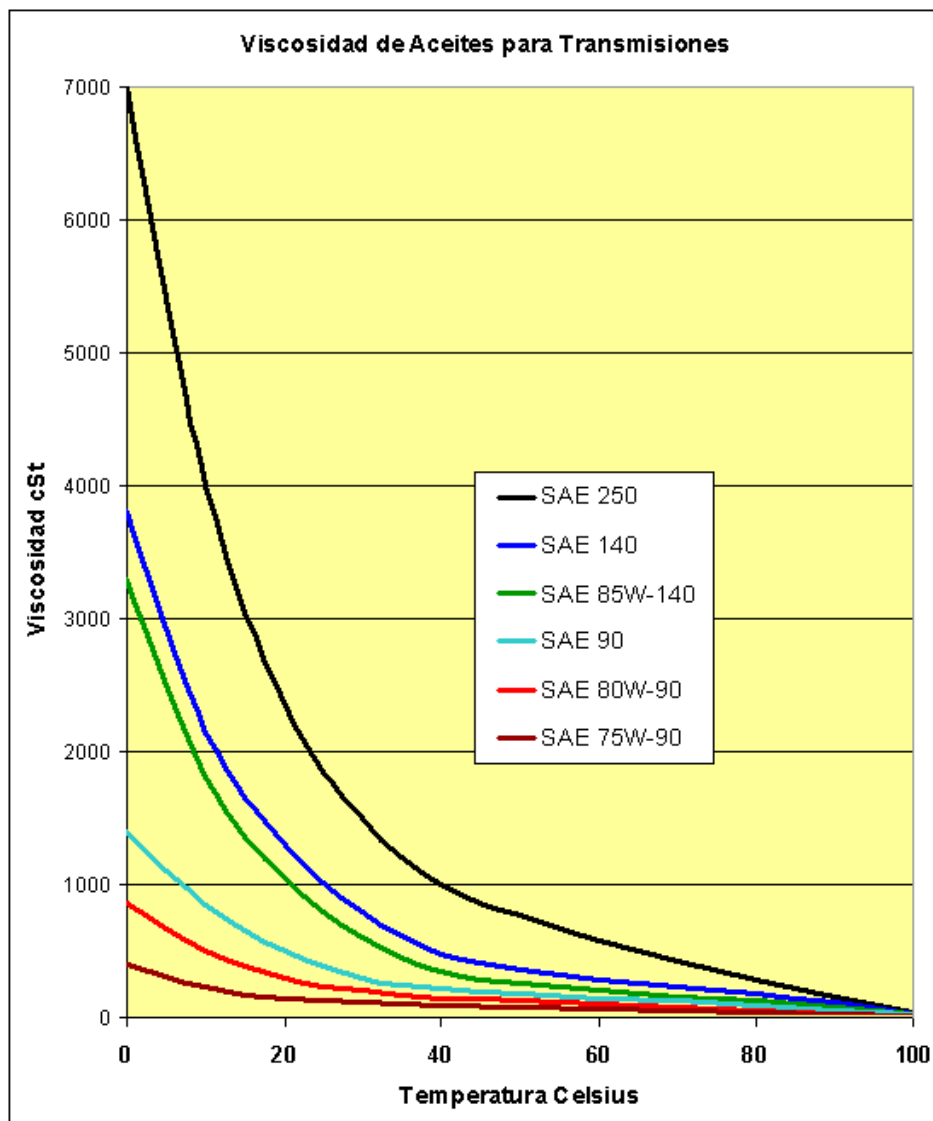
La Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE) en su reporte informativo J308 de 1978 contempla seis grados de viscosidad para clasificar los aceites para engranajes automotores. En este sistema de clasificación los grados seguidos por la letra W (80W y 85W) son los adecuados para operar en climas fríos (W se refiere a la palabra inglesa “WINTER” que significa invierno). Por tal motivo, estos grados tienen que pasar una prueba donde una transmisión diferencial trabaja a bajas temperaturas. Cuando los aceites evaluados alcanzan viscosidades de 150.000 cP (Centipoise) o mayores, debidas a las bajas temperaturas, se ha observado que poca fluidez del aceite ocasiona daños en los mecanismos de la transmisión.

La lubricación correcta de la transmisión y los diferenciales depende de la viscosidad correcta para proveer la Lubricación Hidrodinámica requerida para las velocidades, cargas, diámetros, ángulos, tolerancias y materiales utilizados. Lubricación hidrodinámica es la película de aceite que separa las piezas dentro de la transmisión o el diferencial.

Cuando hay mucha viscosidad, no circula y deja contacto directo entre piezas de metal. Cuando el aceite es de baja viscosidad, pierde su película y permite el contacto entre las superficies metálicas. Cuando el aceite básico utilizado en la formulación del aceite es de baja calidad, hay mayor tendencia a la oxidación del aceite y esta oxidación aumenta la viscosidad del aceite, limitando su circulación y protección.

La figura 18 muestra el comportamiento de la viscosidad de los 6 aceites típicamente utilizados en transmisiones manuales y diferenciales. Nota que entre más la temperatura se acerca a los 100°C, mas se acercan las viscosidades. La diferencia entre la viscosidad del SAE 80W-90 y el SAE 250 a 100°C es solamente 15 cSt, mientras la diferencia a 20°C es 4400 cSt.

Figura 18. Comportamiento de la viscosidad de los seis aceites utilizados en transmisiones



Fuente: Shell lubricantes

La transmisión opera entre 40° a 70°C una vez que el vehículo está en operación normal, depende mucho de la temperatura del ambiente y la circulación del aceite por los componentes. La fuerza requerida del motor solamente para mover aceite viscoso a 10°C ó 20°C, especialmente cuando el motor todavía está frío es

significativa. El aceite no penetra por los cojinetes ni bujes, dejándolos funcionar en seco. Además, el aceite tan grueso no se desplaza de los sincronizadores, dificultando los cambios y dañando las piezas.

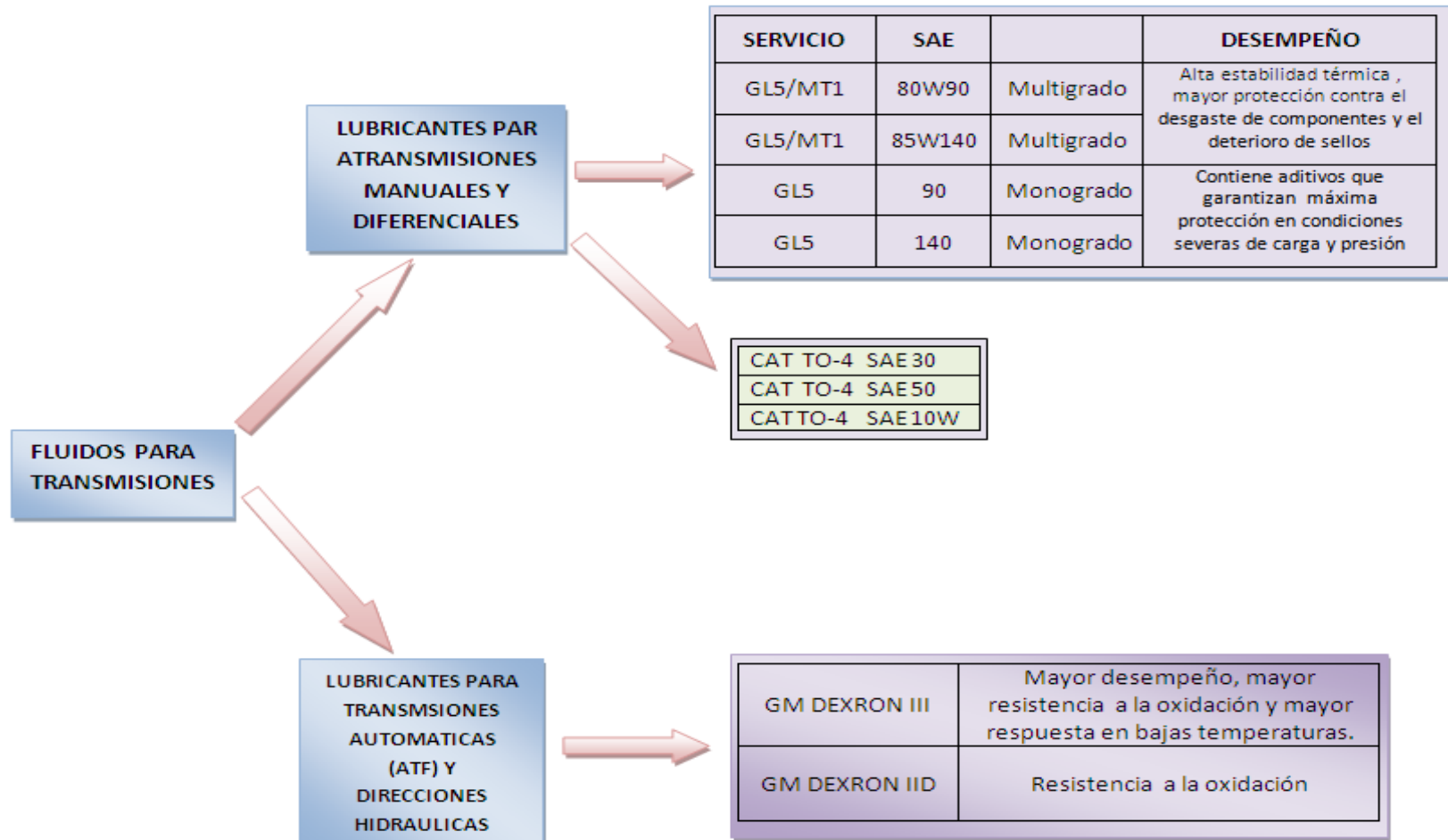
Entre más viscoso el aceite, menos circulación entre cojinetes, puntos de apoyos, etc. y mayor el consumo de combustible por la resistencia creada. Siempre hay que revisar el manual del propietario o una tabla que tienen los mejores distribuidores de lubricantes para saber la viscosidad correcta para el vehículo.

Otro factor que depende de una correcta lubricación en transmisiones y diferenciales es La cantidad, calidad, y tipo de aditivos utilizados en el aceite para proveer **Lubricación Marginal** (límite) y pueden ser:

- Molibdeno que se adhiere a la superficie cuando hay alta temperatura por la fricción causada cuando se pierde la película hidrodinámica, resultando en una superficie más resbalosa. Normalmente utilizado con azufre/fósforo para mejorar las características EP y reducir temperaturas.
- Un compuesto de esferas de Borato Inorgánico que se adhiere eléctricamente a las superficies metálicas para rodar y causar el resbalamiento de las piezas cuando se acaba la película hidrodinámica. Este sistema de protección es más caro que los sistemas tradicionales, pero reduce las temperaturas y provee mayor protección contra desgaste de todos los materiales. Protege bronce tanto como hierro, y provee más que el doble de vida útil mientras no se lo contamina.
- Una combinación de zinc y fósforo. Esto no provee el mismo nivel de protección, pero es inofensivo para los metales amarillos y mejora la sincronización. Esto es el sistema de protección utilizado por marcas como Isuzu donde utilizan aceite de motor en algunas transmisiones. También es parte del

paquete de aditivos utilizado para los fluidos TO-4 para Caterpillar y Fuller. Los aceites ATF normalmente contienen zinc y fósforo combinado con boro y otros aditivos para proveer la misma protección.

Figura 19. Resumen de lubricantes recomendados para transmisiones

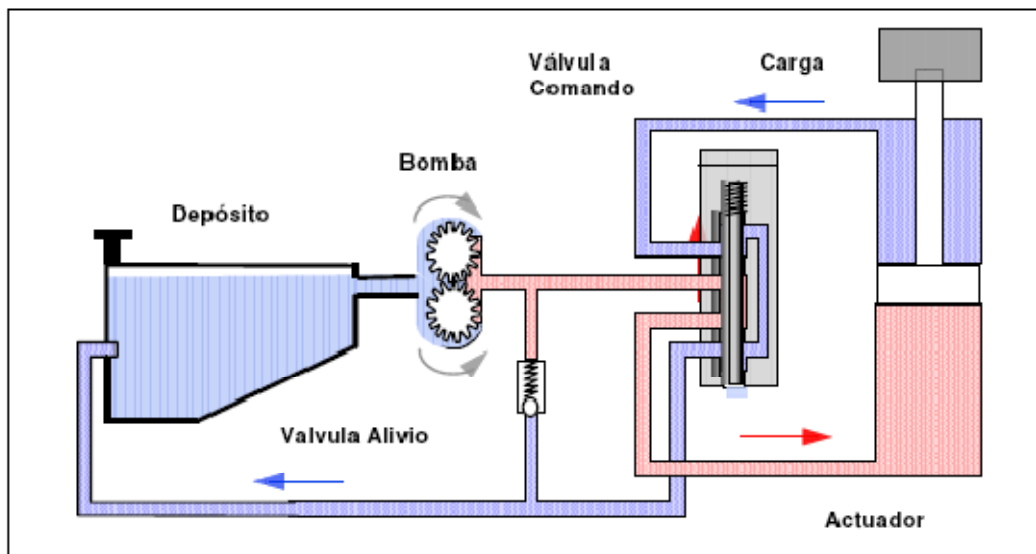


6. SISTEMAS HIDRÁULICOS Y SU LUBRICACIÓN

Los sistemas hidráulicos se emplean extensivamente en la maquinaria industrial con distintas finalidades pero en general las más importantes son:

- a) Sistemas de control (servomecanismos)
- b) Transmisión de potencia (accionamiento de máquinas)
- c) Multiplicación de fuerza (prensas)

Figura 20. Maquina industrial con sistemas hidráulicos.



Fuente: Shell lubricantes de Colombia.

Los componentes básicos de un sistema son, el depósito de fluido, la bomba, los actuadores, las válvulas reguladoras de caudal y de comando. La bomba que puede ser de pistón, engranajes o paletas, eleva la presión del fluido y lo hace circular por el sistema. Las válvulas reguladoras controlan la presión y el caudal del fluido y las de comando dirigen convenientemente el flujo a los distintos actuadores que en definitiva convierten la presión en trabajo útil, por ejemplo pistón y cilindro.

Por otra parte, el aceite brinda una adecuada protección contra la herrumbre, minimiza las pérdidas entre zonas de alta y baja presión del sistema debido a su mayor viscosidad, permite un tiempo de servicio más prolongado, facilita la operación a altas velocidades en bombas y motores como también son muy propicios en sistemas hidráulicos más compactos.

El fluido hidráulico debe:

- ✓ Lubricar
- ✓ Refrigerar
- ✓ Sellar
- ✓ Proteger y mantener la limpieza
- ✓ Transmitir energía

6.1. FLUIDO HIDRÁULICOS

Según Shell¹⁵ el componente más importante de cualquier sistema hidráulico es la clase de fluido que contiene. Los primeros equipos hidráulicos utilizaban agua, la cual es aún usada como medio en algunos sistemas muy grandes como esclusas, donde el líquido puede ser desechado una vez usado. Fluidos a base de agua son también usados para operar equipos hidráulicos en lugares como fundiciones y minas de carbón donde existe riesgo de incendio. Sin embargo, la mayoría de los fluidos hidráulicos usados hoy en día están basados en aceites minerales. Los aceites minerales satisfacen el requisito primario de un fluido hidráulico; La habilidad de transmitir presión bajo un rango amplio de temperatura. Además, tienen la gran ventaja que pueden lubricar las partes móviles del circuito hidráulico y protegerlas contra la corrosión. Sin embargo, los aceites minerales puros no pueden llevar a cabo adecuadamente todas las funciones requeridas en un fluido hidráulico.

¹⁵ Shell. Tutor de Lubricación. Lubricantes Para Fluidos hidráulicos, Modulo 5. p. 11-16.

Por lo tanto, la mayoría de éstos contienen aditivos apropiados para reforzar sus propiedades.

6.1.1. Bombas.

Todo sistema hidráulico incluye una bomba. Su función consiste en transformar la energía mecánica en energía hidráulica, impulsando el fluido hidráulico en el sistema.

Características de las bombas. Las bombas se clasifican normalmente por su presión máxima de funcionamiento y por su caudal de salida en litros/minuto ó galones/minuto a una velocidad de rotación determinada.

Valores nominales de la presión. El fabricante determina la presión nominal y está basada en una duración razonable en condiciones de funcionamiento determinadas. Es importante anotar que no hay un factor de seguridad normalizado correspondiente a esta estimación. Trabajando a presiones mayores se puede reducir la duración de la bomba, causar daños serios y ocasionar fallas.

Desplazamiento. Es el volumen de líquido transferido en una revolución, es igual al volumen de una cámara multiplicada por el número de cámaras que pasan por el orificio de salida durante una revolución de la bomba. El desplazamiento se expresa en centímetros cúbicos por revolución. La mayoría de las bombas tienen un desplazamiento fijo que sólo puede modificarse sustituyendo ciertos componentes. En algunas bombas es posible variar las dimensiones de la cámara de bombeo por medio de controles externos, variando así su desplazamiento. En ciertas bombas de paletas no equilibradas hidráulicamente y en muchas bombas de pistones puede variarse el desplazamiento desde cero hasta un valor máximo teniendo algunas la posibilidad de invertir la dirección del caudal cuando el control pasa por la posición central o neutra.

Caudal. Una bomba viene caracterizada por su caudal nominal en galones por minuto; en realidad puede bombear más galones por minuto en ausencia de carga y menos a su presión de funcionamiento nominal. Tres tipos de bombas son los más comúnmente usados; de engranajes, de aspas o paletas y de pistón. Los principios de operación de estos tipos de bombas se explican a continuación. Mas detalles acerca de tipos particulares de bombas se dan en la información suplementaria.

Figura 21. Clasificación y tipos de bomba.



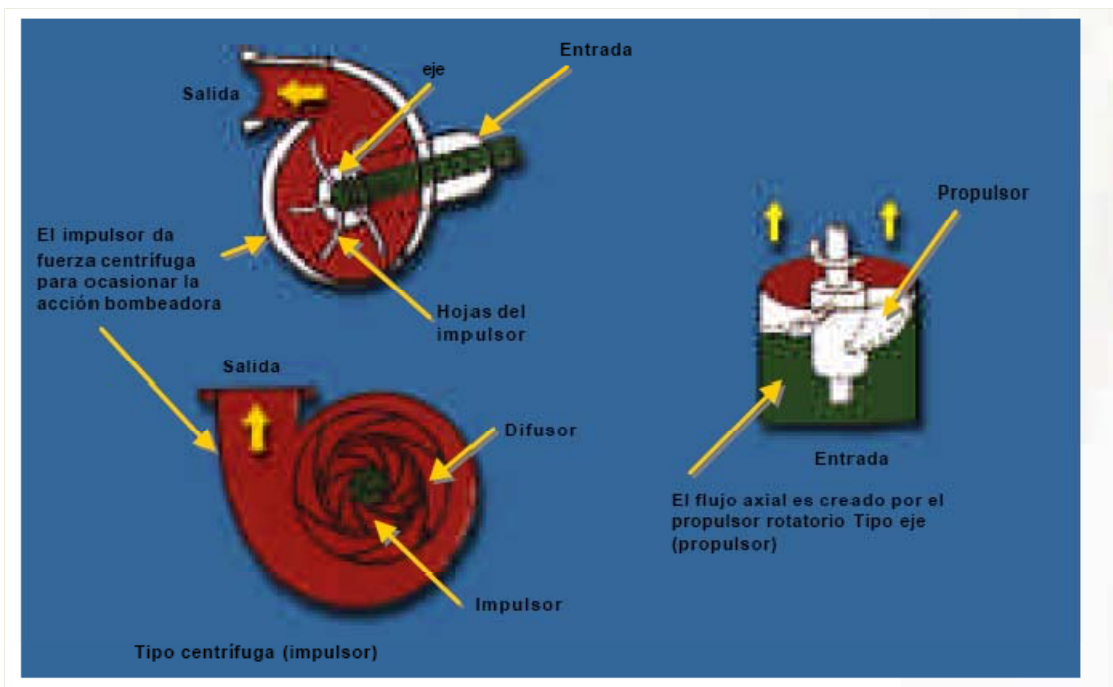
Fuente: Shell lubricantes

6.1.2. Bombas cinéticas o hidrodinámicas.

Estas bombas, también llamadas de desplazamiento no positivo, se usan principalmente para transferir fluidos donde la única resistencia que se encuentra es la creada por el peso del mismo fluido y el rozamiento (ver Figura 22.)

La mayoría de este tipo de bombas funciona mediante la fuerza centrífuga, según la cual el fluido, al entrar por el centro del cuerpo de la bomba, es expulsado hacia el exterior por medio de un impulsor que gira rápidamente. No existe ninguna separación entre el orificio de entrada y de salida, y su capacidad de presión depende de la velocidad de rotación. Se utilizan muy poco en los sistemas hidráulicos actuales. Aunque estas bombas suministran un caudal uniforme y continuo, su desplazamiento disminuye cuando aumenta la resistencia, es posible bloquear el orificio de salida estando la bomba en funcionamiento.

Figura 22. Bomba hidrodinámica.



Fuente: Shell lubricantes

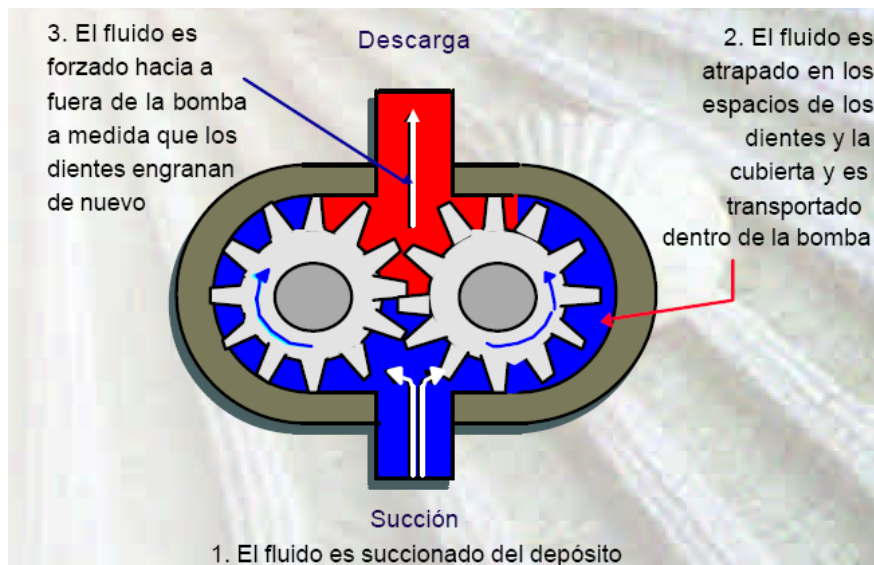
6.1.3. Bombas hidrostáticas o de desplazamiento positivo.

Estas bombas suministran una cantidad determinada de fluido en cada carrera, revolución o ciclo. Su desplazamiento, exceptuando las pérdidas por fugas, es independiente de la presión de salida, lo que las hace muy adecuadas para la transmisión de potencia.

6.1.4. Bombas de engranajes.

Suministran caudal transportando el fluido entre los dientes de dos engranajes bien acoplados. Son compactas, mecánicamente sencillas, y relativamente baratas. Son adecuadas para sistemas a baja presión que operan a bajas tasas de flujo y son usadas comúnmente en aplicaciones móviles pequeñas como excavadoras

Figura 23. Bomba de engranajes.



Fuente: Shell lubricantes de Colombia.

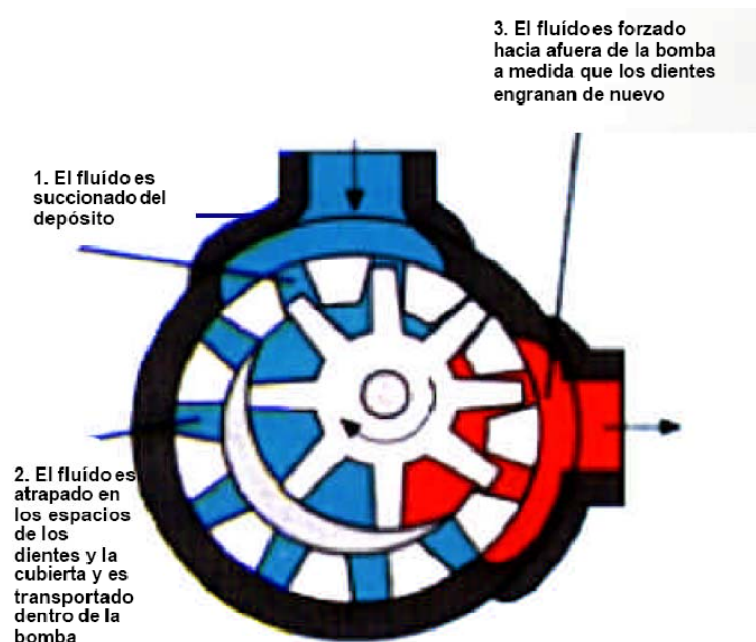
6.1.4.1. La bomba de engranajes externa.

Está compuesta de un par de engranajes que rotan dentro de una cubierta. Un eje externo mueve un engranaje y este a su vez mueve el otro en dirección opuesta, creando un vacío parcial en la cámara de entrada de la bomba. A medida que estos rotan, el fluido es succionado de un lado, entrando en la cubierta y finalmente descargando en el otro.

6.1.4.2. La bomba de engranajes interna.

Es más compacta que la bomba de engranaje externa. En esta, un eje externo opera un engranaje interno el cual rota dentro de un engranaje externo a él y que lo hace girar en la misma dirección. El fluido que es succionado desde el depósito a medida que los engranajes se desengranan, se lleva a los espacios entre los dientes y es forzado hacia afuera cerca del punto donde los dientes se engranan de nuevo.

Figura 24. Bomba de engranajes interna.

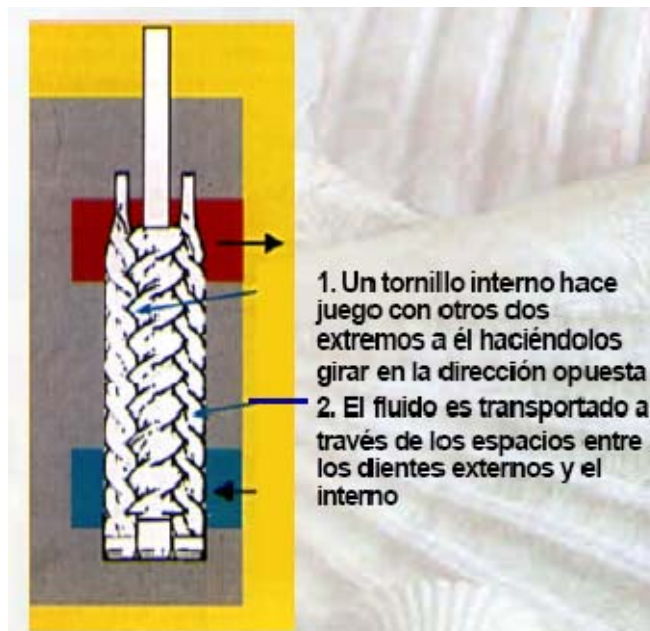


Fuente: Vickers

6.1.5. Bomba de tornillo.

Es un modelo mejorado de la bomba de engranaje que puede producir presiones y tasas de flujo más altas. Este tipo de bomba transporta fluidos por medio del movimiento de tres tornillos engranados.

Figura 25. Bomba de tornillo.



Fuente: Vickers

6.1.6. Bomba de paletas.

Las bombas de aspas o paletas son populares por ser compactas y pueden descargar más altos volúmenes de fluido que las bombas de engranaje.

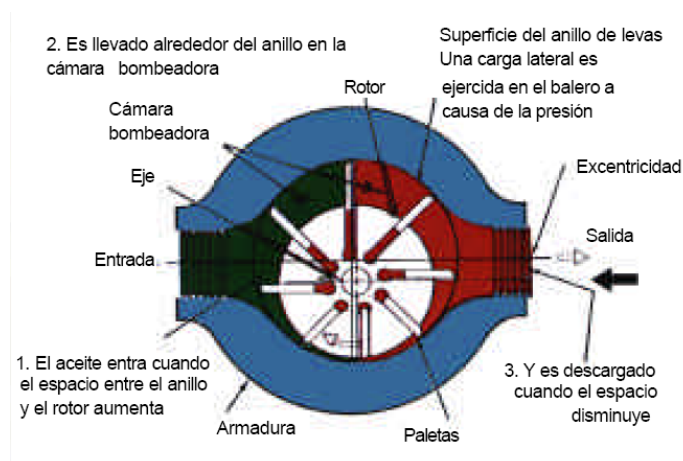
El principio de funcionamiento de la bomba es un rotor ranurado que está acoplado al eje de accionamiento y gira dentro de un anillo ovalado, dentro de las ranuras del rotor están colocadas las paletas, que siguen la superficie interna del anillo cuando el rotor gira.

La fuerza centrífuga y la presión aplicada en la parte inferior de las paletas las mantiene apoyadas contra el anillo. Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas, rotor, anillo y las dos placas laterales. Un vacío parcial se crea a la entrada de la bomba a medida que va aumentando el espacio comprendido entre el rotor y el anillo. El aceite que entra en este espacio queda encerrado en las cámaras de bombeo y es impulsado hacia la salida cuando éste espacio disminuye. El desplazamiento de la bomba depende de la anchura del anillo, del rotor y de la separación entre los mismos. Existen dos tipos de bombas de paletas: De diseño no equilibrado y de diseño equilibrado.

6.1.7. Bomba de paletas de diseño no equilibrado.

En este tipo de bomba no equilibrado hidráulicamente el eje está sometido a cargas laterales, procedentes de la presión que actúa sobre el rotor. Este tipo de diseño se aplica principalmente a las bombas de caudal variable. El desplazamiento de esta bomba puede variar mediante un control externo, tal como un volante o un compensador hidráulico. El control desplaza el anillo haciendo variar la excentricidad entre éste y el rotor, reduciendo o aumentando así las dimensiones de la cámara de bombeo.

Figura 26. Bomba de paletas de diseño no equilibrado.

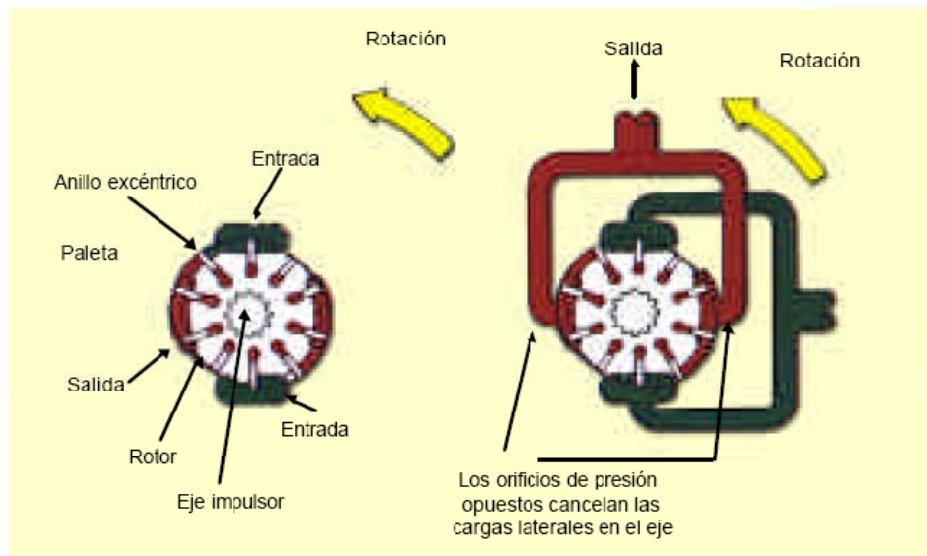


Fuente: Vickers

6.1.8. Bomba de paletas de diseño equilibrado.

En este diseño el anillo es elíptico en vez de ser circular, lo que le permite utilizar dos conjuntos de orificios internos. Los dos orificios de salida están separados entre sí por 180°, de tal forma que las fuerzas de presión sobre el rotor se cancelan, evitándose así las cargas laterales sobre el eje y los cojinetes. El desplazamiento de la bomba equilibrada hidráulicamente no puede ajustarse aunque se dispone de anillos intercambiables, con elipses distintas, haciendo así posible modificar una bomba para aumentar o disminuir su caudal.

Figura 27. Bomba de paletas de diseño equilibrado.



Fuente: Shell lubricantes.

6.1.9. Bomba de pistón en línea.

Las bombas de pistón pueden generar presiones mucho más altas y producir tasas de flujo más elevadas que las bombas de engranaje y de paletas. Se usan comúnmente en aplicaciones móviles grandes y estáticas. La bomba de pistón en línea es el diseño más simple. En esta bomba un pistón es desplazado hacia arriba y hacia abajo dentro de un cilindro gracias al movimiento de una barra impulsada a

su vez por un cigüeñal rotatorio. Durante la carrera hacia abajo del pistón, el fluido es atraído dentro del cilindro a través de una válvula en el punto de entrada. El fluido es expulsado por una válvula de salida cuando el pistón hace su carrera hacia arriba.

6.1.10. Bomba de pistón radial.

Los pistones se mueven dentro de cilindros dispuestos en estrella alrededor del eje rotatorio. El eje está instalado hacia un lado dentro de un anillo fijo para que al rotar, los pistones se muevan hacia adentro y hacia afuera de sus cilindros. El fluido es atraído hacia adentro y bombeado hacia afuera de los cilindros a través de canales que atraviesan el centro del eje.

Figura 28. Bomba de pistón radial.

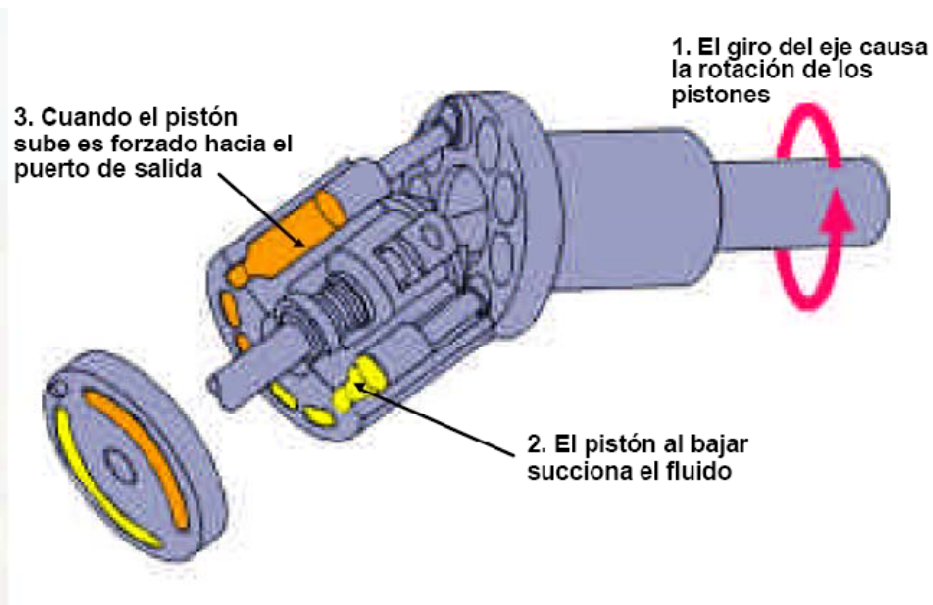


Fuente: Vickers

6.1.11. Bomba de pistón axial.

Tiene varios pistones dispuestos alrededor del eje de un bloque de cilindros. Los pistones están unidos al plato colocado en ángulo con el bloque para que mientras se mueve el plato, los pistones se muevan hacia adentro y hacia afuera de sus cilindros, succionando y expulsando el fluido.

Figura 29. Bomba de pistón axial o actuador hidráulico.



Fuente: Shell Lubricantes

6.2. EVOLUCIÓN DE LOS ACEITES HIDRAULICO.

6.2.1. Denominaciones de Aceites Hidráulicos ISO.

- ✓ HH : Aceite minerales puros
- ✓ HL : Aceites minerales con propiedades antiherrumbre y antioxidantes mejoradas
- ✓ HM: Igual que HL, pero con propiedades antidesgaste.
- ✓ HV : Igual que HM, pero con propiedades de temperatura/viscosidad mejoradas

- **Aceite mineral puro.** Estos aceites fueron los primeros utilizados en este tipo de sistemas. Como su nombre lo indica, son aceites no aditivados. Satisficaban las necesidades de lubricación de equipos no severamente cargados y funcionando a temperaturas comprendidas entre 30 y 35° C, bajo dichas condiciones los problemas de corrosión, espuma, o algún inconveniente similar no se presentaban. Actualmente estos aceites son usados generalmente en aplicaciones simples como en equipos manuales (gatos hidráulicos). Dichos aceites son designados por la “International Standards Organization” (ISO) como aceites HH.
- **Aceites con inhibidores de la herrumbre y la oxidación.** Fue el siguiente tipo de aceites ampliamente utilizados. A estos aceites les fueron incorporados aditivos con el objeto de mejorar sus propiedades antiherrumbrantes y antioxidantes particularmente a altas temperaturas, previniendo la formación de depósitos, residuos y ácidos corrosivos. Por otra parte, en ocasiones los aceites de este tipo incluyen en su formulación un aditivo para evitar la formación de espuma. Estos aceites son utilizados donde no son necesarias propiedades antidesgaste. Aceites con estas propiedades poseen la clasificación ISO-HL.
- **Aceites antidesgaste.** Estos aceites fueron introducidos durante la década de los años 60 y su mejora consistió en la inclusión de un aditivo antidesgaste. El primero de estos aditivos, puede ser descrito como un compuesto el cual evitaba el desgaste mediante la formación de una película sobre las superficies en contacto sujetas a movimiento relativo. No fue hasta alrededor de 1965 cuando se mejoraron los aceites hidráulicos antidesgaste obteniendo así una aceptación general. El desarrollo de estos nuevos aceites se basó en la inclusión de aditivos que disminuían el roce y el desgaste. Dichos aditivos eran usados en aceites de motor para reducir el desgaste de las levas y tanquetes. El aditivo empleado en la mayoría de los aceites de este tipo es el ditiofosfato de cinc (ZDTP). Este aditivo es muy efectivo entre dos superficies de acero en contactos sujetos a movimiento relativo y

altas presiones pues forma una película de material resistente sobre el metal. Estos aceites son muy efectivos en las bombas de alabes y también en bombas de engranajes. Los aceites con estas propiedades tienen la designación ISO-HM.

- **Aceites hidráulicos multigrados.** Fueron introducidos en el mismo periodo que los aceites HM. La mayoría son de este mismo tipo HM, pero poseen un aditivo adicional para lograr un menor cambio de viscosidad con los cambios de temperatura. Estos aceites son ampliamente utilizados en sistemas hidráulicos instalados en barcos que navegan entre climas diversos y en equipos al aire libre en países de climas fríos para facilitar la operación de arranque inicial. Estos tipos de aceites tienen la designación ISO-HV.

- **Aceites antidesgaste térmicamente estable.** Estos aceites poseen un número de ventajas sobre los aceites HM, particularmente en lo que se refiere al ataque al cobre y al bronce a altas temperaturas. Así como estos aceites no atacan al bronce a altas temperaturas, al mismo tiempo permiten poco desgaste en el caso de deslizamiento de acero sobre bronce, lo que en general no sucede con los aceites HM. Estos aceites también tienen muy buenas propiedades antidesgaste en el caso de deslizamiento de acero sobre acero. Todavía no le ha sido consignada ninguna clasificación ISO a estos aceites.

- **Aceites Hidráulicos especiales** Son de distintos tipos y la mayoría han estado disponibles por muchos años para cubrir las necesidades de aplicaciones especiales; gran parte de ellos para máquinas herramientas. En algunos casos se puede utilizar otros productos sacrificando un poco de eficiencia. Uno de los nuevos e importantes aceites hidráulicos especiales es el aceite HM antidesgaste con mejores propiedades dispersantes.

Algunas veces se usa como alternativa un aceite para motores Diesel SAE 10W. Otro tipo de aceites hidráulicos es el usado en pulsadores hidráulicos o motores

hidráulicos, los cuales dan una posición exacta de movimiento rotatorio en pasos y consisten en aceites hidráulicos con grandes cantidades de aditivos mejoradores de índice de viscosidad. En algunos casos, aceites ISO HM son utilizados como una alternativa, pero requieren un tiempo de calentamiento más largo antes de que el equipo pueda ser utilizado. Estos aceites se emplean tanto en sistemas hidráulicos como lubricantes, en guías correderas de máquinas herramientas para evitar acción de parada y deslizamiento de dichos elementos. (Este fenómeno también es conocido como “Stick & Slip”). Algunos de los nuevos aceites hidráulicos térmicamente estables, son utilizados satisfactoriamente para este propósito.

Otras especialidades cubren aquellas aplicaciones donde se combina la lubricación de engranajes y al mismo tiempo funge como medio hidráulico en locomotoras y equipos mineros.

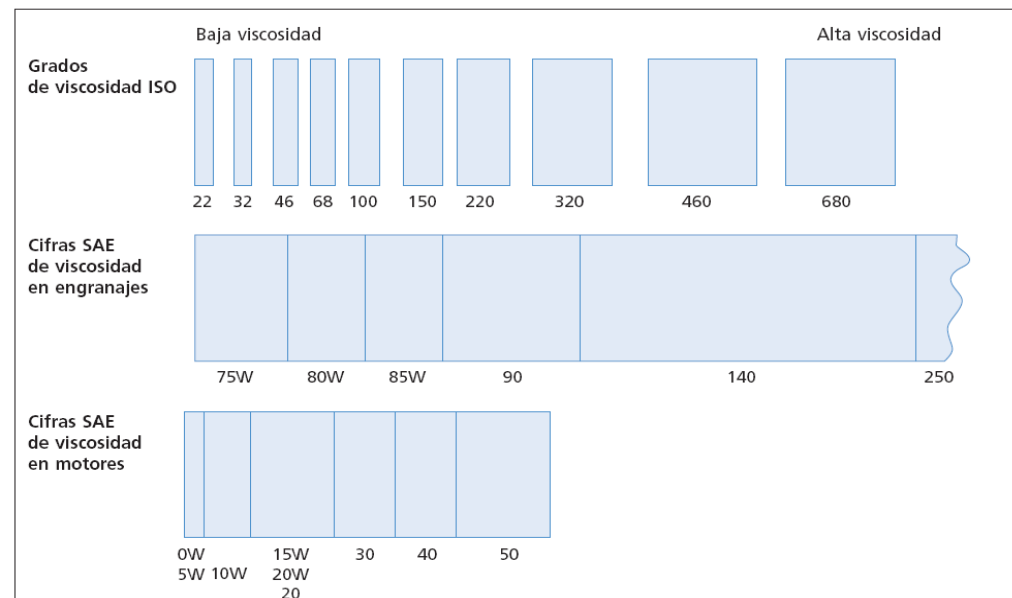
Características anti stick-slip. En algunos equipos hidráulicos puede existir la tendencia a un movimiento de vibración. Este movimiento de atascamiento puede ocurrir con mayor frecuencia con impulsores lineales operando a baja velocidad y con mucha carga. Los pistones del impulsor tienden a pegarse a medida que la fricción estática se incrementa a un máximo y luego se desliza cuando está se supera. El atascamiento puede causar problemas cuando los movimientos suaves son muy importantes, por ejemplo en simuladores de vuelo y en algunas herramientas eléctricas. Los aditivos que modifican la fricción pueden añadirse a los aceites hidráulicos para mejorar sus características de fricción y para ayudar a prevenir que ocurra el atascamiento. Tales aditivos también pueden ayudar a la lubricación de sellos eficientes.

6.3. ESPECIFICACIONES Y PROPIEDADES DE LOS ACEITES HIDRAULICOS.

Muchas especificaciones para aceites hidráulicos, son publicadas por usuarios, fabricantes de maquinaria y productores de parte de las mismas. Pero es poco común que todas las propiedades aparezcan en una sola especificación.

Los requerimientos de viscosidad son una propiedad adicional. En la especificación de viscosidad ISO N° 3448, existen 18 grados; sin embargo, para los aceites hidráulicos se han propuesto los grados 10, 15, 22, 32, 46, 68, 100 y 150 como los más usados en esta aplicación. En el caso de una aplicación particular, generalmente se mostrará un solo grado de viscosidad, pero también pueden incluirse uno o dos grados adicionales para adaptarse a diferentes condiciones ambientales.

Figura 30. Comparación de la viscosidad SAE para diferentes usos.

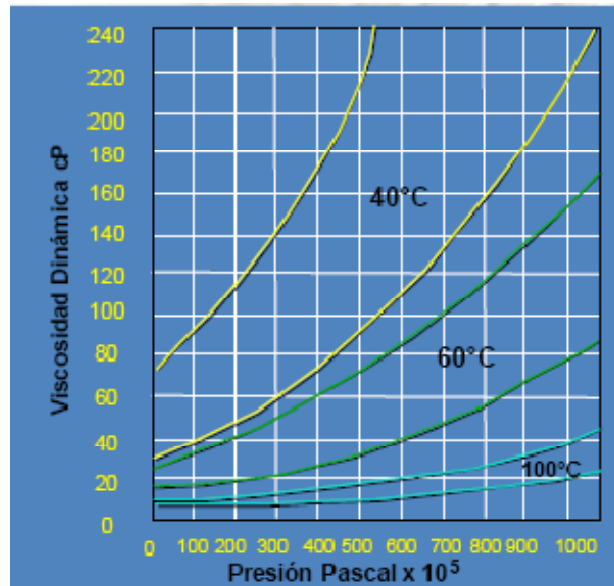


6.3.1. Descripción De Las Propiedades Del Aceite Y Su Significado.

- **Viscosidad.** La propiedad más importante de un fluido hidráulico, en cuanto a la lubricación del sistema, es su viscosidad. El aceite debe ser suficientemente viscoso para lubricar las partes del sistema eficientemente. En particular la bomba. También debe ser suficientemente espeso para mantener un sello efectivo y disminuir escapes en las bombas, las válvulas y los motores. Al mismo tiempo, la viscosidad no puede ser tan alta al punto que la fricción del fluido impida que el aceite circule libremente alrededor del circuito. Además, los aceites espesos no son disipadores de calor tan efectivos como los aceites más ligeros.

En la práctica, los aceites con la menor viscosidad que lubrican la bomba son los escogidos como los fluidos hidráulicos. En general, la menor viscosidad tolerada por bombas hidráulicas es de aproximadamente 10 cSt. a su temperatura de operación. La viscosidad óptima generalmente aceptada está entre los 16 y 36 cSt, a la temperatura de operación. Los requisitos de viscosidad de un fluido hidráulico se complican ya que la viscosidad cambia con la presión y la temperatura. Un incremento en la presión causa un aumento en la viscosidad. Sin embargo, a las bajas presiones utilizadas en la mayoría de los sistemas hidráulicos industriales, el efecto de la presión sobre la viscosidad no tiene mucha importancia. En algunos equipos como los usados en compactación y extrusión, se pueden generar presiones tan altas que aceites minerales no pueden ser usados.

Figura 31. Selección de la viscosidad dinámica con la presión versus temperatura del sistema.



Fuente: Shell lubricantes de Colombia.

- **Índice de viscosidad.** El índice de viscosidad (VI) de un aceite es una medida del cambio de viscosidad con la temperatura. Un aceite con alto índice de viscosidad muestra menos variación en la viscosidad con la temperatura que un aceite con un bajo índice de viscosidad.

El índice de viscosidad de un aceite hidráulico debe ser suficientemente alto como para asegurar que este funcione efectivamente en todo el rango de temperaturas de operación del sistema. El aceite debe permanecer suficientemente viscoso para que actúe como un buen lubricante a las temperaturas de operación más altas, pero no debe volverse tan espeso a bajas temperaturas que dificulten el flujo y el arranque del sistema.

La mayoría de los fluidos hidráulicos tienen un índice de viscosidad cercano a 100 pero, donde se encuentran temperaturas de operación de un rango muy amplio, por ejemplo en el sistema hidráulico de aviación se debe utilizar un aceite con un índice de viscosidad de 150 o más.

- **acidez del aceite.** EL valor de acidez está definido como la cantidad de miligramos de hidróxido de potasio (mg HOH/g) capaz de neutralizar un gramo de aceite. Los aceites minerales puros y los aceites con aditivos antiherrumbrantes y antioxidantes presentan valores bajos de acidez cuando están nuevos o poco usados, el nivel de acidez aumenta por la acción del tiempo y la temperatura. Los aceites nuevos con aditivos antidesgaste, muestran valores de acidez de hasta 1 mg KOH/g, pero esto se debe a los aditivos que contiene y no indican que el aceite tenga una alta acidez, sobre todo que esta no es causada por ácidos fuertes. Cualquiera sea el caso cuando se alcance el valor de 2 mg KOH/g el aceite debe ser cambiado, puesto que a partir de ese punto el valor de neutralización se incrementa rápidamente causando la formación de ácidos, residuos y lacas.

- **Resistencia a la oxidación.** La vida de un aceite hidráulico depende principalmente de su estabilidad para resistir a la oxidación, cuando esta ocurre, las lacas y los residuos que se forman pueden causar desperfectos en el equipo, y los productos ácidos debido al deterioro del aceite podrían causar la corrosión de las superficies metálicas. El calor es la principal fuente de oxidación, esta se acelera por la presencia de agua, aire y catalizadores metálicos como el cobre. Una prueba típica de las propiedades de oxidación de un aceite, es la denominada “Estabilidad de Aceites de Turbina” o prueba” (ASTM D-943) en la cual el aceite es calentado hasta 95°C en presencia de agua y oxígeno usando hierro y cobre como catalizadores metálicos

- **Protección contra la corrosión.** Los aceites hidráulicos de alto desempeño deberán contener anticorrosivos para combatir la corrosión causada por los efectos de contaminación por agua y de productos de la degradación del aceite.

- **Demulsibilidad.** Los aceites hidráulicos están frecuentemente contaminados con agua que tiende a entrar al sistema a través del depósito en forma de condensación. El agua puede promover la corrosión de las bombas, las válvulas y

los puntos de apoyo, y puede afectar significativamente las propiedades de lubricación del aceite.

A las temperaturas de operación de muchos sistemas, alrededor de 60°C o menos, el agua no se debe tener la capacidad de desprenderse del agua rápidamente, es decir, que debe tener una buena demulsibilidad. Aceites minerales con un desempeño “**premium**” tienden a separarse del agua rápidamente pero esta buena demulsibilidad es afectada negativamente por la presencia de óxido, polvo y productos de la degradación del aceite. Ciertos aditivos como los dispersantes y los detergentes también pueden reducir la demulsibilidad y por tanto estos no deben ser usados en aceites hidráulicos en los que se requiere una buena separación del agua.

6.4. SELECCION CORRECTA DE UN ACEITE INDUSTRIAL

Según Pedro Albarracín¹⁶, la correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Es muy importante, por lo tanto que el personal encargado de la lubricación de los equipos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite ó la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, ó si estas no se conocen, calcular el lubricante correcto partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el equipo.

Los parámetros que se deben tener en cuenta es que siempre que se vaya a seleccionar el aceite para un equipo industrial se debe tener presente que se debe utilizar un aceite de especificación ISO, y que cualquier recomendación que se dé,

¹⁶ ALBARRACIN, Op. Cit., p. 326-328

se debe llevar a este sistema. Los siguientes son los pasos que es necesario tener en cuenta para seleccionar el aceite para un equipo industrial:

1. Consultar en el catálogo del fabricante del equipo. El fabricante del equipo en su catalogo de mantenimiento especifica las características del aceite que se debe utilizar, para que los mecanismos del equipo trabajen sin problema alguno hasta alcanzar su vida de diseño. Es muy importante que el fabricante sea claro al especificar el aceite, de lo contrario, el usuario del equipo se debe poner en contacto con él para que le aclare las dudas que pueda tener. Las recomendaciones del aceite a utilizar el fabricante del equipo las puede dar de las siguientes maneras:

- ✓ Especificar el nombre y la marca del aceite a utilizar y las equivalencias en otras marcas de lubricantes.
- ✓ Dar el grado ISO del aceite y las demás propiedades físico-químicas del aceite, como índice de viscosidad, punto de inflamación, punto de fluidez, etc.
- ✓ Dar la viscosidad del aceite en otro sistema de clasificación de la viscosidad como SAE.
- ✓ Dar la viscosidad del aceite en cualquier sistema de unidades de medida como SSU, SSF. Y las demás propiedades físico-químicas del aceite.

En cualquiera de las formas anteriores, como el fabricante puede especificar el aceite a utilizar en un equipo, es muy importante que él especifique la temperatura de operación a la cual va a trabajar dicho aceite en el equipo y la temperatura ambiente para la cual se recomienda utilizarlo, de lo contrario, si el fabricante solo especifica el grado ISO del aceite, es factible que se presenten problemas de desgaste erosivo ó adhesivo a corto ó a largo plazo en los mecanismos lubricados. De no estar disponible esta información, el usuario se debe contactar con el fabricante del equipo y que se la envíe lo más pronto posible.

2. Selección del grado ISO del aceite requerido a la temperatura de operación en el equipo. Como se dijo anteriormente, toda recomendación de lubricación para un equipo industrial debe estar orientada hacia la selección del grado ISO del aceite en función de la temperatura de operación del aceite en el equipo y de la temperatura ambiente. En este caso es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Si el fabricante especifica el nombre y la marca de un aceite, estos deben ser comerciales en el país donde vaya a operar el equipo, de no ser así, se debe hallar el aceite equivalente a éste, hasta donde sea posible, de la misma marca que la que se utiliza en la lubricación de los demás equipos de la empresa. Si no se utilizan lubricantes equivalentes a los recomendados, al cabo del tiempo, se tendrán un buen número de lubricantes que dificultan la correcta lubricación de los equipos y que si se hace un análisis minucioso de ellos se encontrará que muchos de ellos son equivalentes entre sí y que el número final de lubricantes que se pueden utilizar es ostensiblemente menor.
- ✓ Cuando el fabricante especifica el tipo de aceite a utilizar en un sistema de clasificación diferente al ISO, como el ASTM, ó SAE, se debe hallar el equivalente entre estos y el ISO. Para esto se puede utilizar la Tabla 18. En este caso se puede tener por ejemplo, que el fabricante recomiende para un reductor de velocidad un aceite AGMA 5EP a una temperatura de operación de 60°C y para una temperatura ambiente de 30°C. El grado ISO correspondiente, de la Tabla 18, es un grado ISO 220 EP a las mismas condiciones de temperatura, tanto de operación como ambiente.
- ✓ Cuando el fabricante recomienda el tipo de aceite a utilizar en cualquier sistema de unidades de viscosidad, referenciados a una temperatura específica, es necesario hallar el grado ISO correspondiente para lo cual es necesario, en primer lugar, convertir las unidades de viscosidad dadas a cSt (si éstas se dan

en unidades diferentes a cSt). Se puede utilizar la figura 32 y Tabla 19 para este efecto.

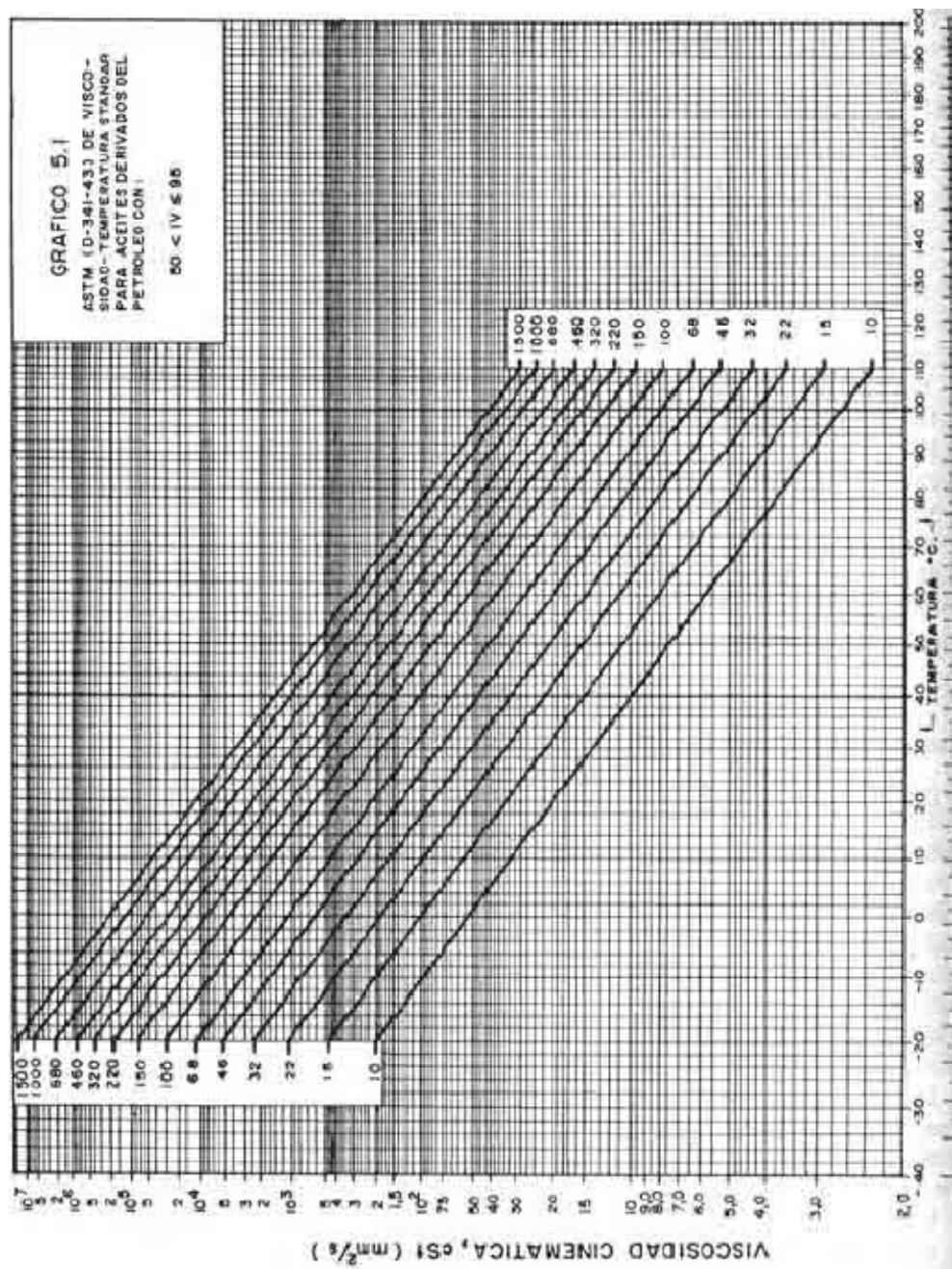
Tabla 18. Equivalencias entre los diferentes sistemas de clasificación de la viscosidad

Grado ISO	Grado ASTM	Grado AGMA	Grado SAE			
			Motor		Engranajes	
			Unigrado	Multigrado	Unigrado	Multigrado
10						
15	75					
22	105		0W, 5W		75W	
32	150		10W			
46	215	1	10,15W			
68,68EP	315	2, 2EP	20W,20	10W30, 20W20	80,80W	
100,100EP	465	3,3EP	25W,30	5W50, 15W40		
150,150EP	700	4,4EP	40	15W50, 20W40		
220,220EP	1000	5,5EP	50		90	85W-90
320,320EP	1500	6,6EP				85W-140
460,460EP,460C	2150	7,7EP,7C			140	
680,680EP,680C	3150	8,8EP,8C				
1000,1000EP, .1000C	4650	9,9EP,9C				
1500,1500EP, .1500C	7000	10,10EP,10C			250	

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón

Nota. La C en los aceites especificados en el sistema ISO ó AGMA significa Compuesto ó aceites con aditivos a base de ácidos grasos para condiciones de lubricación EHL donde la temperatura de carcasa del mecanismo es menor ó igual a 50°C.

Figura 32. Carta de conversión de la viscosidad a cualquier temperatura



Fuente: libro Pedro Albarracín Aguilón

3. Selección del aceite industrial, de la misma marca que los lubricantes que se están utilizando en la empresa y su aplicación en el equipo. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, pero solo hasta 1979 fue puesta en práctica por la mayoría de los fabricantes de lubricantes. El sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt a 40°C, mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial. Este sistema reduce las posibilidades de que el usuario se equivoque en la selección del aceite a utilizar ó que mezcle lubricantes de diferentes viscosidades; facilita además hallar de manera inmediata el equivalente en viscosidad de un aceite con otro puesto que el nombre del aceite debe traer al final el grado ISO correspondiente.

Así por ejemplo, si se tiene el aceite Turbina ISO 68 de marca Terpel y se sabe que este fabricante está utilizando la clasificación ISO en sus aceites industriales, entonces el número 68 del aceite Terpel indica que tiene una viscosidad de 68 cSt a 40°C. Para saber si el número que acompaña el nombre del aceite es un grado ISO es necesario conocer la clasificación ISO, ya que se puede presentar el caso de aceites que al final del nombre traen un número y sin embargo este no corresponde a un grado ISO como podría ser el caso de aceites como el turbina ISO 100 de Terpel, Tellus 41, Teresso 72, Macoma 45,; estos aceites se colocan a manera de ejemplo, ya que en hoy en día se especifican de acuerdo a la clasificación ISO.

En la Tabla 19 se especifican los diferentes grados de viscosidad en el sistema ISO; los grados básicos de viscosidad están comprendidos entre el 2 y el 68, los siguientes grados ISO después del 68 se obtienen añadiendo uno ó dos ceros a partir del 10 hasta llegar al 1500. El límite mínimo y máximo de un grado ISO es el 10% de dicho grado.

Tabla 19. Clasificación ISO de los aceites industriales.

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

Fuente: Libro Pedro Albarracín Aguillón

Características del sistema ISO. Algunos aspectos importantes que es necesario tener en cuenta con la clasificación ISO son:

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

6.5. MANTENIMIENTO DEL FLUIDO HIDRAULICO

Los fluidos hidráulicos de cualquier clase no son baratos. Además, él cambiarlos y limpiar los sistemas que no han sido adecuadamente mantenidos, consume tiempo y dinero. Es pues, importante tener el adecuado cuidado con el fluido.

- **Almacenamiento y manejo**

Se indican a continuación algunas reglas para impedir la contaminación del fluido durante el almacenamiento y manejo.

1. Almacenar los tambores apoyándolos lateralmente. Si es posible, tenerlos en el interior o a cubierto.
2. Antes de abrir un tambor limpiar la parte superior y el tapón de forma que no pueda entrar suciedad.
3. Usar solamente mangueras y recipientes limpios para transferir el fluido del bidón al depósito hidráulico. Se recomienda un grupo de trasiego equipado con un filtro de 20 micras absolutas.

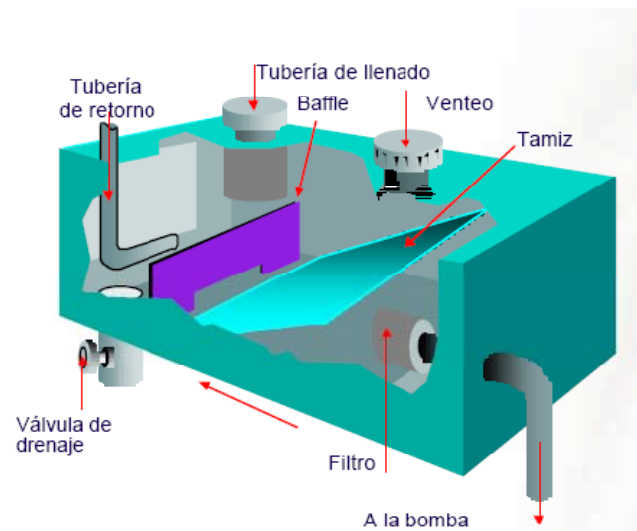
- **Cuidado durante el funcionamiento**

Los cuidados adecuados para un fluido hidráulico durante el funcionamiento incluyen:

1. Impedir la contaminación manteniendo el sistema estancado y utilizando filtros de aire y aceite adecuados.
2. Establecer intervalos de cambio de fluido adecuados para no dejar que éste se descomponga. En caso necesario, el proveedor puede analizar periódicamente muestras en el laboratorio para establecer la frecuencia de cambio.

3. Mantener el depósito adecuadamente lleno para aprovechar sus características de disipación de calor e impedir que la humedad se condense en las paredes interiores. Utilizar una tela de malla lo más fina posible en el tubo de llenado del depósito. Así el fluido se mantiene limpio y libre de humedad durará mucho más tiempo y se evitará dañar las piezas de precisión de los componentes hidráulicos.

Figura 33. Depósito de almacenamiento de lubricantes



Fuente. Shell lubricantes de Colombia.

5. Una buena filtración también separará las partículas de desgaste siempre presente en estos casos. Las partículas pequeñas de acero y bronce, actúan como catalizadores para oxidación reduciendo así la vida del aceite.

Filtros y coladores: Los fluidos hidráulicos se mantienen limpios en el sistema debido, principalmente, a elementos tales como filtros y coladores. En algunos casos se utilizan también filtros magnéticos para capturar las partículas de hierro o acero que lleva el fluido.

Estudios recientes han mostrado que incluso partículas tan pequeñas como 1.5 micras tienen efectos degradantes, originando fallos en los servosistemas y acelerando el desgaste del aceite en muchos casos.

- **Tamaño de las mallas y filtración nominal:** Una malla filtrante o un colador tienen un valor nominal que caracteriza su finura, definida por un número de mallas o su equivalente más próximo ASTM. Cuanto más elevado es el número de malla o ASTM, más fina es la malla. Los filtros, que pueden fabricarse con muchos materiales diferentes de la malla metálica, se caracterizan por su valor en micras. Una micra es una millonésima de metro. Como comparación, un grano de sal tiene un tamaño de aproximadamente 70 micras. La partícula más pequeña que puede distinguir la vista humana es de unas 40 micras.

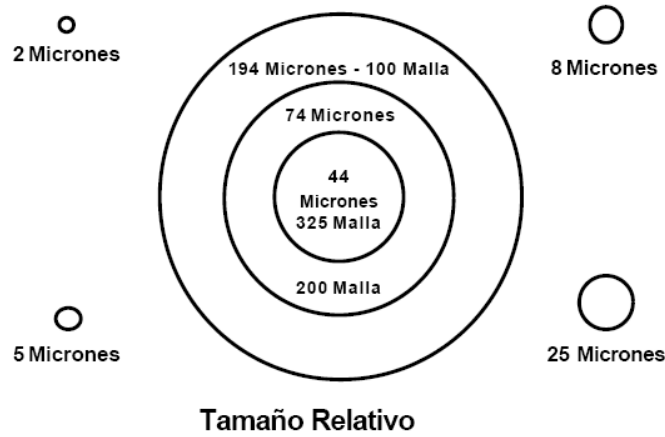
Filtración nominal y absoluta: Cuando se especifica un filtro de cierto número de micras se refiere generalmente al valor nominal del filtro. Un filtro cuyo valor nominal es de 10 micras, por ejemplo, capturará la mayoría de las partículas que tengan 10 micras o más. Sin embargo, su filtración absoluta será algo mayor, probablemente de unas 25 micras. La filtración absoluta es el tamaño de la mayor abertura o poro del filtro. El valor absoluto es un factor importante solamente cuando es necesario que ninguna partícula mayor a un tamaño determinado circule por el sistema.

Filtros de presión: Existen filtros diseñados para ser instalados en la línea de presión que pueden captar partículas mucho más pequeñas que los filtros de aspiración.

Un filtro de este tipo puede ser instalado en los sistemas cuyos elementos tales como válvulas, sean menos tolerantes a la suciedad que las bombas. De esta forma el filtro extrae la contaminación fina del fluido a medida que sale de la bomba. Naturalmente, estos filtros deben poder resistir la presión de trabajo del sistema.

Figura 34. Tamaño de relativo de las partículas en micrones amplificado 500 veces.

**Tamaño de relativo de las partículas en micrones
Amplificado 500 veces**



Limite inferior de visibilidad (con la vista)	_____	40 Micrones
Glóbulos de sangre blancos	_____	25 Micrones
Glóbulos rojos de sangre	_____	8 Micrones
Bacterias (COCCI)	_____	2 Micrones

Equivalentes lineales

1 Pulgada	25.4 Milímetros	25.400 Micrones
1 Milímetro	.0394 Pulgadas	1.000 Micrones
1 Micrón	25.400 de una pulgada	.001 Milímetros
1 Micrón	3.94×10^{-5}	.000039 Pulgadas

Tamaño de la malla

Mallas por pulgada lineal	U.S. Malla No.	Abertura en Pulgadas	Abertura en Micrones
52.36 _____	50 _____	.0117 _____	297
72.45 _____	70 _____	.0083 _____	210
101.01 _____	100 _____	.0059 _____	149
142.86 _____	140 _____	.0041 _____	105
200.00 _____	200 _____	.0029 _____	74
270.26 _____	270 _____	.0021 _____	53
323.00 _____	325 _____	.0017 _____	44
		.00039 _____	10
		.000019 _____	.5

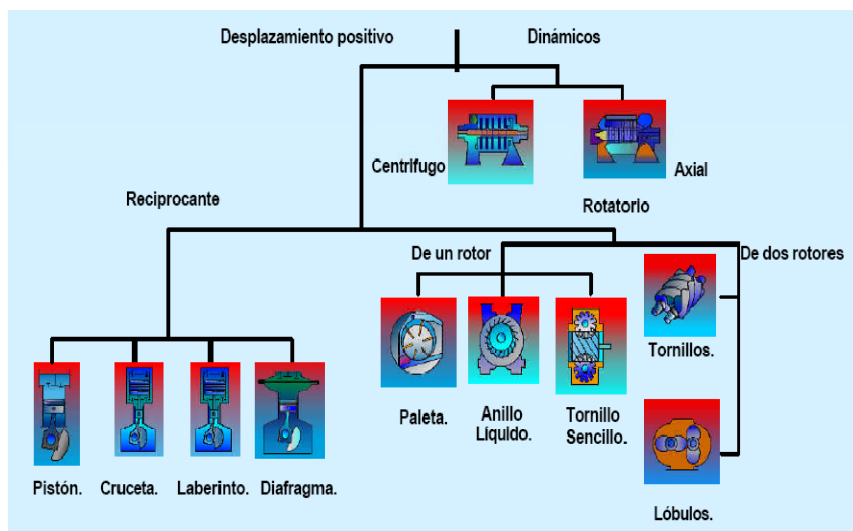
Fuente: Shell lubricantes

7. LUBRICACIÓN EN COMPRESORES

7.1. COMPRESORES

Un compresor es una máquina que admite un gas, lo comprime y lo descarga a una mayor presión. Los compresores tienen muchas aplicaciones industriales. Por ejemplo, son utilizados en sistemas de refrigeración, aires acondicionados, en la presurización de gases durante la fabricación de plásticos, polímeros y otros químicos. Pero el uso más importante de los compresores es el de la producción de aire comprimido, prácticamente toda planta moderna, sitio de construcción o taller está equipado con un suministro de aire comprimido. Esta fuente de energía instantánea, segura y flexible puede ser usada para operar todo tipo de herramientas neumáticas, suministrar refrigeración, operar maquinaria y controlar procesos de fabricación de diversos tipos.

Figura 35. Tipos de compresores.



Fuente: Shell de Colombia

7.2. CLASIFICACIÓN DE LOS COMPRESORES.

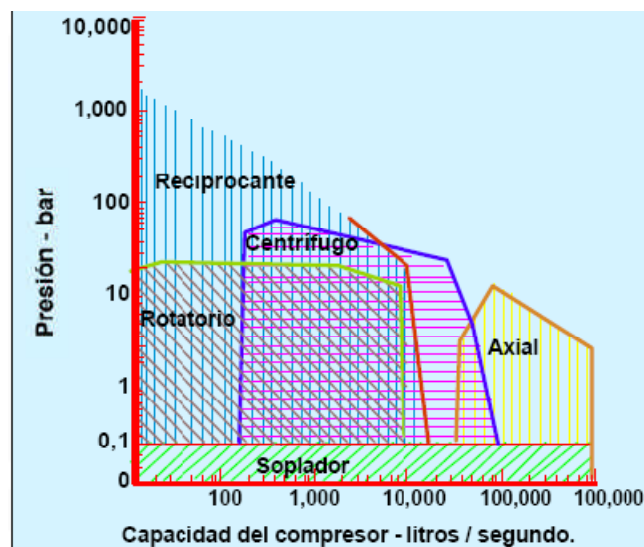
7.2.1. Compresores de desplazamiento positivo.

El aire o el gas de trabajo aumenta su presión mediante la reducción de volumen. Los tipos de desplazamiento positivo son de dos categorías básicas¹⁷:

- ✓ **Reciprocantes.**
- ✓ **Rotatorias.**

El compresor reciprocante tienen uno o más cilindros en los cuales hay un pistón o embolo de movimiento alternativo que desplaza un volumen positivo en cada carrera. Los rotatorios incluyen los tipos de lóbulos, espiral, aspas o paletas y anillo de líquido. Cada uno con una carcasa, o con más elementos rotatorios que se acoplan entre sí, como los lóbulos o las espirales, o desplazan un volumen fijo en cada rotación.

Figura 36. Rango de operación de distintos tipos de compresores.



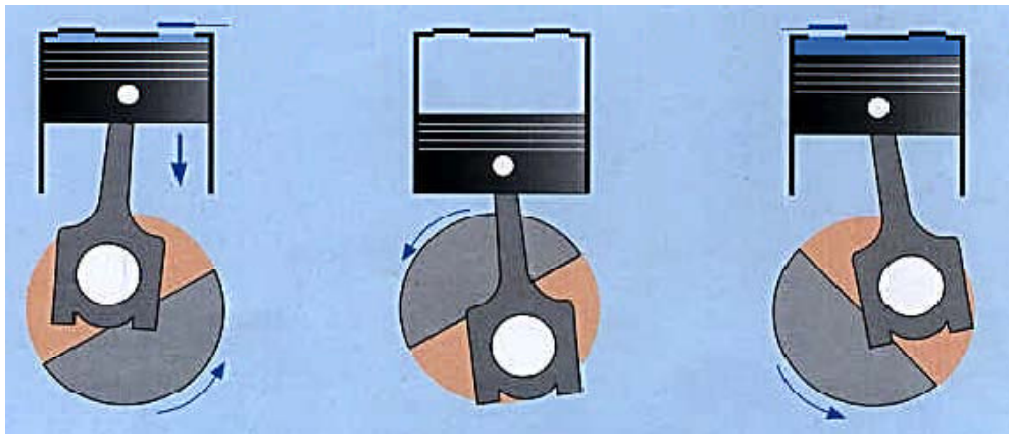
Fuente. Shell lubricantes.

¹⁷ Shell. Tutor de lubricación: Compresores, Modulo 8. p. 4-9.

7.2.1.1. Compresores de aire reciprocantes.

Es básicamente un tipo de bomba en donde el aire es comprimido por un pistón que se mueve dentro de un cilindro. El pistón es empujado, por una biela conectora y un cigüeñal movido por algún tipo de motor. El flujo de aire que entra y sale de la cámara es normalmente controlado por válvulas actuadoras que abren y cierran por diferencia de presión en ambos lados de ellas. Los compresores reciprocantes más sencillos son los de acción simple, son máquinas que tienen una sola cámara de compresión y pueden descargar hasta diez metros cúbicos (10 m³) de aire por minuto. (Un metro cúbico contiene 1000 litros o casi 220 galones).

Figura 27. Etapas de trabajo de un compresor reciprocante de acción simple.



*A medida que el pistón
desciende en el cilindro, el
aire es admitido en el cilindro
a través de la válvula de
entrada*

*Cuando el pistón se mueve
hacia arriba, la válvula de
entrada se cierra y al aire
es comprimido*

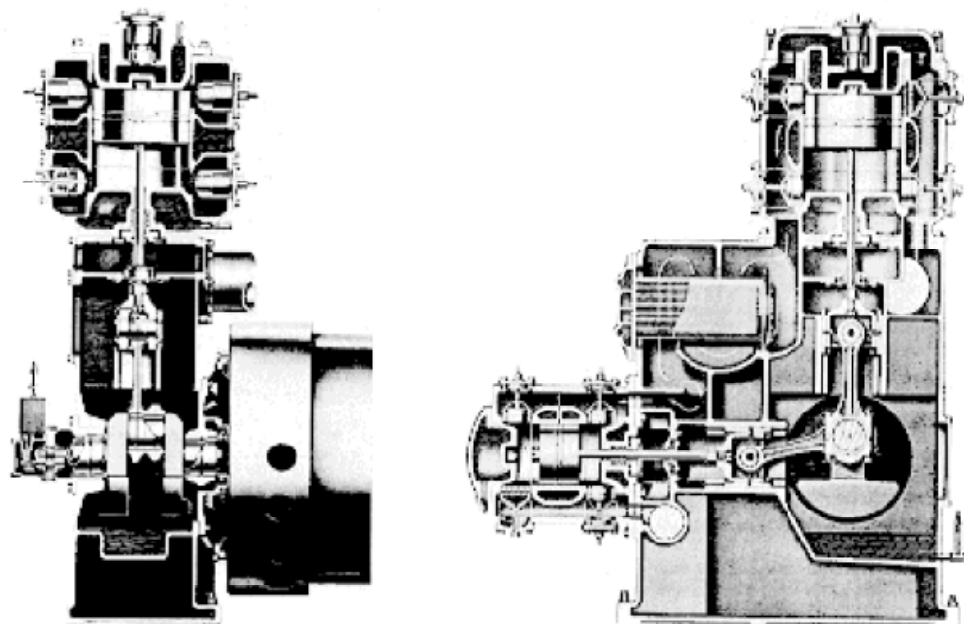
*Cuando el pistón llega a la
parte superior del cilindro la
válvula de salida se abre y
al aire comprimido es
descargado fuera del cilindro*

Fuente: Shell lubricantes de Colombia.

- **Compresores de una etapa y multietapa.** Las máquinas que comprimen todo el aire en una etapa, se denominan compresores de una etapa. El grado de compresión del aire, o sea la relación entre los volúmenes en el cilindro cuando el pistón está en la parte baja del recorrido y cuando está en la parte alta del recorrido, es conocida como relación de compresión.

Una relación de compresión próxima a 10:1, es la más alta que se puede alcanzar en una sola etapa. Este límite es una consecuencia del incremento en la temperatura que sufre un gas, cuando se comprime haciéndose necesario controlar la temperatura del cilindro. En la práctica, las máquinas de una etapa se usan para producir presiones hasta de 5 bares.

Figura 28. Compresor de acción doble.



Fuente: Terpel lubricantes de Colombia

Cuando se requieren mayores presiones, la compresión se lleva a cabo en dos o más etapas, enfriando el gas en cada una de ellas mediante un refrigerador

intermedio. La refrigeración puede ser con aire, pero en máquinas más grandes se hace usualmente con agua. La figura 38 muestra un compresor de doble acción, de dos etapas refrigerado con agua, el cual produce aire a una presión de 7 bares. Los compresores multietapas tienen varios cilindros y refrigeradores en un solo conjunto, un cilindro alimenta al siguiente. Estos se encuentran disponibles en una variedad de configuraciones, que incluyen arreglos verticales, horizontales, Tipo V y Tipo L (ver Figura 30).

Figura 29. Etapas de trabajo de un compresor recíprocante de acción doble.

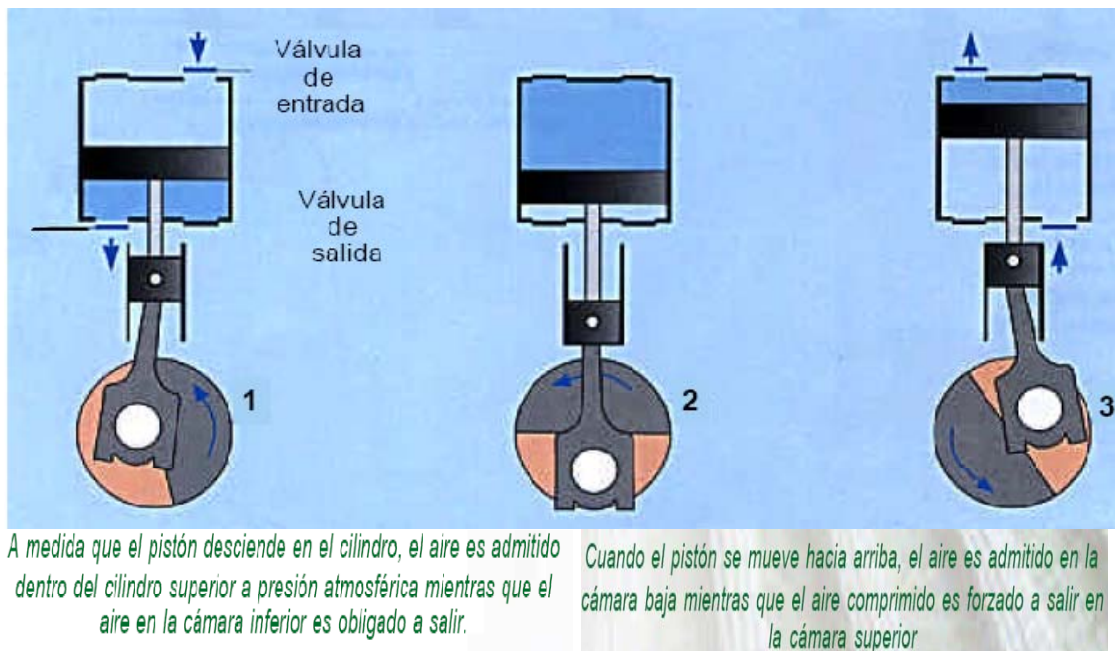
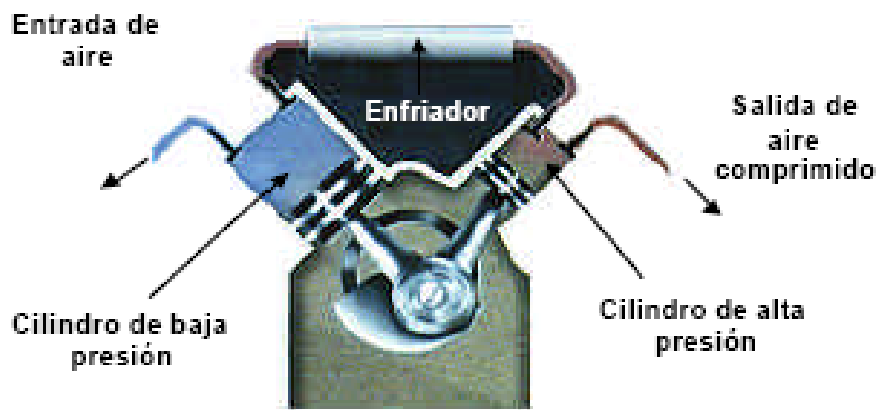


Figura 30. Compresor de dos etapas refrigerado por agua.



El aire a presión atmosférica es admitido a baja presión en el cilindro por la válvula de entrada, es comprimido a cerca de 2 bar y pasado al enfriador. La mayoría del calor generado durante la compresión es removido por el agua refrigerante. El aire fluye luego al cilindro de alta presión donde es comprimido a cerca de 7 bar antes de ser descargado a través de la válvula de descarga

7.2.1.2. Lubricación en un compresor recíprocante.

Los compresores están diseñados y construidos dentro de los más altos estándares de ingeniería debido a que generan fuerzas considerables y altas temperaturas. Su operación segura y confiable demanda que sean correctamente lubricados, su lubricación comprende tanto los cilindros como los cojinetes del cigüeñal, muchos compresores recíprocantes utilizan un sólo sistema para la lubricación de los dos conjuntos. En otros, los sistemas son separados y hasta pueden demandar aceites diferentes, por ejemplo en los compresores de gas natural se emplean lubricantes sintéticos por que el gas natural es soluble en aceite mineral, pero éste puede ser empleado para la lubricación del cigüeñal. El lubricante en los compresores recíprocantes cumple varias funciones:

Lubricación. La principal función del lubricante es reducir la fricción entre las partes móviles y cualquier tipo de desgaste. Tiene que lubricar tanto los pistones en sus cilindros y los cojinetes del cigüeñal que mueven los pistones.

Refrigeración. Los pistones y cilindros de un compresor recíprocante son normalmente enfriados con agua o aire. Sin embargo, el calor es retirado de las superficies de los cojinetes por el aceite lubricante.

Protección. El lubricante debe también prevenir la corrosión. Esto puede ser una tarea difícil ya que los compresores tienden a producir calor y condiciones de humedad que promueven la corrosión.

Sellado. En el interior de los cilindros de un compresor recíprocante se generan altas presiones. El lubricante debe producir una película suficientemente fuerte para evitar la fuga de aire entre los anillos del pistón y las paredes del cilindro.

7.2.1.3. Lubricación en componentes del compresor recíprocante.

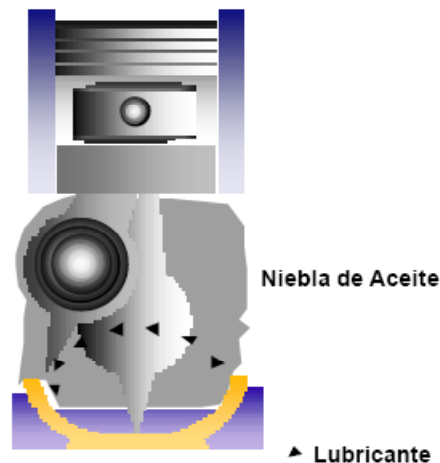
Lubricación de los cojinetes. Su lubricación cubre los cojinetes del cigüeñal, los de cabeza y pie de biela y otras partes que cigüeñal y se sumerge en el aceite. El aceite es llevado por el anillo al cigüeñal y luego alimentado a los cojinetes a través de los canales entre el cigüeñal y la biela. El método más eficiente para la lubricación de los cojinetes, especialmente de compresores grandes, es la lubricación por presión o forzada. Una bomba movida por el cigüeñal, envía aceite a los cojinetes a través de canales en el cigüeñal y la biela.

Para mantener el aceite libre de partículas contaminantes se utilizan filtros de aceite en el lado de la entrada a la bomba y algunas veces, también, a la salida. En todos estos métodos de lubricación, es obviamente importante mantener el nivel de aceite dentro de los límites especificados. Si el nivel es muy alto, el exceso de agitación del aceite (batido) puede conducir a elevadas temperaturas y espumación del aceite. Si el nivel es muy bajo, los cojinetes pueden fallar por falta de lubricante.

Lubricación del cilindro. Los cilindros de los compresores de acción simple, pueden ser lubricados por salpique, mediante aceite lanzado hacia las paredes del cilindro por el colector en la biela.

Los cilindros de compresores de acción doble son lubricados por presión mediante el suministro de aceite bombeado directamente a las paredes del cilindro. El aceite puede provenir del cárter o de un tanque separado no entran en contacto con el gas que se está comprimiendo. El aceite que lubrica los cojinetes de un compresor recíprocante se encuentra normalmente en el depósito del cárter en la base del compresor. Existen varios métodos para llevar el aceite del cárter a los sitios donde se requiere lubricar, su retorno se efectúa por gravedad. Los cojinetes de los compresores pequeños se lubrican normalmente por salpique, o niebla de aceite levantada por el cigüeñal cuando en su rotación se sumerge en él.

Figura 31. Lubricación por salpique.



Fuente: Shell de Colombia

En compresores más grandes se utiliza con frecuencia la lubricación con anillo. En este método un anillo de lubricación circula en una ranura del Gran parte del aceite usado para la lubricación del cilindro se pierde en el aire comprimido. Por lo tanto, es importante revisar regularmente el depósito de aceite y completar los niveles

requeridos. De lo contrario, la degradación del aceite llevará a un contacto metal-metal, recalentamiento y daño severo

Figura 32. Lubricación con anillo.



Fuente: Shell lubricantes

En la mayoría de compresores recíprocos se emplea el mismo aceite para lubricar los cojinetes y los cilindros. Como los factores que afectan la eficiencia de la lubricación del cilindro, son mucho más críticos que los que afectan a los cojinetes, son aquellos los que determinan la temperatura de operación y por lo tanto la viscosidad y el tipo de lubricante a utilizar. Un lubricante para cilindros realiza un trabajo particularmente difícil.

Tiene que lubricar, refrigerar, proteger y sellar en un ambiente hostil muy, caliente donde es extremadamente susceptible a la degradación por calor y oxidación. La situación frecuentemente se hace más crítica por la presencia de agua, la cual puede contaminar el aceite y promover la oxidación, la formación de lodos y la corrosión.

Por estas razones, los compresores reciprocantes deben ser siempre lubricados con aceites especiales, desarrollados para cumplir en estas condiciones particularmente difíciles.

7.2.1.4. Características importantes de los lubricantes usados en compresores reciprocantes.

Viscosidad. La selección correcta de la viscosidad del aceite es esencial. Por un lado el lubricante debe ser lo suficientemente viscoso, para prevenir el contacto metal-metal entre las paredes del cilindro y los anillos del pistón y también para proporcionar un sello efectivo que evite fugas del aire comprimido desde el cilindro a través de los anillos del pistón.

Por otro lado debe evitarse el uso de aceites muy viscosos por que pueden fallar en la protección de las superficies de trabajo debido a que no se distribuyen bien fácilmente. También tienden a incrementar el arrastre con la consecuente pérdida de potencia. Y además, un aceite de alta viscosidad tiene mayor susceptibilidad para atrapar partículas contaminantes del aire, los cuales se depositarán sobre las superficies de trabajo.

Los compresores de una y dos etapas, que operan a presiones moderadas, utilizan con frecuencia aceites de viscosidad ISO 68. Otros grados de viscosidad pueden ser empleados, dependiendo de las condiciones de operación y los requerimientos de la máquina.

Los compresores multietapas que descargan a altas presiones, pueden requerir un aceite de viscosidad relativamente alta en los cilindros, en este caso se debe utilizar un aceite diferente para los cojinetes.

Índice de viscosidad. Es importante recordar, que es la viscosidad del aceite a las temperaturas de operación lo que cuenta. Todo aceite experimenta una reducción en la viscosidad a medida que se calienta. Sin embargo, los diferentes aceites varían considerablemente en la proporción en que se adelgazan cuando la temperatura se incrementa. El aceite ideal para compresor tiene un alto índice de viscosidad, esto es, que su viscosidad presenta una menor variación con la temperatura, que un aceite con bajo índice de viscosidad. Ese aceite debe ser lo suficientemente viscoso a altas temperaturas para dar una lubricación y sellado satisfactorios pero no tan viscoso que a bajas temperaturas haga difícil el arranque.

Estabilidad térmica y a la oxidación. Es inevitable que ocurra algo de oxidación y de descomposición del aceite lubricante a las altas presiones y temperaturas generadas en un compresor recíprocante. Pero, es vital que ésta sea mantenida al mínimo. Por lo que se deben utilizar lubricantes con bases altamente refinadas y aditivos para incrementar la resistencia a la oxidación. Los aceites minerales sin aditivos se oxidan más fácilmente. La reacción es particularmente rápida en compresores debido a que finas películas de aceite sobre superficies calientes de metal están expuestas a corrientes de aire.

Las consecuencias pueden ser extremadamente serias. Las lacas y depósitos de carbón que resultan de la oxidación se acumulan alrededor de las partes más calientes del sistema, las válvulas de descarga y la tubería. Los depósitos sobre las válvulas interfieren con su operación y pueden causar fugas, desajustes y recalentamiento. Los depósitos en la tubería de descarga pueden restringir el flujo de aire y causar un incremento en la presión en los cilindros. La temperatura igualmente se incrementa, resultando en un círculo vicioso en donde hay más oxidación de aceite y por lo tanto mayor formación de depósitos. Eventualmente el sistema puede fallar y en el peor de los casos puede haber fuego o explosión. Los lubricantes empleados deben tener la capacidad de mantener los productos de

oxidación en solución o dispersión para minimizar la acumulación de depósitos sobre las superficies de trabajo.

Los compresores reciprocantes que operan a presiones y temperaturas moderadas, se lubrican con aceites minerales altamente refinados y con inhibidores de oxidación y corrosión. Pero, cuando descargan aire a altas temperaturas (más de 180 °C) y o altas presiones (más de 30 bares) los aceites minerales pueden descomponerse y causar una rápida formación de depósitos en válvulas y tuberías.

En estas condiciones se emplean los lubricantes sintéticos formulados con fluidos base tipo éster. Tales fluidos sintéticos son esenciales a altas temperaturas (más de 200°C) y altas presiones (más de 200 bares).

Propiedades anticorrosivas. Los compresores reciprocantes operan, normalmente, en condiciones que causan condensación de la humedad. Cuando el agua entra en contacto con una superficie metálica sin proteger, tiende a corroerla y puede ocasionar serios problemas. Las partículas de herrumbre pueden aumentar el desgaste sobre las superficies de los cilindros. También pueden entrar en la tubería de descarga y mezclarse con los depósitos derivados de la descomposición del aceite. Bajo ciertas circunstancias, el aire comprimido caliente puede provocar una reacción química de esta mezcla resultando en el desarrollo de un “punto caliente”. Si el calor no es disipado, los depósitos aumentarán de espesor y temperatura y pueden iniciar un fuego en la línea de aire. El aceite usado en compresores reciprocantes debe contener inhibidores de corrosión para proteger las superficies metálicas lubricadas del ataque químico.

Propiedades demulsificantes. En las condiciones calientes y húmedas generadas en los compresores de aire, el lubricante invariablemente llega a contaminarse con agua. Ésta tiene efectos nocivos, acelera la descomposición del aceite, hace la lubricación menos eficiente, promueve la corrosión y la herrumbre. Estos riesgos demandan del lubricante muy buenas propiedades demulsificantes para que el

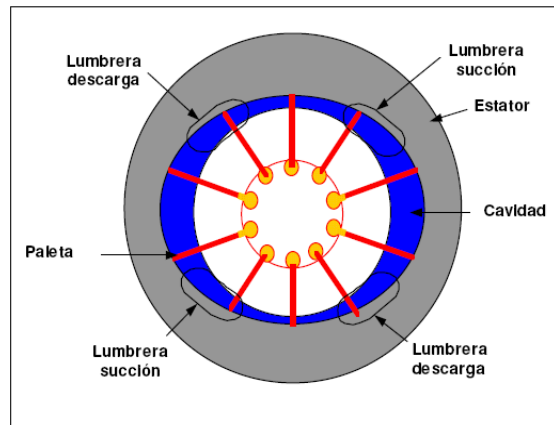
agua sea rápidamente separada y drenada del sistema, el aceite descontaminado puede ser recirculado.

7.2.2. Tipos de compresores de aire rotatorios.

Los compresores rotatorios son máquinas en las que el gas se comprime por la acción de uno o varios rotores. Hay diferentes tipos de compresores rotatorios, los más importantes son:

- ✓ El compresor rotatorio de paletas o de aleta corrediza.
- ✓ El compresor rotatorio de tornillo.

Figura 33. Compresor rotatorio de paletas.



Fuente: shell Colombia

Los dos tipos de máquinas operan bajo el mismo principio básico del compresor recíprocante un volumen de aire es atrapado y el espacio que ocupa es reducido de tal forma que el aire se comprime mecánicamente. Estas máquinas son conocidas también como compresores rotatorios de desplazamiento positivo.

7.2.2.1. Compresores rotatorios de paletas o de paletas deslizantes.

Estos compresores tienen un rotor el cual está montado excéntricamente en una cámara cilíndrica. El rotor posee una serie de ranuras, cada una de las cuales contiene una paleta que puede deslizarse hacia adentro o hacia afuera de las ranuras. Cuando el rotor gira, las paletas son empujadas hacia afuera de las ranuras por la acción de la fuerza centrífuga entrando sus bordes en contacto con las paredes del cilindro. Esto produce un número de compartimentos los cuales primero se contraen y después se expanden.

El aire, que se introduce a la cámara por el orificio de entrada donde el espacio entre las paletas adyacentes es más amplio, es atrapado entre dos aletas, que lo llevan por el cilindro. Al girar el rotor, se va reduciendo el espacio existente entre las aletas y por lo tanto el aire contenido en ese espacio se comprime. Esto continúa hasta que el aire llega al orificio de salida, donde los compartimentos alcanzan el mínimo tamaño.

Los compresores pequeños que operan a bajas velocidades y descargan aire a bajas presiones tienen casi siempre paletas de plástico o de materiales no metálicos.

Estas máquinas están usualmente enfriadas por aire; aletas sobre el cilindro de compresión ayudan a asegurar una refrigeración adecuada. En compresores más grandes girando a mayores velocidades, las paletas son generalmente de acero endurecido y su refrigeración se efectúa normalmente con agua que circula a través de una carcasa alrededor del cilindro. Con el objeto de reducir el desgaste entre las puntas de las paletas y las paredes del cilindro, se colocan anillos retenedores sobre las paletas.

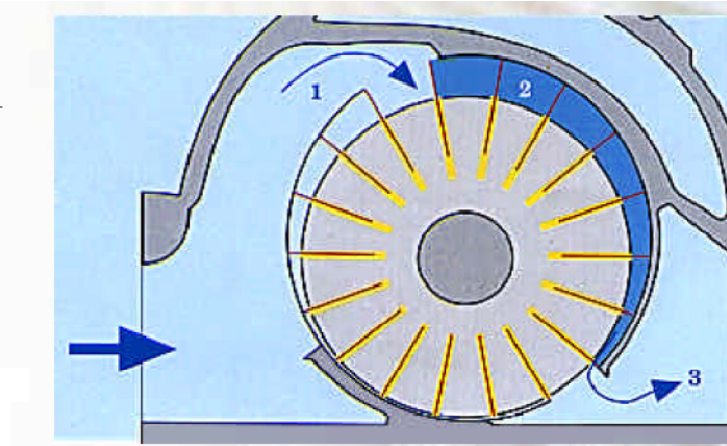
Los anillos van en ranuras en el cilindro y rotan con las paletas, manteniendo las puntas libres en la pared del cilindro.

Figura 34. Trabajo de un compresor rotatorio de paletas.

1. El aire es admitido, dentro de la cámara, a medida que el volumen entre el rotor y su carcasa aumenta.

2. El aire es atrapado entre las paletas y es girado en la cámara volviéndose cada vez más comprimido.

3. El aire comprimido es descargado del compresor cuando el volumen entre el rotor y la carcasa llega a su mínimo.



Fuente: Shell Colombia

Los compresores rotatorios de paletas son máquinas compactas y fáciles de transportar. Están disponibles con capacidades de salida que varían de 0.5 m³/min, el más pequeño, hasta 150 m³/min, suficiente para muchas aplicaciones industriales. Los compresores que operan en una etapa pueden producir presiones de hasta 7 bar. Compresores de dos etapas que incorporan enfriadores se usan para generar presiones de hasta 10 bar o más.

7.2.2.2. Lubricación de los compresores rotatorios de paletas.

En compresores rotatorios de paletas, éstas necesitan ser lubricadas en la parte en que deslizan (tanto hacia adentro como hacia afuera) en las ranuras en el rotor y donde rozan contra las paredes del cilindro o anillos retenedores. También se lubrican los compresores para sellar las tolerancias internas, enfriar el gas durante la compresión y proteger contra la corrosión. Se han diseñado varios sistemas para su lubricación. Uno de los métodos más comunes es la alimentación de aceite a través de los canales del rotor en la base de cada ranura. Las fuerzas centrífugas expelen el aceite hacia las paredes del cilindro. En otro diseño, utilizado

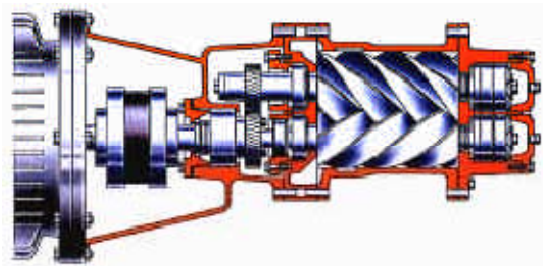
principalmente en máquinas más pequeñas, las paletas son lubricadas mediante una niebla de aceite creada por la inyección de lubricante en el aire de entrada.

Los rodamientos del rotor son lubricados a través de un sistema de alimentación de aceite separado que utiliza el mismo aceite. Cualquiera que sea el sistema de lubricación empleado, es necesario un separador de aceite para su remoción del aire comprimido y su retorno al sistema de circulación de aceite.

7.2.2.3. Compresores rotatorios de tornillo.

La mayoría de los compresores que se comercializan hoy en día son del tipo de tornillo rotatorio ver figura 45. Son preferidos en muchas aplicaciones industriales debido a que son muy poco ruidosos, más compactos, más fáciles de usar y más baratos de operar y mantener, a pesar de que son incapaces de producir las altas presiones que se obtienen en los compresores reciprocantes.

Figura 35. Compresor rotatorio de tornillo.



Fuente: Shell Colombia

Los compresores rotatorios de tornillo consisten básicamente en dos tornillos o rotores, un rotor macho, que tiene cuatro lóbulos de superficie convexa, y un rotor hembra que tiene seis lóbulos de superficie cóncava, que encajan entre sí uno de los cuales tiene una superficie convexa mientras que el otro tiene una superficie cóncava. Los tornillos rotan en el interior de una carcasa con orificios de entrada y

salida para el aire en los extremos opuestos. A medida que los tornillos rotan, el aire del orificio de entrada es atrapado entre los espacios de éstos conducido y comprimido contra una placa y finalmente descargado bajo presión por el orificio de salida. Como no hay válvulas ni fuerzas mecánicas desbalanceadas, los compresores de tornillo pueden trabajar a altas velocidades y producir volúmenes grandes en equipos relativamente pequeños. Un compresor rotatorio de tornillo de una etapa puede descargar aire a presiones de hasta 5 bares; las máquinas típicas de dos etapas producen presiones de hasta 15 bares.

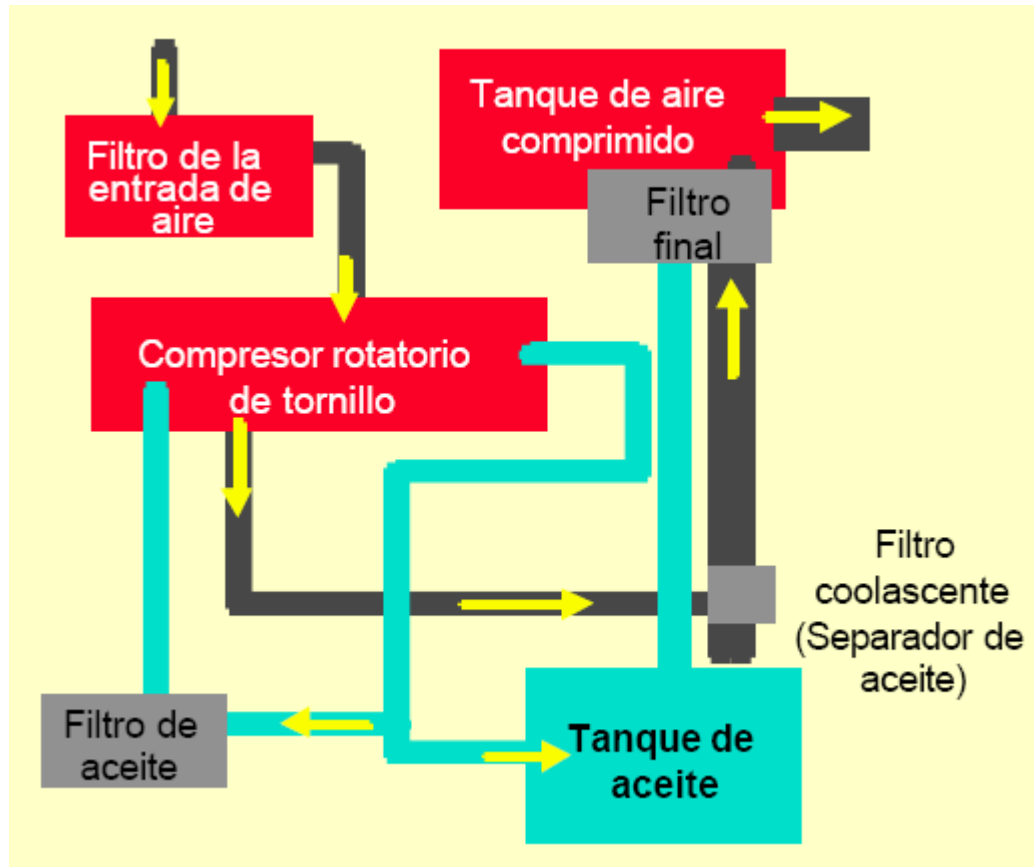
Equipos más modernos, que utilizan tecnología avanzada, pueden descargar a presiones mucho más elevadas. Las capacidades pueden oscilar desde 3 a 500 m³/min.

7.2.2.4. Lubricación de compresores rotatorios de tornillo.

La mayoría de los compresores rotatorios de tornillo son del tipo de inyección de aceite en el que el aceite es inyectado a la cámara de compresión a través de un canal central.

El aceite se mezcla con el aire y evita el contacto de los rotores y sella cualquier espacio entre ellos. También actúa como un refrigerante efectivo. El mismo aceite es bombeado a los rodamientos del rotor para lubricarlos. El sistema de lubricación de un compresor típico de tornillo se ilustra en la Figura 36, el aire comprimido producido por los compresores con aceite inyectado lleva una cantidad significativa de aceite con él. Este aceite no puede salir de la máquina por razones ambientales y económicas, por lo que el separador de aceite (coolascer) se convierte en una característica importante del sistema de lubricación para remover la mayor parte del aceite del aire comprimido y devolverlo al sistema de circulación. Un filtro terminal a la entrada del depósito de aire comprimido remueve cualquier traza de aceite que no haya sido extraído por el separador.

Figura 36. Sistema de lubricación de un compresor típico de tornillo



Fuente: Shell Colombia

7.2.2.5. Lubricantes para compresores rotatorios de paletas y de tornillo.

Igual como ocurre con los compresores de aire recíprocos, los aceites usados en los compresores de aire rotatorios, deben lubricar, refrigerar, proteger y sellar.

Para la lubricación de los compresores rotatorios se recomiendan generalmente aceites con grados de viscosidad ISO entre 32 y 100 y con un alto índice de viscosidad. Los compresores rotatorios de paletas, normalmente requieren de

aceites con viscosidades altas dentro de este rango con el fin de mantener una película adecuada y sellos entre las puntas de las paletas y las paredes del cilindro.

El principal requerimiento de los aceites empleados en ambos tipos de compresores, es la capacidad para resistir la oxidación bajo las severas condiciones de operación generadas. Esto es especialmente importante para compresores del tipo de inyección de aceite donde éste está íntimamente mezclado con aire comprimido caliente.

Las lacas y lodos que resultan de la oxidación del aceite pueden bloquear los filtros e interferir con la eficiencia de operación de las máquinas de diferentes maneras. Por ejemplo, en compresores rotatorios de paletas, los depósitos pueden ocasionar que las paletas se peguen en sus ranuras. Esto no sólo produce una compresión errática, sino que también conlleva al rozamiento y al desgaste. La fricción extra genera mayores temperaturas, promueve más oxidación y conduce a la formación de mayores depósitos. Los aceites minerales altamente refinados, reforzados con aditivos antioxidantes e inhibidores de corrosión, normalmente están en condiciones de dar un servicio satisfactorio, pero en máquinas donde se opera a altas presiones y temperaturas se prefieren aceites sintéticos.

7.2.3. Compresores dinámicos.

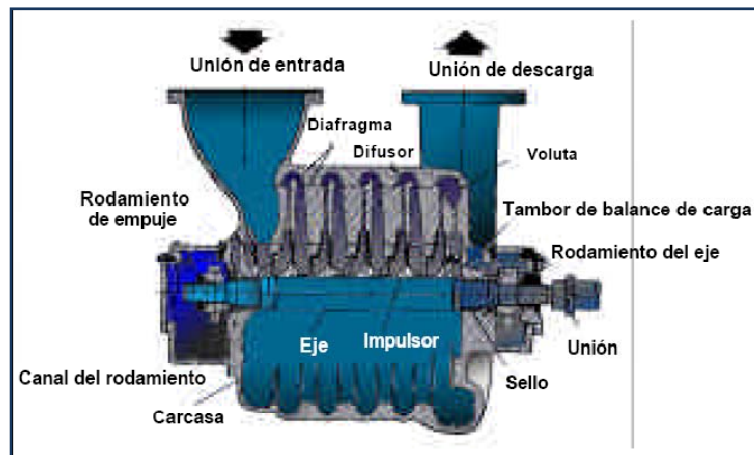
Los compresores dinámicos se designan también como compresores aerodinámicos o turbocompresores. Tienen paletas o impulsores que giran muy rápidamente para aumentar la velocidad y presión del aire. Los compresores dinámicos, se clasifican en dos tipos según la dirección del flujo del aire a lo largo de los rotores:

- ✓ Compresores de flujo radial
- ✓ Compresores de flujo axial.

7.2.3.1. Compresor de flujo radial o Compresor Centrífugo.

El rotor del compresor de flujo radial tiene paletas fijas y gira en una caja de diseño especial. El aire entra en un extremo, aumenta de velocidad y es expelido. Del rotor el aire pasa al difusor, cuando el aire entra en el difusor, disminuye su velocidad y aumenta su presión luego pasa a la caja. Los compresores de flujo radial pueden entregar aire a alta o baja presión, según la forma del rotor y el difusor. El aire puede entrar de un solo lado del rotor y el compresor se denomina entonces de flujo simple. O puede entrar de ambos lados del rotor al mismo tiempo, y se habla entonces de un compresor de doble flujo. Los compresores de flujo radial pueden ser de una o de varias etapas o pasos.

Figura 37. Compresor centrífugo de 5 etapas.



Fuente: Shell Colombia

7.2.3.2. Compresor de flujo Axial.

El compresor de flujo axial es similar, en principio, al compresor de flujo radial, con la excepción de que el aire fluye de manera distinta a lo largo del rotor: Se mueve paralelamente al eje del rotor, de aquí el nombre de compresor de flujo axial. En este tipo de compresor, la caja de la cámara de compresión es amplia en el extremo de la entrada del aire y estrecha en el de la salida. La caja lleva montadas series de

hileras de paletas curvas fijas que alternan con paletas curvas móviles montadas en el rotor giratorio. En la parte estrecha, las paletas son más cortas y el espacio entre ellas es más pequeño. La curvatura de las paletas fijas es opuesta a la de las paletas móviles.

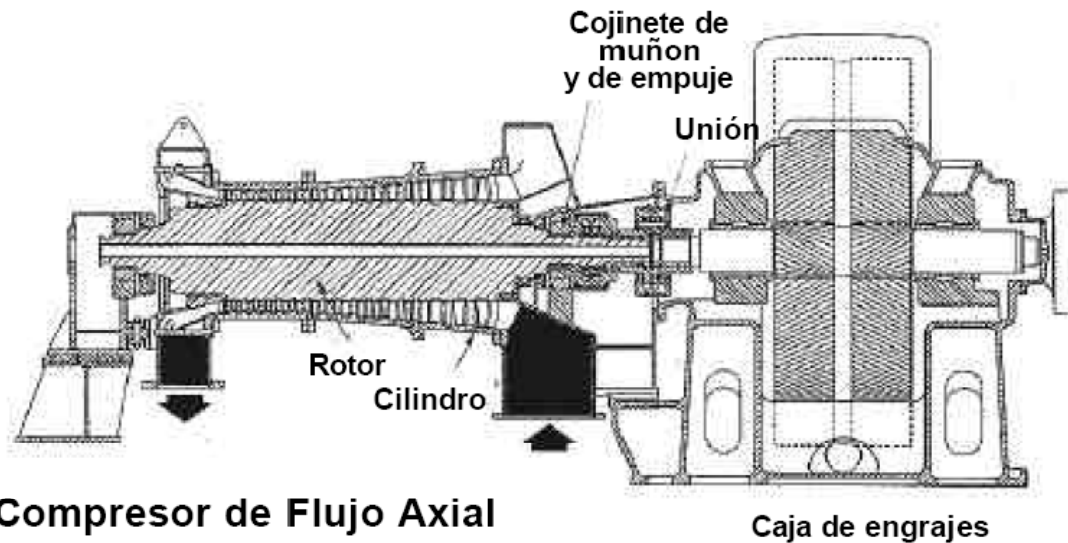
El aire entra por el extremo amplio hacia el primer grupo de paletas móviles. La forma de éstas es tal que aumentan considerablemente la velocidad del aire antes de hacerlo pasar por el grupo de paletas fijas que sigue.

Al pasar por las paletas fijas, el aire reduce su velocidad debido a la forma curva de las paletas y aumenta su presión. El proceso de aumentar y disminuir la velocidad del aire alternadamente y de aumentar cada vez más su presión continúa en toda la longitud del rotor en etapas, debido a la forma de las paletas. El aire comprimido es expelido por la parte estrecha.

El compresor de flujo axial es mucho más pequeño que el de flujo radial y puede procesar grandes volúmenes de aire con gran eficacia, ya que una sola unidad es de por sí de varios pasos. Los sistemas de lubricación de los compresores de flujo radial y de flujo axial, son similares y pueden estudiarse juntos.

El rotor y el difusor no se tocan en el compresor de flujo radial; las paletas fijas y las paletas móviles no se tocan en el compresor de flujo axial, por lo tanto no se necesita lubricación interna de ninguno de estos compresores. Los cojinetes y engranajes se lubrican por diversos métodos según el tamaño de la máquina. Las grandes máquinas tienen sus cojinetes y engranajes lubricados por un sistema de circulación de aceite. Las máquinas pequeñas pueden usar grasa, un baño de aceite o anillos de engrase para lubricar los cojinetes.

Figura 48. Partes de un compresor de flujo axial.



Fuente: Terpel lubricantes.

7.2.4 Clasificación de los lubricantes para compresores de aire.

Los estándares ISO han sido desarrollados para la clasificación de los lubricantes para compresores de aire teniendo en cuenta las temperaturas y presiones a las cuales operan, (Ver

Tabla 20 y Tabla 21).

Tabla 20. Clasificación ISO de lubricantes para compresores de aire reciprocantes.

TRABAJO	SIMBOLO		CONDICIONES DE OPERACION
LIVIANO	DAA	INTERMITENTE	Suficiente tiempo para permitir el enfriado entre periodos de operación
		CONTINUO	<p>A) Presión de descarga < 10 bar. Temperatura de descarga < 160 °C. Relación entre etapas < 3 : 1</p> <p>o</p> <p>B) Presión de descarga > 10 bar. Temperatura de descarga < 140 °C. Relación de compresión de etapa < 3 : 1</p>
MEDIO	DAB	INTERMITENTE	Suficiente tiempo para permitir el enfriado entre periodos de operación
		CONTINUO	<p>A) Presión de descarga < 10 bar. Temperatura de descarga > 160 °C.</p> <p>o</p> <p>B) Presión de descarga > 10 bar. Temperatura de descarga > 140 °C. pero < 160 °C.</p> <p>o</p> <p>C) Relación de compresión de etapa < 3 : 1</p>
PESADO	DAC	INTERMITENTE O CONTINUO	Cuando se es "Medio" para las condiciones A), B), o C) y cuando se espera formación severa de carbonos en el sistema de descarga como resultado de experiencias anteriores con aceites de trabajo medio.

Tabla 21. Clasificación ISO de lubricantes para compresores rotatorios

TRABAJO	SIMBOLO	CONDICIONES DE OPERACION
LIVIANO	DAG	Temperaturas de descarga de aire y aire / aceite < 90 °C. Presión descarga < 8 bar.
MEDIO	DAH	Temperatura de descarga de aire y aire / aceite < 100 °C. Presión de descarga = 8 a 15 bar.

		<input type="radio"/> Temperatura de descarga de aire y aire / aceite 100 a 110 °C. Presión de descarga < 8 Bar
PESADO	DAJ	<input type="radio"/> Temperatura de descarga de aire y aire / aceite > 100 °C. Presión de descarga < 8 bar. <input type="radio"/> Temperatura de descarga de aire y aire / aceite > 100 °C. Presión de descarga = 8 a 15 bar. <input type="radio"/> Presión de descarga > 15 bar.

7.3. COMPRESORES DE REFRIGERACIÓN.

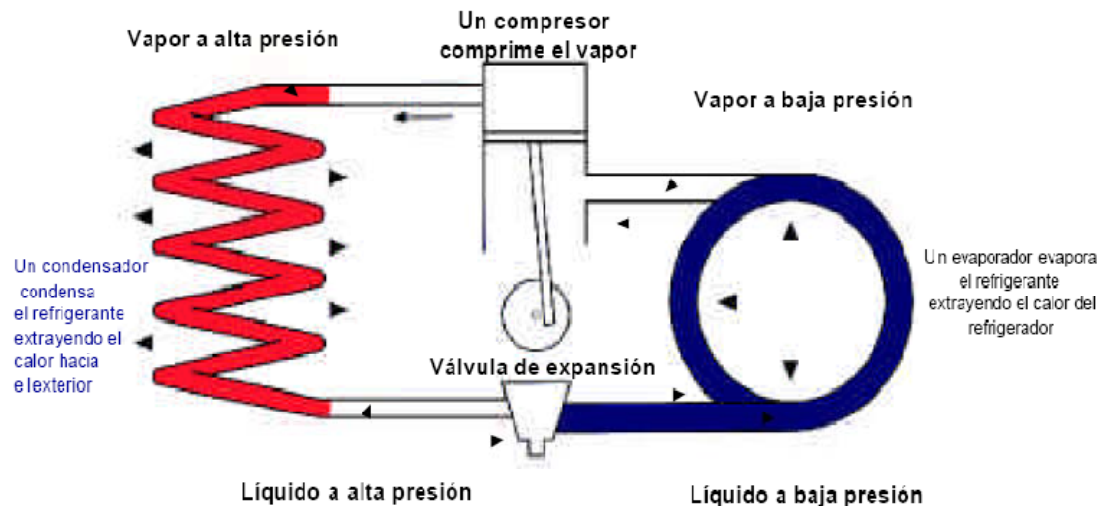
El ciclo de refrigeración más comúnmente usado es el vapor-compresión. En los sistemas que operan con el ciclo mencionado, un líquido de bajo punto de ebullición el refrigerante circula a través de un sistema que contiene:

1. Un compresor, que comprime el gas entrante de una baja presión a una alta presión, elevando su temperatura.
2. Un condensador, donde el gas de alta temperatura y presión es enfriado y convertido en un líquido con alta presión.
3. Una válvula de expansión, a través de la cual el líquido refrigerante pasa y se reduce su presión de tal forma que se reduce su punto de ebullición.
4. Un evaporador, donde el refrigerante ebulle volviéndose gas nuevamente. Mientras se está evaporando, el refrigerante retira calor del área que lo rodea (enfriándola). Después el refrigerante pasa al compresor para que el ciclo comience nuevamente.

Todos los refrigerantes por lo tanto son líquidos de bajo punto de ebullición. Ellos se identifican por un número estándar de un sistema que desarrolló la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Una

gran variedad de refrigerantes se utilizan como son: Amoníaco (R717), dióxido de carbón (R744), cloruro de metilo (R40), diclorodifluorometano (R12 ó Freón 12), monoclorodifluorometano (R22), triclorotrifluoroetano (R113), y muchos otros hidrocarburos halogenados.

Figura 38. Ciclo de refrigeración compresión de vapor.



Fuente: Shell de Colombia

La selección del tipo de refrigerante depende de numerosos factores que incluyen:

- ✓ La temperatura de enfriamiento requerida.
- ✓ La cantidad de calor que debe ser retirada.
- ✓ El tipo de compresor usado.
- ✓ Factores de operación, tal como las presiones del gas en diferentes partes del sistema, para lograr una operación eficiente.
- ✓ Factores de salud y seguridad, como son inflamabilidad, toxicidad e impacto ambiental.

Para escoger el fluido que opere en un ciclo de refrigeración, un importante factor es su comportamiento a bajas temperaturas. El agua, por ejemplo, no puede utilizarse a temperaturas por debajo de 0°C y aún a temperaturas moderadamente

bajas, se hace necesario el uso de vacío en la sección del evaporador. El amoníaco se usa ampliamente como refrigerante a temperaturas muy bajas, pero para aplicaciones en aire acondicionado no se emplea normalmente, en prevención de fugas que puedan ocurrir en las tuberías o el evaporador dada su naturaleza tóxica. Los hidrocarburos fluorados (Freones) son los más utilizados en el acondicionamiento de aire, por su bajo costo, además de ser afines con los aceites minerales. Tanto para el amoníaco, como para los freones en general, no es necesario mantener presiones de vacío.

El tipo de refrigerante afecta también la selección del lubricante para el sistema. La mayoría de los refrigerantes más comúnmente utilizados, incluido el R12, son hidrocarburos fluoroclorados (CFCs) los cuales son relativamente inactivos, pero se acumulan en la atmósfera donde reaccionan y atacan la capa de ozono destruyéndola, y además con otros gases (como dióxido de carbono, metano, y vapor de agua) atrapan el calor generado desde la tierra contribuyendo al "efecto invernadero".

Dado lo anterior, el uso de refrigerantes no convencionales debe incrementarse. Una de las alternativas es el R134a, un Fluorocarbono hidrogenado, con nulo potencial de atacar la capa de Ozono ya que se descompone en la atmósfera y no desplaza ni destruye el Ozono

El R134a es incompatible con todos los aceites minerales para refrigeración utilizados actualmente, y con la mayoría de los sintéticos. Este aspecto es muy importante para tener en cuenta en las recomendaciones de lubricación.

7.3.1. Lubricación de los compresores de refrigeración.

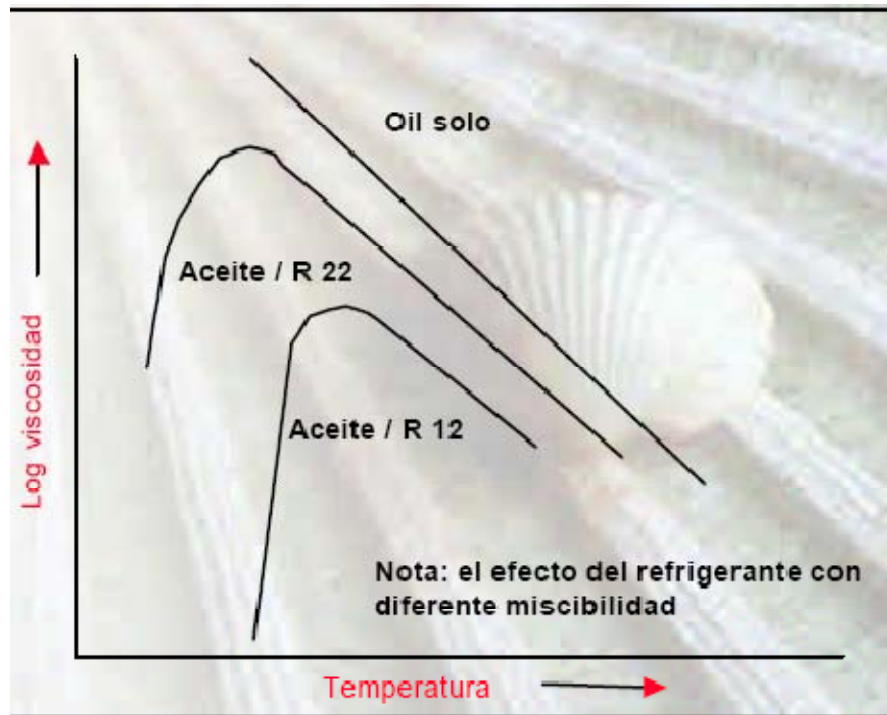
La lubricación de los compresores en los sistemas de refrigeración es más exigente que la de los compresores utilizados para aire o gas en otras aplicaciones, por el cercano contacto entre el refrigerante y el lubricante. Las funciones que debe cumplir un aceite para refrigeración son:

Lubricar el compresor para minimizar la fricción y el desgaste, sellar el gas comprimido entre el lado de alta y de baja presión, enfriar los cojinetes del compresor, reducir los ruidos generados por el movimiento del compresor y aislante eléctrico del motor en compresores herméticamente sellados. Las propiedades más importantes que deben considerarse en la selección del lubricante para estos compresores son: Viscosidad, miscibilidad, propiedades de baja temperatura, estabilidad térmica, estabilidad química y compatibilidad.

Viscosidad. El lubricante debe ser suficientemente viscoso para lubricar el compresor adecuadamente y proveer el sello efectivo donde es requerido. Es importante considerar que muchos de los gases comúnmente utilizados son extremadamente solubles en el aceite y pueden causar un decrecimiento pronunciado en la viscosidad. La solubilidad del refrigerante gaseoso en el lubricante es importante porque el gas disuelto reduce la viscosidad del aceite.

Al disminuir la temperatura, la viscosidad de un aceite mineral puro se incrementa. Sin embargo, en presencia de gas refrigerante que se disuelve en el aceite, la viscosidad del aceite se incrementa y después decrece muy rápidamente cuando la temperatura baja (ver figura 50). La pendiente de la curva viscosidad temperatura depende de la solubilidad del gas en el aceite, que a su vez depende, entre otras cosas, de la presión. Cuando el refrigerante es soluble en el lubricante, puede ser necesario usar un grado más viscoso de aceite.

Figura 39. Viscosidad del lubricante en presencia de refrigerante

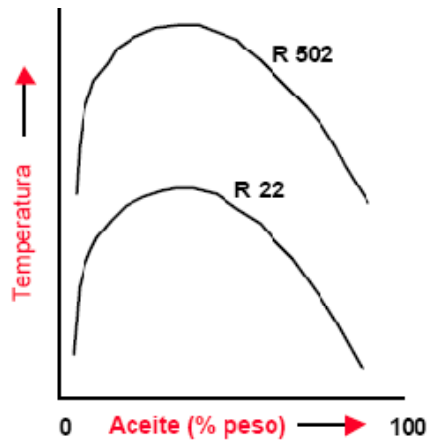


Fuente: Shell Colombia

Miscibilidad. La miscibilidad del refrigerante líquido en el lubricante es importante porque inevitablemente algo de aceite se introduce en el circuito, con el refrigerante que descarga del compresor. Si el lubricante y el refrigerante son inmiscibles y no se hace disposición para remover el lubricante, puede causar problemas bloqueando el sistema y en algunos casos dejando sin aceite el compresor, si no se ha diseñado el sistema con separadores de aceite.

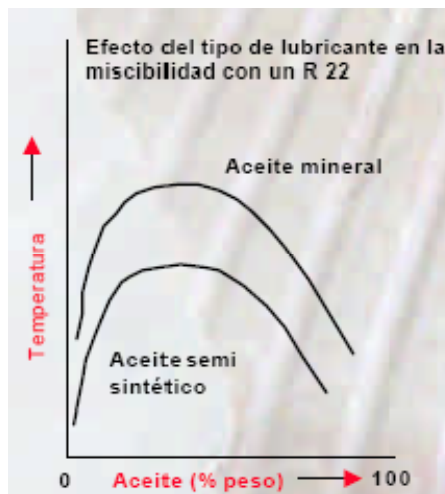
La miscibilidad de un aceite y un refrigerante depende de las proporciones presentes de cada uno y de la temperatura. (Ver figura 51).

Figura 40. Efecto del refrigerante en la miscibilidad con un aceite mineral.



Fuente: Oxxe lubricantes

Figura 41. Efecto del tipo de lubricación en la miscibilidad con un R 22.



Las áreas bajo las curvas representan condiciones en las que el aceite especificado y el refrigerante no son completamente miscibles

Fuente: Oxxe lubricantes

En los sistemas que no contienen separadores de aceite, una parte del aceite circula constantemente con el refrigerante, por lo tanto este aceite no debe contener

aditivos insolubles (generalmente no contienen aditivos de ninguna clase), y no debe formar cristales de cera o parafinas, o insolubles por la degradación del aceite.

7.3.2. Propiedades de baja temperatura.

La parte más fría del sistema de refrigeración, es la válvula de expansión o evaporador, la temperatura alcanzada aquí es crítica. Parte del aceite inevitablemente llega a este sitio. Por esto es fundamental que el aceite no se solidifique ni forme depósitos de cera en el evaporador, los cuales causan obstrucción, reducen la eficiencia de la transferencia de calor e impiden el retorno del lubricante al compresor, el cual puede llegar a quedarse sin aceite. Igualmente es muy importante el comportamiento de la mezcla refrigerante lubricante a las temperaturas que se alcanzan en ese punto, la cual se debe comparar con el punto de fluidez del lubricante seleccionado. Algunas de las medidas de las características de desempeño a baja temperatura de un aceite de refrigeración incluyen: punto de fluidez, punto de floculación y contenido de humedad.

El punto de fluidez. Es más importante para la selección de aceites con amoníaco y otros refrigerantes que son inmiscibles con el aceite.

El punto de floculación. Es una medida de la tendencia de un lubricante a formar un material ceroso floculante en presencia de refrigerante, cuando es enfriado a temperaturas bajas. Es más significativo para seleccionar aceites que van a trabajar con refrigerantes en los cuales son miscibles.

Contenido de humedad. Los sistemas de refrigeración deben estar libres de humedad. La presencia de agua en el lubricante puede llevar a la obstrucción del circuito de refrigeración por la formación de cristales de hielo, y en unidades herméticamente selladas al deterioro del aislamiento eléctrico.

Estabilidad Química. El aceite no debe reaccionar con el refrigerante, ni actuar como un medio para reacciones entre el refrigerante y otros componentes del sistema. En presencia de pequeñas cantidades de aire, humedad y otras impurezas, los aceites inapropiados pueden reaccionar con los refrigerantes para formar lacas y lodos.

Un problema particular que se presenta en sistemas que utilizan amoníaco como refrigerante, es que durante el cambio de aceite, agua y aire pueden accidentalmente entrar al sistema. El aceite puede oxidarse y formar productos que por reacción con el amoníaco forman lodos. Es por lo tanto muy importante que el sistema se mantenga seco cuando se realizan cambios de aceite.

Estabilidad Térmica. El aceite de refrigeración debe ser térmicamente estable. Aunque las temperaturas en los compresores de refrigeración no son tan altas como en los compresores de aire, puede ser suficiente para descomponer aceites inapropiados con la formación de coque como depósitos en las válvulas y en la cámara de compresión.

Compatibilidad. El aceite también debe ser compatible con los materiales usados en el sistema de refrigeración, incluyendo aislamiento eléctrico, recubrimientos, elastómeros y polímeros. La mayoría de los compresores de refrigeración son lubricados con aceites de base nafténica. Estos aceites tienen por naturaleza puntos de fluidez bajos y son relativamente libres de ceras que pueden congelarse y causar problemas. Los aceites parafínicos normales, son generalmente inapropiados para aplicaciones en compresores de refrigeración, pero excepcionalmente se pueden utilizar aceites intensamente desparafinados.

Los aceites de refrigeración son normalmente libres de aditivos, pero algunos contienen aditivos antidesgaste y antioxidantes. Sin embargo se requieren aceites

bases especiales para su formulación. Para refrigeración a muy bajas temperaturas (-70°C a -100°C) se deben considerar factores adicionales.

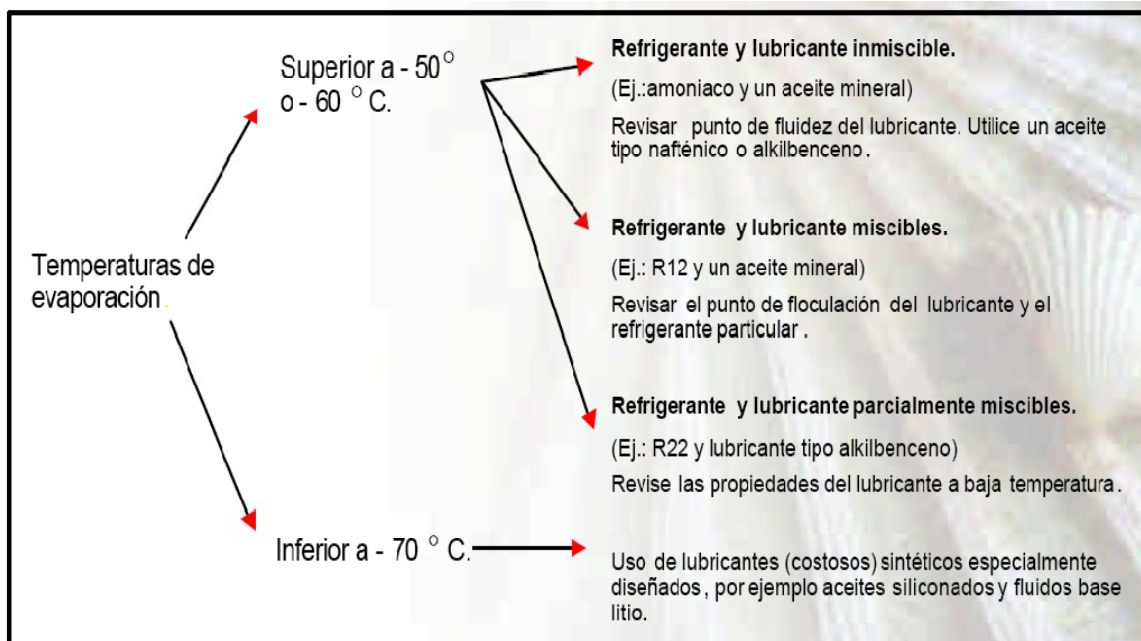
(Ver Figura 42.)

7.3.3. Selección del lubricante para muy bajas temperaturas.

La temperatura más baja a la cual un aceite para refrigeración puede ser usado, y está determinada por:

La naturaleza del lubricante. El punto de fluidez y las propiedades de flujo del lubricante deben ser tales que aseguren que puede continuamente fluir y lubricar eficientemente a la más baja temperatura que encuentre.

Figura 42. Guía de selección de lubricantes a bajas temperaturas



Fuente: Oxxe lubricantes de Colombia.

El sistema de refrigeración. En sistemas de refrigeración industrial, se debe adecuar un eficiente separador de aceite, para que solamente pequeñas cantidades de éste entren al sistema, las cuales no causarán problemas.

En otros sistemas los separadores de aceite no son usados y cantidades sustanciales de aceite llegarán al sistema de refrigeración; es importante que el aceite no se solidifique y bloquee el evaporador.

La miscibilidad del lubricante y el refrigerante. Si el lubricante y el refrigerante son completamente inmiscibles, las propiedades de fluidez del aceite sólo, son el factor limitante. Si el aceite y el refrigerante son completamente miscibles, el punto de floculación de la mezcla determina el límite de la temperatura más baja. Cuando la miscibilidad es limitada, el punto de floculación de la fase refrigerante en aceite es el factor límite.

7.3.4. Aceites para compresores de gas.

Los compresores de gases inertes normalmente se lubrican con los mismos aceites utilizados en los compresores de aire, en este contexto los gases inertes son aquellos que no reaccionan con el aceite lubricante y no condensan en el compresor a la presión de trabajo. Ejemplos de estos son:

Nitrógeno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, helio, hidrógeno, neón y gases de alto horno (una mezcla de nitrógeno, monóxido y dióxido de carbono). Aceites minerales convencionales no pueden ser usados en compresores de gases inertes empleados en procesos de trabajo donde no se pueden tolerar trazas de aceite en el gas de proceso.

Compresores de gases de hidrocarburos. Los compresores reciprocantes son ampliamente utilizados para comprimir gases de hidrocarburo, tanto en procesos químicos e industriales, como para la reinyección en los campos petroleros.

8. MECANIZADO DE METALES

Cuando se mecanizan metales se genera calor tanto en el corte como en la fricción de la viruta a lo largo de la herramienta de corte. La temperatura alcanzada depende del balance entre la generación de calor y su disipación o evacuación.

Con los fluidos de corte se disminuye el coeficiente de fricción, se alarga la vida útil de la herramienta, se mejora el acabado superficial, se incrementa la producción y se reducen los costos.

Los dos principales problemas que se presentan en el mecanizado de metales son el calor y el rozamiento; ambos generados durante la operación.

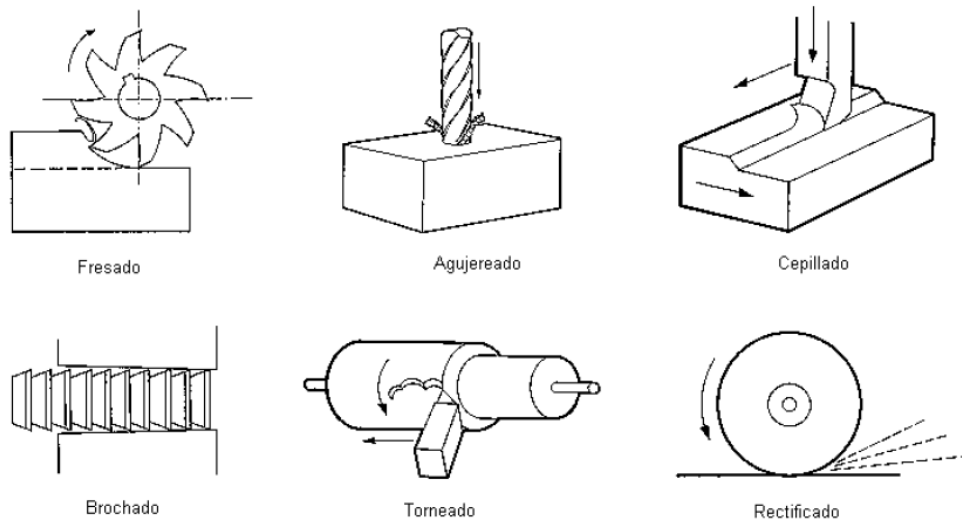
El calor generado puede provenir de las siguientes causas:

- a. De la energía procedente de la deformación plástica.
- b. Del rozamiento de la viruta arrancada a la pieza, cuando aquella se desliza por la cara frontal de la herramienta.
- c. Del rozamiento de la herramienta contra la pieza metálica que se mecaniza.

De estas tres causales de generación de calor durante el mecanizado, la primera es la que más incidencia tiene, calculándose en las dos terceras partes del calor total.

- **Herramientas de Corte.** La herramienta de corte es muy importante en un trabajo de mecanizado, puesto que si no da el rendimiento adecuado por falta de una buena lubricación y refrigeración, puede ocasionar pérdidas elevadas no sólo por el valor de la herramienta que se pueda dañar y que a veces es muy costosa como en el caso del brochado (ver figura 54), sino que hay que agregar el valor de las piezas defectuosas.

Figura 43. Mecanizado de piezas.



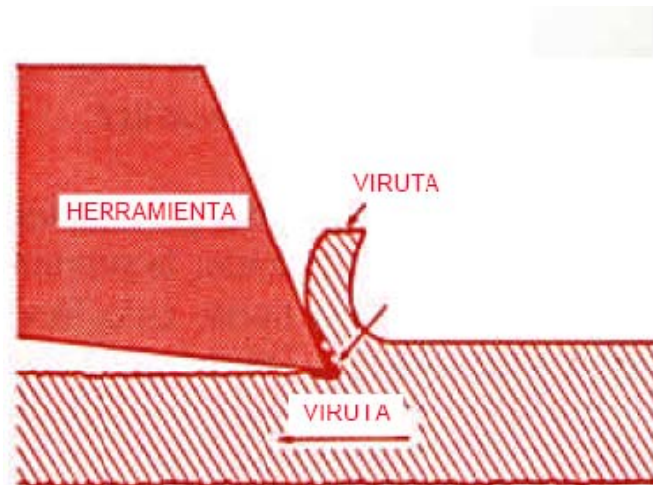
Fuente: Shell lubricantes

El mayor enemigo de la herramienta es el calor generado durante la operación, pues la temperatura más alta tiene lugar alrededor de ésta produciéndose un reblandecimiento de la herramienta que, junto con la abrasión y la fricción, pueden destruirla rápidamente.

Esta acción es progresiva pues al ser la herramienta más blanda se necesita mayor energía para realizar el mismo trabajo, y entonces se aumenta la presión de la herramienta sobre la pieza y en consecuencia la temperatura en la zona de corte. En cualquier operación mecánica, para arrancar viruta de un metal por medio de una herramienta de determinada dureza, el 98% de la energía consumida se convierte en calor.

Debido al calor generado, la viruta arrancada por la herramienta se suelda a ella muy cerca del filo cortante, acumulándose en esta zona las virutas metálicas y constituyendo lo que se denomina falso filo; que se está formando y desprendiendo constantemente durante la operación de mecanizado, siendo precisamente una de las funciones del fluido de corte la de controlar el crecimiento excesivo del falso filo.

Figura 44. Herramienta de corte.



Como la temperatura que se produce en el mecanizado es alta, se van arrancando algunas partículas de la herramienta produciendo un pequeñísimo cráter exactamente detrás del filo cortante. Este cráter que al principio es muy pequeño, a medida que avanza la operación va creciendo hasta alcanzar el filo que se debilita hasta no poder soportar la presión de trabajo y se fractura. En todo mecanizado, sin importar la dureza de la pieza metálica, al arrancar la viruta se produce una deformación plástica o reblandecimiento. Este efecto mecánico del material tiene lugar en aquella zona de la pieza, anterior a la herramienta de corte que la mecaniza, convirtiéndose también en calor la energía necesaria para conseguir la deformación plástica, con lo cual el problema térmico de la operación se intensifica aún más.

Para cada herramienta de corte y un material determinado existe siempre una relación inversamente proporcional entre los calores generados en las operaciones de corte y remoción de la cantidad de viruta, y el ángulo de corte de la herramienta. Esta relación está dada por:

$C_p=1/a$

- ✓ **C_p** es el calor producido y
- ✓ **a** es el ángulo de corte de la herramienta.

El ángulo está relacionado con el coeficiente de rozamiento entre la viruta y la herramienta de forma que a mayor ángulo menor rozamiento y cantidad de calor producido.

8.1. CLASIFICACION DE LOS METALES SEGUN SU MAQUINABILIDAD

Los metales se dividen en dos grandes grupos: Ferrosos y no ferrosos.

El grupo de metales de naturaleza ferrosa está constituido por aquellos materiales de base hierro; o mejor sus aleaciones, pues el hierro puro tiene poca aplicación industrial.

Entre estos materiales los más importantes son:

- ✓ Hierro fundido (con considerable cantidad de carbono en su composición química).
- ✓ El acero al carbono y el de baja aleación.
- ✓ Aceros de alta aleación (inoxidables, martencíticos y ferríticos).
- ✓ Aceros inoxidables austeníticos.
- ✓ Aceros al carbono, aceros aleados y aceros rápidos.

Si se trabaja con hierro fundido debe hacerse una lubricación en seco o utilizar emulsiones, con el inconveniente que se produzcan lodos, lo que obliga a filtrar el fluido de corte con frecuencia. Para los aceros al carbono y de baja aleación en mecanizados de mediana severidad se puede emplear un fluido de corte sin aditivos de extrema presión.

Para los aceros de alta aleación, cuya maquinabilidad es más elevada, se requiere fluidos de corte con aditivos de extrema presión. El grupo de metales de naturaleza no ferrosa se subdivide en:

- ✓ Cobalto
- ✓ Níquel o sus aleaciones
- ✓ Cobre o sus aleaciones
- ✓ Latón (Cu-Zn)
- ✓ Bronces (Cu-Sn)
- ✓ Bronces al silicio
- ✓ Aluminio
- ✓ Magnesio

El Cobalto es un material difícil de mecanizar y deben usarse fluidos de corte con aditivos de extrema presión; al igual que para el Níquel y sus aleaciones. Para materiales de latón de alta maquinabilidad, al igual que para los bronce fosforados se requieren aceites de corte emulsionables.

Para los bronce que no son fáciles de mecanizar, pues sufren los efectos de la deformación plástica, se deben emplear aceites de corte emulsionables con aditivos E.P. de baja o media actividad. En el caso de materiales de Cobre y aleaciones de Níquel-Plata, se usan aceites ligeros de media presión. El Aluminio que posee un coeficiente de dilatación térmica muy elevado requiere alta capacidad refrigerante del fluido de corte. La maquinabilidad del Aluminio es más fácil cuando está aleado con Cobre y difícil cuando está aleado al Silicio.

8.2. FUNCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LOS FLUIDOS PARA MECANIZADO

1. Lubricar. Una buena lubricación reduce la fricción de las superficies en contacto lo que significa un ahorro en el consumo de energía y una menor

generación de calor. Por otro lado, se elimina el peligro de fusión de las virutas evitando la soldadura de las mismas a la herramienta y a la pieza en elaboración.

2. Refrigerar. El enfriamiento de las superficies en contacto conserva el templado de la herramienta prolongando su vida y haciendo más duradero su filo.

Se reduce la dilatación volumétrica de las masas lo que permite trabajar con tolerancias más estrictas y mayores velocidades de giro y avance.

3. Limpiar. Removiendo las virutas de metal, limaduras, etc., de la zona de ataque se consigue un mejor acabado de las superficies.

4. Aumentar la producción. Dado que se reducen los períodos improductivos y además permiten mayores velocidades de giro y avance se disminuyen los tiempos de proceso.

8.3. PROPIEDADES DEL LUBRICANTE PARA MECANIZADO DE METALES

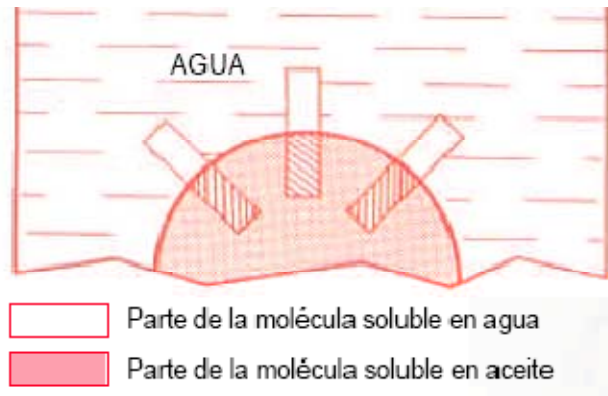
Para responder satisfactoriamente a las exigencias de sus aplicaciones, un aceite emulsionable debe poseer esencialmente las siguientes características:

8.3.1. Emulsificadores.

Los aditivos más importantes para aceites emulsionables, tanto en función como en cantidad, son los emulsificadores. Estos no solamente facilitan la dispersión del aceite en agua, sino que mantienen estable la emulsión.

Los emulsificadores son moléculas bipolares las cuales reducen la tensión superficial y forman películas mono moleculares relativamente estables en la interface aceite/agua. Estas películas previenen que las gotas de aceite finamente dispersas en la emulsión se separen como aceite libre.

Figura 45. Molécula de emulsibilidad.



Fuente: Oxxe lubricantes

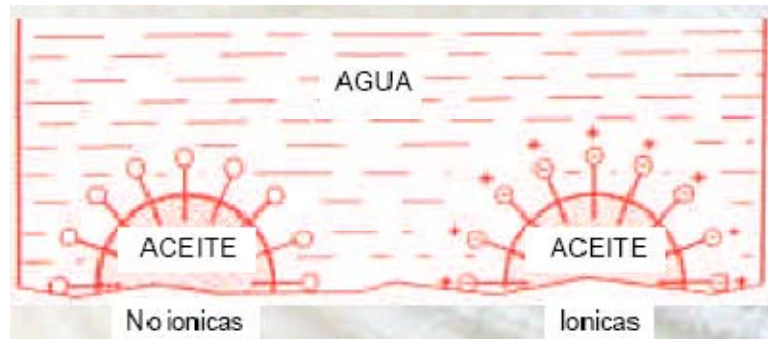
Los emulsificadores se dividen en dos tipos:

- ✓ Iónicos
- ✓ no iónicos.

Los emulsificadores iónicos se disocian en iones positivos y negativos cuando se disuelven en agua y son descritos como aniónicos y catiónicos dependiendo de si su actividad a nivel superficial es desde el anión o desde el catión, respectivamente. De otro lado, los emulsificadores no iónicos, como su nombre lo indica no se disocian (o ionizan) cuando se disuelven en agua, pero son distribuidos coloidalmente ver (figura 57).

La reacción de productos como, por ejemplo, alquil fenoles y óxidos de etileno son probablemente el grupo más común de emulsificadores no iónicos y, recientemente, su uso en aceites emulsionables se ha incrementado debido a su habilidad para estabilizar la emulsión.

Figura 46. División de los emulsificadores.



Fuente: Shell lubricantes

8.3.2. Inhibición de herrumbre y corrosión.

La habilidad para proveer buena protección contra la corrosión es una de las propiedades más importantes de un aceite emulsionable, la cual se mejora con el contenido de aceite pero garantizando un adecuado rendimiento anticorrosión en su aplicación.

8.3.3. Capacidad antiespumante.

Como los agentes emulsificantes son surfactantes, las emulsiones pueden tener tendencia a formar espuma. Entre mayor sea la cantidad de emulsificador en el aceite, y la emulsión esté más finamente dispersa, mayor será la tendencia a formar espuma. Esta tendencia también se incrementa con la suavidad del agua usada. Generalmente una dureza mínima de 5°d (85 ppm CaCO₃) es deseable para minimizar el riesgo de espuma. Una pequeña cantidad de espuma generalmente no causa ningún problema, pero grandes cantidades pueden en algunas circunstancias causar serias dificultades. En estos casos un aditivo antiespumante puede ser usado para dispersar la espuma. Los antiespumantes más comunes son aquellos basados en siliconas pero deben ser utilizados con cuidado pues pueden afectar negativamente los subsecuentes tratamientos superficiales de los componentes procesados.

Todos los antiespumantes son activos sólo por periodos relativamente limitados y por ello puede requerirse una nueva adición después de un tiempo de uso. Si el agua es muy suave, es mejor incrementar su dureza antes de preparar la emulsión. Esto se logra adicionando nitrato de calcio a una rata de 30 g por 1°d (17 ppm CaCO₃) por 1 m³ de agua. Es mejor disolver el nitrato de calcio en una pequeña parte del agua usada para la emulsión. La concentración resultante debería ser agregada y dispersa en el volumen de agua antes de mezclar el aceite. Solamente sales de suficiente dureza deberían ser adicionadas para prevenir problemas de espuma durante el maquinado. No hay métodos de laboratorio estandarizados para evaluar las propiedades antiespumantes de una emulsión.

8.3.4. Extrema presión.

Así como en los aceites puros para corte, aditivos extrema presión a base de materiales sulfurizados o clorinados, pueden ser incluidos en la formulación de aceites emulsificables para darle mayor capacidad de soporte de carga y hacerlos útiles para operaciones más severas. Los aceites E.P. emulsionables son normalmente usados donde la habilidad lubricante es un factor importante. Este es el caso de maquinados de materiales duros y con muy bajas velocidades de corte.

En algunas operaciones, los aceites emulsionables con extrema presión pueden reemplazar a los aceites puros inactivos o con baja actividad. Para obtener los beneficios de mayor soporte de carga, los aceites emulsionables con aditivos E.P. deben ser usados en mayores concentraciones, por ejemplo un 10 a 15% de la solución. La vida prolongada de la herramienta y el acabado superficial obtenido con los aceites emulsionables E.P. compensan su mayor costo.

8.4. PROPIEDADES DE EXTREMA PRESIÓN Y LUBRICANTES

Los aceros más tenaces imponen condiciones de temperatura y presión muy severas, especialmente a alta velocidad de corte. Dichas condiciones provocan la soldadura de partículas de metal en la punta de la herramienta que dan lugar a un reborde, generalmente, denominado falsa cuchilla. Si bien un pequeño reborde es aceptable y protege el filo, uno mayor origina un mal acabado superficial de las piezas trabajadas.

El proceso de formación de la viruta se inicia cuando el metal que se encuentra inmediatamente delante de la punta de la herramienta es sometido a elevada tensión, se distorsiona y eventualmente se corta en partículas. La carga sobre la herramienta es más alta en la punta de la misma, y operando con aceros de alta resistencia a la tracción ésta no puede ser soportada por el aceite; por lo tanto, la viruta tiende a soldarse sobre la herramienta formando la “falsa cuchilla”, y este fenómeno debe ser controlado por el uso de aditivos de extrema presión.

El uso de aceites de extrema presión apropiados controlará este defecto y mejorará el acabado de la pieza y la vida de la herramienta. Estos tipos de aceites contienen aditivos especiales que actúan sobre la superficie altamente cargada para formar películas submicroscópicas de un lubricante sólido que limita la soldadura de la viruta.

Los lubricantes de extrema presión se clasifican como “activos” e “inactivos”, según se manchen o no los metales amarillos y aleaciones (bronce, cobre, etc.) a temperatura ambiente. Solamente los activos son capaces de actuar positivamente en las operaciones de mecanizado más severas.

9. PORTAFOLIO DE LUBRICANTES TERPEL

La correcta lubricación de los mecanismos de un equipo permite que estos alcancen su vida de diseño y que garanticen permanentemente la disponibilidad del equipo, reduciendo al máximo los costos de lubricación, de mantenimiento y las pérdidas por activo cesante. Es muy importante, por lo tanto que el personal encargado de la lubricación de los equipos y quienes están a cargo de la administración y actualización de los programas de lubricación estén en capacidad de seleccionar correctamente el aceite ó la grasa, partiendo de las recomendaciones del fabricante del equipo, ó si estas no se conocen, calcular el lubricante correcto partiendo de los parámetros de diseño del mecanismo como cargas, velocidades, temperaturas, medio ambiente en el cual trabaja el equipo y con productos de la más alta especificación como son los lubricantes Terpel.

En el presente capítulo se quiere mostrar la variedad de productos lubricantes que utiliza la Organización Terpel S.A ideales para cada tipo de maquinaria, basados en los sistemas de lubricación **SAE** (Sociedad de Ingenieros Automotores) , **ASTM** (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales), **API** (Instituto Americano del Petróleo), **ISO** (Organización Internacional de Estándares), **JASO** (Organización de Estándares Automovilísticos de Japón) La cual se refiere a Normas Especificas para Motocicletas Japonesas de 2T y 4T, **ACEA** (Asociación Europea de Constructores de Automóviles) que está conformada por los principales constructores de automóviles de Europa. (Ver Tabla 22 y Tabla 23).

Tabla 22. Sistema de lubricación SAE y API para la industria automotriz

ACEITES PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ SISTEMAS (SAE,API)
Motores a gasolina
Motores diesel
Motores a gas
Motores 2T y 4T
Trasmisiones
Motores fuera de borda
Maquina agrícola

Tabla 23. Maquinas industriales según sistema de lubricación ISO.

ACEITES PARA MAQUINAS INDUSTRIALES SISTEMA ISO
Equipos Hidráulicos
Turbinas
Engranajes
Equipos térmicos
Transferencia de calor
Dieléctricos
herramientas Neumáticas
Aceites para Mecanizado

Tabla 24. Aceites para la industria de acuerdo a la norma ACEA.

ACEITES PARA LA INDUSTRIA DE ACUERDO A LA NORMA ACEA
VEHICULOS DE PASAJEROS
SERVICIO LIVIANO Y SEVERO EN VEHICULOS COMERCIALES
SERVICIO EXTRA SEVEROS EN VEHICULOS COMERCIALES

9.1. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES A GASOLINA

9.1.1. Lubricantes para vehículos ligeros.

Figura 47. Vehículos ligeros con motor a gasolina



Fuente: Terpel lubricantes

9.1.1.1. Productos multigrados.

- **OILTEC TITANIO PLUS**

OILTEC 10W-30, 20W50 API SL PLUS avanzada tecnología líquida en lubricantes, formulado con paquetes de aditivos que integran el TITANIO LIQUIDO para una extra protección contra el desgaste de los modernos compactos motores a gasolina cuya ingeniería y regimenes de operación requieren lubricantes de superior desempeño.

El OILTEC además posee refuerzos antioxidantes que brindan una mayor protección del lubricante contra las altas temperaturas, disminuyendo la formación de depósitos y el espesamiento del lubricante, garantizando siempre el flujo adecuado en partes críticas del motor durante mayores intervalos de servicio.

Beneficios:

- ✓ Protección extrema contra el desgaste del motor otorgado por las capas protectoras de superficie de ***Titanio Líquido*** prolongando la vida útil del motor.
- ✓ Lubricidad extra conferida por el ***Titanio Líquido*** reducen los coeficientes de fricción reduciendo consumos de combustible
- ✓ Superior resistencia contra la oxidación del aceite a altas temperaturas de operación.
- ✓ Superior control de los depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor
- ✓ Superior resistencia de la viscosidad contra los esfuerzos de corte generados en el motor.

- ✓ Menor volatilidad disminuyendo el consumo de aceite.
- ✓ Protege el motor contra la corrosión y herrumbre.
- ✓ Efectiva acción antiespumante.
- ✓ Óptima lubricación en el arranque en frío.
- ✓ Prolonga la vida del motor y disminuye los costos de mantenimiento.
- ✓ Superiores intervalos de lubricación. Más de 10.000 kms de lubricación efectiva
- ✓ Menores drenajes de aceite, menos impactos nocivos al ambiente
- ✓ Compatibles con convertidores Catalíticos

Aplicaciones:

- ✓ OILTEC SAE 10W30 API SL PLUS está recomendado para los últimos modelos de vehículos a gasolina que por sus modernos diseños, menores holguras entre las piezas del motor requieren un lubricante SAE 10W-30 API SM, SL, para garantizar lubricación efectiva y ahorro de combustible. También recomendado para todo vehículo de gasolina nuevo o recién reparado que operen en cualquier condición de trabajo.
- ✓ OILTEC SAE 20W30 API SL PLUS para vehículos de gasolina que usan SAE 20W-50 API SM, API SL, API SJ, API SH.

- **Terpel SAE 20W50 SL.**

Terpel SAE 20W-50 API SL: Los fabricantes de equipos originales cada día son más exigentes en el desempeño de los aceites lubricantes. Por esta razón, TERPEL ha desarrollado el TERPEL SAE 20W-50 SL, un lubricante de alta tecnología cuya formulación ha sido lograda bajo el código de prácticas de los fabricantes de aditivos, en bases importadas, para la protección de los modernos vehículos a gasolina

Figura 48. Tipo de autos con motores gasolina

MOTORES GASOLINA CUATRO TIEMPOS



AUTOS, CAMPEROS, CAMIONETAS, VAN.
En general carro mediano y pequeño



Fuente: Terpel lubricantes

Beneficios:

- ✓ Superior control de depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor.
- ✓ Superior resistencia contra la oxidación a altas temperaturas de operación, disminuyendo la formación de gomas, lacas, ácidos y espesamiento del aceite.
- ✓ Superior resistencia de la viscosidad contra los esfuerzos de corte generados en el motor.
- ✓ Menor volatilidad disminuyendo el consumo de aceite.
- ✓ Alta protección contra el desgaste de las diferentes partes del motor.
- ✓ Protege el motor contra la corrosión y herrumbre.
- ✓ Efectiva acción antiespumante.
- ✓ Óptima lubricación en el arranque en frío.

- ✓ Viscosidad estable a cualquier temperatura de operación debido a su propiedad de ACEITE MULTIGRADO.
- ✓ Prolonga la vida del motor y disminuye los costos de mantenimiento.

Aplicaciones:

Recomendado para los últimos modelos de vehículos a gasolina. Para todo tipo de vehículos a gasolina nuevos o recién reparados que operen en cualquier condición de trabajo. Vehículos a gasolina que requieran un lubricante API SL, SJ, SH, SG,

9.1.1.2. Productos monogrados.

- **Terpel monogrado SAE 40, SAE 50 API SG**

Descripción:

Aceite lubricante de efectivo desempeño, desarrollado a partir de bases parafínicas y un balanceado paquete de aditivos, que garantizan una completa protección del motor.

Beneficios:

- ✓ Buena protección antidesgaste.
- ✓ Mantiene el motor limpio, evitando la formación de lodos y depósitos.
- ✓ Protege el motor contra la herrumbre y el ataque corrosivo de ácidos.
- ✓ Resistencia a la oxidación.

Ideal para todos aquellos motores a gasolina que trabajan bajo diferentes condiciones de operación.

9.2. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES A GASOLINA CONVERTIDOS A GAS (GLP)

9.2.1. Productos multigrados.

- **Tergas 20W50 API SL/CF**

Descripción:

TERGAS, avanzada tecnología en lubricantes, desarrollado a partir de bases lubricantes parafínicas altamente refinadas y un paquete de aditivos que le confiere las características requeridas en resistencia contra la oxidación, nitración y estabilidad térmica para el óptimo desempeño en motores de vehículos que trabajan con gas natural. Es un lubricante de contenido medio de cenizas, lo que permite un mejor control de depósitos, disminuyendo la formación de depósitos en asientos de válvulas.

Beneficios:

- ✓ Superior resistencia contra la oxidación y nitración a altas temperaturas de operación, disminuyendo la formación de gomas , lacas y ácidos .
- ✓ Superior control de depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor.
- ✓ Baja tendencia a la formación de cenizas, disminuyendo los depósitos en asientos de válvulas.
- ✓ Alta protección contra el desgaste de las diferentes partes del motor
- ✓ Protege el motor contra la corrosión y herrumbre
- ✓ Óptima lubricación en el arranque en frío

- ✓ Viscosidad estable a cualquier temperatura de operación debido a su propiedad de ACEITE MULTIGRADO

Prolonga la vida del motor y disminuye los costos de mantenimiento.

Aplicaciones:

Recomendado para los vehículos a gasolina acondicionados con gas natural, o, dedicados en fábrica para operar con gas natural que requieran un aceite lubricante nivel de servicio API SL, SJ, SH.

Recomendado para vehículos acondicionados con **GLP** (Gas Licuado del Petróleo) en los GRADOS MULTIGRADOS. Para vehículos a gasolina que requieran un lubricante API SL, SJ, SH y SG, vehículos diesel con requerimientos API CF, CD.

Figura 49. Aplicación conversión gas.

TIPOS DE MOTORES DE GAS NATURAL EN VEHICULOS

APLICADOS o DEDICADOS



Motores de Gas Natural ensamblados desde fábrica. Solo usan gas

CONVERTIDOS A GAS



Motores a gasolina **convertidos a Gas**, implementa en el vehículo el sistema de suministro del combustible gaseoso, pero se mantiene el de gasolina para uso alternativo

Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

- **Conceptos a tener en cuenta para la selección de la tecnología del lubricante.**

1. El tiempo de expansión de la flama de la explosión es más lento que en gasolina. Por esta razón se instalan módulos para coordinar la chispa con el nuevo estado de combustión del gas.

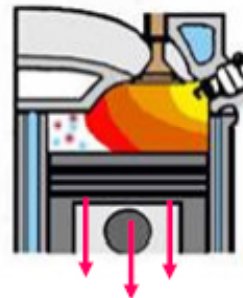
Esto genera un incremento de la temperatura en válvulas, cilindros y pistones. El aceite debe mantener su viscosidad, sin engrosarse para mantener buena fluidez que ayuda a retirar calor.

Figura 50. Combustión de un motor a gas

Sincronizado en gasolina, el pistón en el PMS y la flama completa.



Si se dejara el mismo Sincronizado en gasolina, el pistón Ya estaría bajando desde su PMS y la flama aún no se ha completado por su lentitud.



Fuente: Terpel lubricantes

2. El gas es Combustión limpia con despreciables contenidos de cenizas y despreciable acidez por su bajo contenido de Azufre, pero se genera alta Nitración (NOx), donde la tecnología del aceite debe controlar su efecto para evitar su deterioro, de esta manera protege todos los componentes del motor, en especial válvulas y sus guías.

El TERGAS es un aceite para gasolina API SL al cual se le ha incorporado toda la tecnología que requiere un aceite para desempeñarse con el gas sin deteriorarse y protegiendo el motor.

Beneficio Ambiental. Combustión más limpia, protección del medio ambiente, menos humos, menos particulados, menos ácidos en la atmósfera (el gas tiene contenidos de Azufre insignificantes). EL GAS oxida los Hidrocarburos HC no combustionados en el catalizador y produce CO₂ mucho más bajos que otros gases y gasolina.

Beneficio Económico. Motores más limpios, mejor lubricación, mayor vida útil del motor mayor duración del lubricante y del filtro de aceite, siempre y cuando el aceite tenga la tecnología TERGAS .para soportar las condiciones de combustión del gas.

Se recomienda un 50% más que el intervalo usado con gasolina. Los residuos de la combustión del gas contaminan menos al aceite y al filtro que debe cambiarse siempre con el aceite permitiendo más tiempo en servicio.

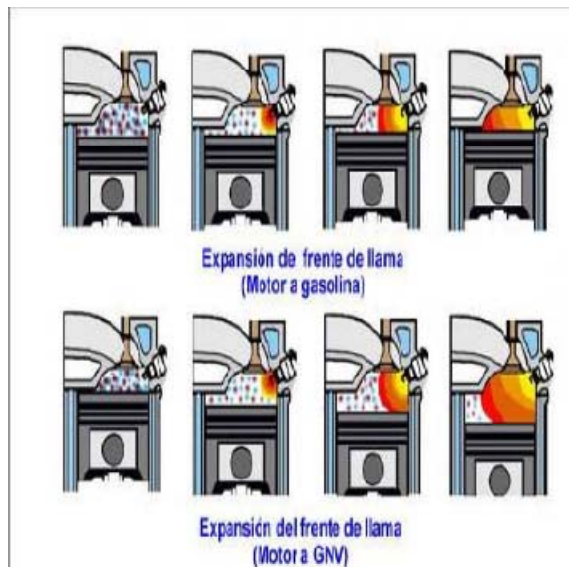
Consideraciones a tener en cuenta con la combustión del gas. Las mayores temperaturas de operación pueden causar consumo de aceite que de ninguna manera afecta el desempeño del motor, por lo tanto debe hacerse reposición o rellenos de aceite para mantener el nivel. La reposición de aceite renueva sus funciones otorgando mayor protección al motor y el aceite puede dejarse más tiempo en servicio.

En otros lubricantes, con tecnologías que no corresponden a los requerimientos de desempeño de la combustión con gas, el aceite se engruesa y pueden mostrar muy bajo consumo de aceite, pero se está afectando el tren de válvulas y sus guías.

Puntos de combustión final. Puede ocurrir pérdida de potencia en un 15%, debido a que el encendido del gas es más lento que el de la gasolina, se genera mayor temperatura; por lo tanto los motores convertidos a gas tienen módulos que controlan la chispa y el sistema de refrigeración debe estar en perfecta condiciones

Los aceites no adecuados para trabajar con Gas se engruesan y reducen su fluidez reduciendo la refrigeración y lubricación de las válvulas recalentándose generando su desgaste conocido como resección.

Figura 51. La expansión del frente de llama entre un motor a gasolina y uno a gas (GNCV)



El aceite al engrosarse reduce su consumo normal que se causa por mayores temperaturas del motor, pero se deterioran las válvulas y culata, entre otros problemas.

Es preferible poner la tecnología adecuada de aceite y estar reponiendo nivel. El mayor tiempo de servicio de TERGAS entre cambio y cambio compensa el costo de reponer nivel de aceite.

9.3. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DIESEL Y TURBODIÉSEL.

9.3.1. Lubricantes sector transporte y sector agrícola.

- **Maxter Progres API CJ-4/SM, SAE 15W-40.** Las exigencias actuales de rendimiento y eficiencia de los vehículos diesel son cada vez mas criticas, igualmente el cumplimiento de las normas ambientales en materia de emisiones presionan fuertemente a los departamentos de ingeniería, investigación y desarrollo de los fabricantes de vehículos, para lograr motores menos contaminantes, por lo tanto el desarrollo e inclusión de Sistemas de tratamientos de gases de escape (**EATs**) en los motores como: los convertidores catalíticos , trampas de partículas y los sistemas de recirculación de gases de escape (**EGR**) son una prioridad y donde el lubricante juega un papel fundamental para el correcto desempeño de estos motores con el menor impacto en estos sistemas de tratamientos de gases de escape y donde el control del hollín es un parámetro critico para el desarrollo y formulación de los mismos. Igualmente el empleo de combustibles diesel con un amplio rango de contenido de azufre desde: 0,6 %(6000ppm) hasta combustibles limpios de bajo contenido de azufre (LSD), 0,03% (30 ppm) y ultra bajo contenido de azufre (ULSD), 0,01%(10ppm) requieren del diseño de lubricantes multipropósito como el **Maxter Progres API CJ-4/SM**, con reservas alcalinas apropiadas (**BN**) que neutralicen efectivamente los ácidos que se forman en la cámara de combustión, con un balanceado paquete químico de menor contenido de cenizas sulfatadas para disminuir impacto en sistemas de control de emisiones y formación de material particulado.

Por las anteriores consideraciones la **Organización Terpel S.A** ha desarrollado el **Maxter Progres CJ-4/SM, SAE 15W-40** , un lubricante **multipropósito** de avanzada tecnología, formulado con un balanceado y equilibrado paquete de aditivos de punta y bases lubricantes parafinicas grupo II altamente refinadas y de gran estabilidad térmica, que confieren las características requeridas para el óptimo desempeño en las exigentes condiciones de trabajo pesado de motores diesel cuatro tiempos con Sistemas de Recirculación de Gases de escape (**EGR**), convertidores catalíticos y trampas de partículas donde el control del hollín es una prioridad.

Beneficios:

✓ **Superior Control Del Hollin.** El óptimo desempeño en el control del hollín es fundamental para mantener las piezas libres de depósitos, durante superiores Intervalos de servicio y miles más de kilómetros y horas de operación de los Equipos. Mayores cargas de hollín en la operación de los modernos motores diesel con sistemas de recirculación de gases de escape (**EGR**) deben ser controladas por el aceite lubricante para evitar el incremento de viscosidad, asegurando el flujo adecuado de lubricante a partes críticas del motor disminuyendo el desgaste. Efectiva protección del motor en el arranque en frío aun en condiciones de alto contenido de hollín en el lubricante

✓ **Superior compatibilidad con sistemas de control de gases de escape(eats).** El **Maxter Progres CJ-4/SM** posee un balanceado y equilibrado paquete de aditivos de menor contenido de Fósforo, Azufre y Cenizas Sulfatadas, que interfieren menos con los EATs, permitiendo control de los nocivos gases de escape como: NOx, HC, CO, Material particulado.

✓ **Optima proteccion antidesgaste** .Los requerimientos en desempeño de los lubricantes cada vez son mayores: Motores más revolucionados, partes más ajustadas, mayores temperaturas y cargas que exigen mayor protección del

lubricante contra el desgaste. La tecnología antidesgaste del **Maxter progresa CJ-4/SM** garantiza el **tribofilm** adecuado sin detrimento del control de emisiones.

✓ **Superior resistencia contra la oxidación.** La mayor resistencia contra la oxidación del **Maxter progresa CJ-4/SM**, le confiere mayor vida útil evitando la formación de: gomas, lacas, ácidos y compuestos nocivos que afectan la correcta lubricación y protección de las partes del motor.

✓ Superior desempeño contra la espuma permitiendo una óptima respuesta en los sistemas hidráulicos de los inyectores de combustible.

✓ Mayor protección de los sellos evitando el deterioro de los mismos.

✓ Ahorro en el consumo de combustible debido a característica de multigrado, **SAE 15W-40.**

✓ **Productividad y confiabilidad.** Larga vida útil de los equipos, disminuyendo costos por mantenimiento y reposición de piezas. **15000 kilómetros** o más de protección efectiva del motor entre cambio y cambio de lubricante optimizando costos operativos.

Aplicaciones:

El aceite **Maxter Progresa CJ-4/SM, SAE 15W-40** es garantía para la protección y lubricación en condiciones severas de trabajo de los motores diesel turboalimentados de alto rendimiento y de aspiración natural con o sin sistemas de tratamientos de gases de escape (EATs), con y sin sistemas EGR y que trabajan con combustibles con un rango de contenido de azufre entre: 0,6%(6000 ppm) a 0,001%(10ppm), o menor.

Para Motores a gasolina con requerimientos en lubricantes API SM, SL, SJ, SH.

Recomendado Para: Tractomulas, Buses, camiones, equipo fuera de carretera (Off Highway), flotas mixtas (diesel/gasolina).Equipo agrícola. Ideal para asentamiento y uso posterior de Motores recién reparados.

Figura 652. Aplicaciones Maxter Progres CJ-4/SM, SAE 15W-40

EQUIPO MINERIA



Fuente: Terpel de Colombia.

Maxter Progres CI-4 mejorado SL, SAE 15W-40. Es un lubricante de tecnología de punta desarrollado para las exigentes condiciones de trabajo pesado en motores diesel de cuatro tiempos de vehículos con Sistema de Recirculación de Gases de escape (EGR) donde el control del hollín es una prioridad. La fórmula y especificaciones técnicas del MAXTER PROGRESA están desarrollados bajo el Código de Prácticas de los Fabricantes de Aditivos, superando las más estrictas pruebas de motores de acuerdo con los requerimientos de los fabricantes de equipos originales (OEMs). Su balanceado paquete de aditivos de alta tecnología y bases lubricantes parafínicas importadas altamente refinadas hacen del MAXTER PROGRESA un lubricante de excepcional desempeño en las más duras condiciones de operación de los equipos diesel de trabajo pesado.

Cualidades:

- ✓ Alto desempeño en el control del hollín evitando el incremento de viscosidad, para asegurar el flujo adecuado de lubricante a partes críticas del motor.
- ✓ Efectivo control de depósitos manteniendo el motor más limpio.

- ✓ Efectiva protección del motor en el arranque en frío aun en condiciones de alto contenido de hollín en el lubricante.
- ✓ Efectiva protección contra el desgaste, corrosión y herrumbre.
- ✓ Superior desempeño a altas temperaturas de operación garantizando la suficiente película lubricante en partes Críticas del motor.
- ✓ Superior resistencia contra la oxidación y nitración.
- ✓ Superior desempeño contra la espuma permitiendo una optima respuesta en los sistemas hidráulicos de los inyectores de combustible.
- ✓ Mayor protección de los sellos evitando el deterioro de los mismos.
- ✓ Ahorro en el consumo de combustible debido a característica de multigrado.
- ✓ Superiores intervalos de lubricación (12000 kilómetros o más), permitiendo mayores tiempos de operación con Optima protección del motor.
- ✓ Larga vida útil de los equipos, disminuyendo costos por mantenimiento.

Aplicaciones:

- ✓ El aceite **MAXTER PROGRESA CI-4 mejorado/SL SAE 15W-40** es garantía para la protección y lubricación en condiciones severas de trabajo de los motores diesel turboalimentados de alto rendimiento y de aspiración natural con o sin sistema EGR.
- ✓ Para Motores a gasolina con requerimientos en lubricantes API SL, SJ, SH.
- ✓ Recomendado Para: Tractomulas, Buses , camiones, equipo fuera de carretera(Off Highway), flotas mixtas (diesel/gasolina).Equipo agrícola.
- ✓ Ideal para asentamiento y uso posterior de Motores recién reparados.

Figura 53. Aplicación Maxter Progresas CI-4 mejorado/SL, SAE 15W-40



MAQUINARIA AGRICOLA



**MOTORES DIESEL
ESTACIONARIO**

Fuente: Terpel de Colombia.

- **Otras Aplicaciones de Maxter Progresas CJ-4/SM SAE 15W-40 y aceite Maxter Progresas CI-4 Mejorado/SL SAE 15W-40.**

Estos aceites para motores de altas prestaciones con mezcla sintética son aceites para motor de primera calidad recomendados para equipos que funcionan en aplicaciones de servicio pesado en tráfico por carreteras o todoterreno. Los aceites para motores de altas prestaciones también están indicados para su uso en motores diesel de bajo contenido en azufre.

El aceite Maxter Progresas CI-4 Mejorado/SL SAE 15W-40 es recomendado para vehículos antes del año 2007 y el aceite Maxter Progresas CJ-4/SM SAE 15W-40 es recomendado para vehículos que emplean dispositivos de tratamiento posterior avanzado de los gases de escape, tales como los filtros de partículas diesel (DPF) con o sin catalizadores de oxidación diesel (DOC) e índices superiores de recirculación de los gases de escape (EGR) desde el año 2007 en adelante.

Equipos que requieren de estos lubricantes de acuerdo a sus especificaciones:

- ✓ Equipo urbano
- ✓ Transporte de pasajeros intermunicipal
- ✓ Maquinaria pesada
- ✓ Equipo transporte de carga
- ✓ Equipo portuario
- ✓ Maquinaria agrícola
- ✓ Motores diesel estacionario
- ✓ Equipo minería.

• **Terpel SAE 15W-40 API CI-4/SL.** tecnología de punta para los modernos motores, donde el sistema de recirculación de gases de escape (EGR) es usado, recomendado además en motores Diesel de cuatro tiempos en General y en motores a gasolina.

Supera los últimos requerimientos de los fabricantes de equipos originales (OEM's), cuyos avances están enfocados día a día tanto en el control de emisiones con el nuevo sistema EGR, como en el ahorro energético.

Cualidades:

- ✓ Alto desempeño contra el incremento de viscosidad por hollín por efecto del EGR, asegurando un buen flujo de aceite
- ✓ Óptima protección contra el desgaste por la mayor relación de hollín y desgaste corrosivo por la acción de EGR.
- ✓ Mayor poder detergente y dispersante. Asegurado una completa limpieza de motor, evitando la formación de depósitos.
- ✓ Efectiva protección del motor en el arranque en frío.
- ✓ Efectiva protección contra el desgaste, la corrosión y el herrumbre.
- ✓ Superior resistencia a la oxidación y a la nitración.

- ✓ Superior desempeño en los sistemas hidráulicos para los inyectores de combustible diesel.
- ✓ Superior estabilidad de la película lubricante, disminuyendo la pérdida de viscosidad.
- ✓ Rápida acción antiespumante.
- ✓ Mayor protección contra la degradación de los materiales de los sellos.
- ✓ Ahorro en el consumo de combustible y mayores intervalos de lubricación.

Aplicaciones:

- ✓ Motores diesel turboalimentados de alto rendimiento y de aspiración natural con o sin sistema EGR.
- ✓ Motores a gasolina con requerimientos API SL, SJ, SH. Ideal para asentamiento y uso posterior de Motores recién reparados.

Nivel De Calidad:

Clasificación API CI-4/SL

Supera los niveles API CH-4, CG-4, CF y SJ.

Cumple con los requerimientos Europeos ACEA E3-96, ACEA E5-02.

Recomendados para lubricar motores diesel y turbodiésel años anteriores al 2006.

- **Terpel SAE 15W40 API CF-4/SG.** Esta formulado con bases parafínicas altamente refinadas y un nivel adecuado de aditivos que le confiere las propiedades necesarias para garantizar mayor protección en los motores diesel y gasolina.

Beneficios:

- ✓ Ahorro en el consumo de combustible.
- ✓ Prolonga la vida útil del motor.
- ✓ Asegura una completa limpieza del motor, evitando la formación de depósitos a altas y bajas temperaturas.
- ✓ Efectiva protección contra el desgaste, corrosión y herrumbre.

- ✓ Su característica de ACEITE MULTIGRADO le da mayor estabilidad a la viscosidad con los cambios de temperatura.
- ✓ Efectiva lubricación en el arranque frío.
- ✓ Excelente resistencia a la oxidación y formación de espuma.
- ✓ Mayor poder detergente y dispersante.

Aplicaciones:

El MAXTER 15W – 40 clasificación API CF-4/SG, se emplea especialmente en motores diesel turbo alimentados y de aspiración natural. Se recomienda en motores de: tractomulas, dobletroques, camiones, maquinaria agrícola, equipo para remoción de tierras, plantas estacionarias, flotas de buses, taxis y en general en vehículos automotores diesel y gasolina.

Recomendado para motores de fabricación de años anteriores al 2004.

Nivel De Calidad:

Clasificación API: CF-4/SG.

• **Maxter grueso SAE 25W50 CF/SG.**

Tecnología especializada en lubricantes para motores diesel con alto kilometraje y que comienzan a consumir aceite en exceso. El Maxter Grueso SAE 25W-50 CF/SG está desarrollado con un paquete de aditivos que proveen toda la protección requerida del motor y además posee agentes de hinchamientos de sellos que permite disminuir las fugas por empaques y retenedores disminuyendo la contaminación ambiental. Para Motores de largo recorrido que consumen aceite y la reparación debe esperar.

Beneficios:

Disminución en el consumo de aceite en motores de alto kilometraje recorrido.
Protección efectiva de sellos y empaques reduciendo fugas de aceite Alta y adecuada viscosidad que mejora el sellado entre el pistón y camisas manteniendo la compresión Prolonga el tiempo de servicio del motor antes de la reparación Mejor desempeño de lubricación en el arranque en frío que un aceite monogrado.

Aplicaciones:

Para motores Diesel de alto kilometraje recorrido reduciendo el consumo de aceite en condiciones normales de desempeño, buen estado mecánico y de mantenimiento Para todo motor a gasolina o gas donde el cliente prefiere aceite de alta viscosidad y con API SG, que supera en desempeño API SF.

Nivel De Calidad:

Clasificación API CF/SG. MULTIGRADO SAE 25W-50

- **Terpel monogrado SAE 40 API CF, Y SAE 50 API CF-2/SF.**

Lubricantes que reúnen los requisitos de servicio exigidos por los principales fabricantes de motores diesel y gasolina. Está elaborado con bases parafínicas y un seleccionado paquete de aditivos que aseguran excelente protección y vida útil de los equipos automotores en severas condiciones de trabajo.

Beneficios:

- ✓ Efectivo control de lodos, depósitos, lacas y barnices a bajas y altas temperaturas, asegurando una completa limpieza del motor.
- ✓ Excelente protección contra el desgaste, la corrosión y la herrumbre.
- ✓ Alta resistencia a la oxidación y a la formación de espuma.

Aplicaciones:

Su característica multifuncional los hace ideal para ser utilizados en flotas mixtas de vehículos diesel y a gasolina. Especial para la lubricación de tractomulas, camiones, maquinaria agrícola, de remoción de tierras, buses y vehículos que trabajen en condiciones severas de operación. Para servo transmisiones y transmisiones manuales donde se exija un aceite de motor API, CF, CD.

Nivel De Calidad:

Clasificación API, CF. Supera los niveles CD, SF.

9.4. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DE DOS TIEMPOS

- **Terpel JASO FB.** Aceite de alto rendimiento formulado especialmente para motores a gasolina de dos tiempos. Este aceite está compuesto entre otros, por una compleja tecnología de aditivos detergentes, dispersantes y antidesgaste, que aseguran una efectiva lubricación.

Beneficios

- ✓ Efectiva protección contra ralladuras y desgaste.
- ✓ Evita el ataque corrosivo y la herrumbre.
- ✓ Mantiene el motor limpio, evita la formación de depósitos, pegamiento de anillos y taponamiento del sistema de escape.
- ✓ Mejor encendido, manteniendo las bujías completamente limpias.
- ✓ Miscibilidad instantánea con el combustible.

Aplicaciones

El aceite JASO FB se emplea en gran variedad de equipos que utilizan motores de dos tiempos a gasolina enfriados por aire o con sistema de refrigeración como: motocicletas, cortadoras de césped, sierras de cadena, etc. Se utiliza en motores fuera de borda enfriados por agua hasta 65 HP y donde el fabricante no exija aceites lubricantes calidad TC-W.

Se emplea en diferentes relaciones de mezcla combustible / aceite de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de equipos, especialmente 50/1.

Nivel De Calidad

Servicio JASO FB

2T ESPECIAL producto certificado por SELLO DE CALIDAD ICONTEC 2218.

- **TERPEL 2T JASO FC, ISO EGD.** Alto desarrollo tecnológico de aceite lubricante antihumo, superior propiedad detergente, semisintético, para motores de dos tiempos a gasolina y refrigerados por aire o con sistema de refrigeración.

Este aceite esta formulado con un balanceado paquete de aditivos, bases parcialmente sintéticas y un contenido de cenizas bajo, lo que permite un mayor control a la formación de depósitos y la producción de humo.

Beneficios

- ✓ Superior acción detergente para evitar la formación de depósitos en la cámara de combustión, pistones y el pegamiento de anillos.
- ✓ Superior lubricidad, protege contra el desgaste, rayado de anillos, agarrotamiento y problemas con el encendido de la máquina en frío.

- ✓ Sus compuestos poliméricos tipo Poli-Iso-Butileno, reducen sustancialmente la producción de humo, disminuyendo la contaminación ambiental.
- ✓ Solución efectiva contra la formación de carbón, manteniendo limpio el sistema de escape.
- ✓ Menores costos en mantenimiento y paradas del equipo para descarbonar.
- ✓ Miscibilidad instantánea con el combustible.

Aplicaciones:

El aceite, **TERPEL 2T JASO FC, ISO EGD** se emplea en todo tipo de motor a gasolina de dos tiempo refrigerado por aire o con sistema de refrigeración. Para motos de alto y bajo cilindraje, autocars, cortadoras de césped, sierras de cadena, etc... Es recomendado donde aceites de nivel de servicio API TC, JASO FB o ISO GLOBAL GD son aplicados.

Se emplea en diferentes relaciones de mezclas de combustible / aceite, de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de equipos, por ejemplo: 20/1, 24/1, 32/1, 50/1.

Nivel De Calidad

Supera los requerimientos de la JASO FC, actuales exigencias de los fabricantes de equipos HONDA, YAMAHA, SUZUKI, KAWASAKI, PIAGGIO.

- **CELERITY 2T JASO FD.** Avanzada tecnología en lubricantes, desarrollada a partir de compuestos sintéticos antihumo y solventes de origen vegetal tipo ester que hacen del CELERITY 2T un lubricante único, especializado para motores de dos tiempos a gasolina refrigerados por aire, donde el control de emisiones, la protección del equipo en condiciones severas de operación y la seguridad en almacenamiento del producto son una prioridad.

Beneficios

- ✓ Superior acción **detergente** y efectivo control de barnices a altas temperaturas de operación evitando la formación de depósitos en la cámara de combustión, pistones y el pegamiento de anillos.
- ✓ Superior protección contra el desgaste, rayado de anillos y agarrotamiento debido a la **lubricidad extra** conferida por el **éster vegetal** presente en la formulación.
- ✓ Sus compuestos poliméricos tipo **Poli-Iso-Butileno** y **solventes de ésteres vegetales (Bidodiesel)** reducen sustancialmente la producción de humo, disminuyendo la contaminación ambiental.
- ✓ Solución efectiva contra la formación de carbón, manteniendo limpio el sistema de escape.
- ✓ Su alto **punto de inflamación** permite una operación segura en el manejo almacenamiento y aplicación del lubricante.
- ✓ Miscibilidad instantánea con el combustible facilitando la lubricación.

Aplicaciones:

El aceite **CELERITY 2T**, se emplea en todo tipo de motor a gasolina de dos tiempo refrigerado por aire. Para motos de dos tiempos de alto y bajo cilindraje, autocars, cortadoras de césped, sierras de cadena, etc... Es recomendado donde aceites de nivel de servicio API TC, JASO FB, JASO FC son aplicados. Se emplea en diferentes relaciones de mezclas de combustible / aceite, de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de equipos, por ejemplo: 20/1, 24/1, 32/1, 50/1.

Nivel De Calidad:

Supera los requerimientos de la JASO FD, JASO FC actuales exigencias de los fabricantes de equipos HONDA, YAMAHA, SUZUKI, KAWASAKI, PIAGGIO.

9.5. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES DE CUATRO TIEMPOS

- **TERPEL 20W-40 JASO MA/SJ.** Es un lubricante especializado de avanzada tecnología, calidad PREMIUM PLUS, desarrollado para motocicletas de cuatro tiempos de alto rendimiento.

Esta formulado a partir de bases parafinas altamente refinadas y un paquete de aditivos que le confiere las características necesarias para un óptimo desempeño en el sistema integrado del motor, transmisión y embrague.

Posee propiedades especiales de fricción que no permiten el deslizamiento de la leva del motor de arranque, facilitando el encendido, igualmente evitan el deslizamiento de los platos húmedos del embrague (pérdida del clutch), características exigidas por los nuevos requerimientos de fricción JASO MA.

Beneficios:

- ✓ Superior protección del motor contra el desgaste cualquier condición de operación.
- ✓ Efectivo control de lodos, depósitos y barnices, manteniendo limpio el motor, evitando el pegado de anillos.
- ✓ Superior resistencia contra la oxidación a altas temperaturas de operación.
- ✓ Protección de extrema presión y antidesgaste en la transmisión.
- ✓ Efectivo desempeño en embragues de platos húmedos.
- ✓ Facilita el encendido.
- ✓ Lubricación instantánea en el arranque en frío.
- ✓ Cambios suaves, alta eficiencia en la transferencia de potencia.

Aplicaciones:

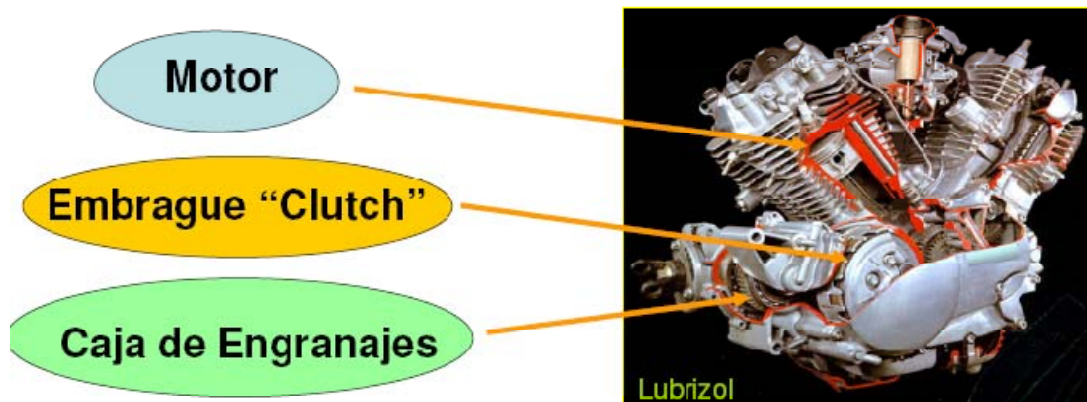
Para todo tipo de motocicletas de cuatro tiempos, que requieran un aceite lubricante para el sistema integrado: motor, transmisión, embrague. Para las cajas de cambios de las motocicletas de dos tiempos.

Nivel De Calidad:

Supera los requerimientos exigidos por API SJ, API SH y SG.

✓ **Celerity 4T JASO MA2.** es un lubricante especializado con la más avanzada tecnología desarrollado para motocicletas de cuatro tiempos de alto rendimiento. Está formulado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y un paquete de aditivos que le confiere las características necesarias para un óptimo desempeño en el sistema integrado del Motor, Transmisión y Embrague.

Figura 54. Componentes que el aceite debe proteger en un Motor 4 tiempos



Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

Celerity 4T JASO MA2, posee propiedades especiales de fricción, facilitando el encendido, igualmente evitando el deslizamiento de los platos húmedos del embrague (pérdida de clutch), optimizando la transmisión de potencia,

características exigidas por los nuevos requerimientos de fricción JASO MA2 que superan a la anterior clasificación JASO MA

Beneficios:

- ✓ Superior protección del motor contra el desgaste en cualquier condición de operación.
- ✓ Protección de extrema presión y antidesgaste en la transmisión.
- ✓ Facilita el encendido.
- ✓ Efectivo control de lodos, depósitos y barnices, motores más limpios, evitando el pegado de anillos.

- ✓ Superior resistencia contra la oxidación del aceite , fundamental para las altas temperaturas de operación, superiores en el carter a 160°C.
- ✓ Superior protección contra la corrosión y herrumbre.
- ✓ Lubricación instantánea en el arranque en frío y estabilidad de viscosidad, SAE 20W-50.
- ✓ Efectivo desempeño en embragues de platos húmedos. (Coeficientes de fricción controlada: DFI, SFI, STI) superior a JASO MA.
- ✓ Cambios suaves, sin vibraciones, desaceleración suaves, con alta eficiencia en la transmisión de potencia muy superior a JASO MA.

Figura 55. Lubricante celerity para motos.



Fuente: Terpel lubricantes

9.6. LUBRICANTES TERPEL PARA MOTORES ESTACIONARIOS A GAS NATURAL.

- **GEOGAS.** es un lubricante de bajo contenido de cenizas (Low Ash: LA), desarrollado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y un balanceado paquete de aditivos que confiere las características exigidas para la lubricación de motores y compresores que trabajan con gas natural.

Posee un contenido de fósforo menor del 0,03 % en peso, requerimiento de los equipos que tienen convertidores catalíticos para control de emisiones.

El contenido de Zinc es aproximadamente de 0,03% en peso, disminuyendo el contenido de cenizas sulfatadas.

Cualidades:

- ✓ Superior resistencia a la nitración y oxidación prolongando los intervalos de lubricación.
- ✓ Excelente protección antidesgaste.
- ✓ Protege contra la acción de ácidos y agua evitando la corrosión y herrumbre.
- ✓ Su bajo contenido de cenizas y la acción detergente – dispersante mantiene la cámara de combustión y demás partes del motor limpias.

Aplicaciones:

GEOGAS se recomienda para motores estacionarios a gas natural turboalimentados y de aspiración natural. Para compresores y unidades integrales motor – compresor a gas natural de la industria petrolera.

El aceite GEOGAS supera los requerimientos de los fabricantes de equipos , Caterpillar, Superior, Dresser – Rand, Waukesha, MWM

- **GEOPLUS.** Es un lubricante de contenido medio de cenizas (MA), está desarrollado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y un balanceado paquete de aditivos tecnología de Salicilato de Calcio que brinda una superior resistencia a la oxidación, mayor limpieza de líneas y durabilidad de T.B.N. Posee una reserva superior alcalina (T.B.N) para proteger el motor que operan con combustibles con bajos contenidos de compuestos sulfurosos evitando el ataque corrosivo.

Figura 56. Motor compresor integral de gas natural.



Fuente: Terpel lubricantes

Cualidades:

- ✓ Superior resistencia contra la oxidación y nitración a alta temperatura de operación.
- ✓ Su tecnología de aditivos de Salicilatos evita la acción sobre componentes de material cobre.
- ✓ Baja tendencia a la formación de cenizas, disminuyendo la formación de depósitos en el motor y evitando la recesión de asientos de válvulas.
- ✓ Excelente protección antidesgaste.
- ✓ Superior protección contra la acción de ácidos, evitando la corrosión.
- ✓ Superiores intervalos de lubricación disminuyendo paradas de equipos mejorando la productividad.

Aplicaciones:

El aceite GEOPLUS se recomienda para motores estacionarios a gas natural turboalimentados y de aspiración natural QUE REQUIERAN UN NIVEL MEDIO DE CENIZAS (MA).

Para compresores y unidades integrales motor – compresor a gas natural de la industria petrolera.

9.7. LUBRICANTES TERPEL PARA TRANSMISIONES AUTOMATICAS ATF Y DIRECCIONES HIDRAULICAS

- **TERPEL DEXRON IID ATF.** El aceite TERMATIC es un fluido para transmisiones automáticas, desarrollo con bases altamente refinadas y un paquete de aditivos que permiten un óptimo desempeño en todas aquellas condiciones de operación en equipos donde un AFT es requerido. Fluido para sistemas de suspensión de telescopicos de motos en general

Beneficios:

- ✓ Operación silenciosa con cambios suaves debido a sus modificadores de fricción.
- ✓ Alta resistencia a la oxidación alargando los periodos de servicio.
- ✓ Viscosidad estable debido a su alto índice de viscosidad.
- ✓ Excelente compatibilidad con sellos y demás componentes.
- ✓ Eficiente transmisión de potencia.
- ✓ Previene la formación de espuma y depósitos.
- ✓ Efectiva protección antidesgaste.

Aplicaciones:

Para transmisiones o cajas automáticas que requiera hasta DEXRON IID.

Direcciones hidráulicas. Sistemas hidráulicos y servotransmisiones de equipos de remoción de tierras y maquinaria agrícola, donde el lubricante ATF es recomendado. Recomendado para sistemas de suspensión de motos y motocarros de todo tipo. Compresores de tornillo y paletas. No usar en Cajas automáticas con controladores electrónicos, en ese caso Requiere DEXRON III TERMATIC.

- **TERPEL DEXRON III ATF.** Máximo requerimiento en lubricantes para transmisiones automáticas, es un producto completamente importado que provee óptimo desempeño en todas aquellas condiciones de operación donde sea requerido un ATF.

Beneficios:

- ✓ Superior estabilidad a la fricción, logrando cambios suaves, eficientes y operaciones silenciosas debido a sus modificadores de fricción.
- ✓ Excelente resistencia a la oxidación.
- ✓ Óptima estabilidad térmica que alarga los períodos de servicio, manteniendo las transmisiones limpias.
- ✓ Superior fluidez a baja temperatura, requerimiento fundamental en transmisiones con controles electrónicos.
- ✓ Viscosidad estable debido a su alto índice de viscosidad.
- ✓ Excelente compatibilidad con sellos y demás componentes del sistema.
- ✓ Eficiente transmisión de potencia.

Aplicaciones:

Ideal para ser aplicado donde esté recomendado un fluido Dexron III, Dexron IIE/IID.

Para transmisiones o cajas automáticas.

Direcciones hidráulicas.

Sistemas hidráulicos y servotransmisiones de equipos de remoción de tierras, maquinaria agrícola, montacargas, donde el ATF es recomendado. Compresores de tornillo y paletas.

9.8. LUBRICANTES TERPEL PARA TRANSMISIONES MANUALES Y DIFERENCIALES

- **Terpel 80W90 GL-5 MT-1 y TERPEL 85W140 GL-5 MT-1.** Es el máximo requerimiento en aceites lubricantes para transmisiones manuales y diferencias automotrices de la actualidad. Este producto supera las últimas exigencias de desempeño en transmisiones manuales no sincronizadas de trabajo pesado, como son los nuevos requerimientos API MT-1 Su mejorada tecnología en aditivos de extrema presión (EP) asegura una efectiva protección de las piezas en operaciones de trabajo pesado. Los aditivos dispersantes mantienen los componentes limpios evitando la formación de depósitos.

Los bajos puntos de fluidez del Multigrado SAE 80W-90 y 85W-140 permiten un efectivo desempeño a bajas temperaturas ambiente y durante el arranque en frío, garantizando una adecuada película lubricante.

Beneficios:

- ✓ Efectiva protección de extrema presión y el desgaste de los sistemas de engranajes que operan bajo condiciones de altas cargas.

- ✓ Evita la formación de espuma garantizando una homogénea película lubricante.
- ✓ Excelente estabilidad térmica y resistencia a la oxidación, previniendo la formación de depósitos y corrosión de las partes sometidas a altas temperaturas.
- ✓ Superior compatibilidad con los componentes de sellos.
- ✓ Sus aditivos dispersantes mantienen el sistema limpio, de acuerdo a los nuevos requerimientos API MT-1.
- ✓ Buena capacidad demulsificante.
- ✓ Tecnología de extrema presión, no corrosiva a los componentes de cobre y bronce.
- ✓ Garantiza superiores intervalos de servicio, alargando la vida útil de los equipos.

Aplicaciones:

Para todo tipo de transmisiones automotrices manuales y diferenciales con engranes hipoidales, donde se recomienden aceites con modificadores de fricción y de extrema presión y donde el control de depósitos y limpieza del sistema es una prioridad.

Para transmisiones manuales no sincronizadas de trabajo pesado con requerimientos API MT-1. Se recomienda también para la lubricación de reductores, cajas de engranajes acoplados, equipos industriales donde se exijan aceites de extrema presión, EP.

Nivel De Calidad:

Nivel de servicio API GL-5, M T-1.

- **Terpel SAE 90 API GL-5 y 140 API GL-5 (monogrados).** Aceite lubricante para transmisiones manuales y diferenciales automotrices. Está desarrollado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y aditivos de extrema presión, tecnología de azufre y fósforo que proporciona la suficiente protección en aquellos mecanismos de engranajes de trabajo pesado.

Beneficios:

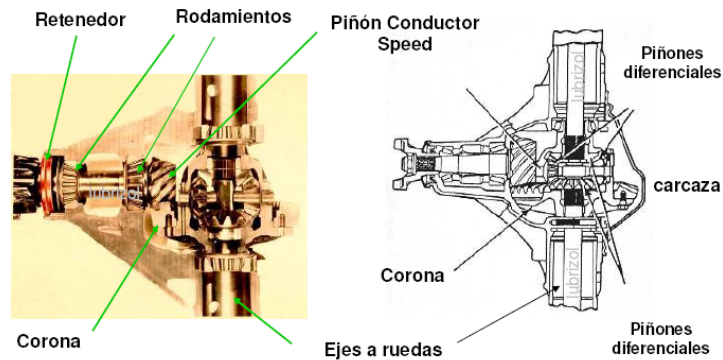
- ✓ Segura protección de extrema presión en sistemas de engranajes que operan bajo condiciones de alta carga.
- ✓ Tecnología de extrema presión no corrosiva a los componentes de cobre y bronce.
- ✓ Alta resistencia contra la oxidación, protege contra la formación de herrumbre.
- ✓ Disminuye la formación de espuma, garantizando una homogénea película lubricante.

Aplicaciones:

El **TRANSTER** se recomienda para vehículos equipados con transmisiones manuales (cajas de cambios) y diferenciales (conjunto de engranajes, corona – speed del eje trasero, planetarios, satélites) donde el fabricante exija lubricantes con propiedades de extrema presión, servicio API GL-5, GL 4.

Se recomienda también para la lubricación de reductores y engranajes de equipos industriales donde se requieren aceites de extrema presión, EP.

Figura 57. Componentes del diferencial o eje trasero.



Fuente: Terpel lubricantes de Colombia.

9.9. LUBRICANTES INDUSTRIALES PARA TORBINAS

R & 0 Aceite para Turbinas. Aceite lubricante elaborado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y un paquete de aditivos libre de cenizas, no contiene compuestos del tipo ditiofosfato de zinc, lo que disminuyendo su impacto ambiental.

La tecnología de aditivos empleada para formular el aceite contiene antioxidantes, antiherrumbrantes, inhibidores de corrosión, deactivadores de metales, antiespumantes, refuerzos antidesgaste y de extrema presión.

Beneficios:

- ✓ Mejoradas propiedades de resistencia contra la oxidación y estabilidad térmica. Lo anterior permite largos períodos de operación con bajos costos de mantenimiento.
- ✓ Protección antidesgaste y de extrema presión.
- ✓ Efectiva protección contra la herrumbre y la corrosión.
- ✓ Alta resistencia a la formación de espuma.

- ✓ Evacuación rápida del aire atrapado, evitando pérdida del rendimiento, lubricación defectuosa y oxidación excesiva del aceite.
- ✓ Rápida separación del agua, eliminando la posibilidad de formar emulsiones persistentes.
- ✓ Apropiaada respuesta de filtrabilidad.

Aplicaciones:

Los grados 32, 46, 68, y 100 se utilizan en turbinas a vapor y gas con o sin requerimientos de protección antidesgaste y de extrema presión.

Otras aplicaciones: turbinas hidráulicas, compresores, sistemas de circulación, de transferencia de calor, unidades hidráulicas, engranajes industriales sin requerimientos de EP y motores eléctricos. (Ver figura 69)

Figura 58. Aplicaciones del aceite Terpel hidráulico.



Fuente: Terpel Lubricantes de Colombia.

- **TERPEL HIDRAULICO ISO 32, 46, 68, 100, 150, 220, 320.**

Lubricante industrial de alto desempeño, calidad PREMIUM que supera todos los requerimientos de los fabricantes de sistemas hidráulicos. Desarrollado con bases lubricantes parafínicas altamente refinadas y un balanceado paquete de aditivos de avanzada tecnología que le confieren gran resistencia contra la oxidación y efectiva protección antidesgaste de los equipos que trabajan en condiciones severas de operación, además proveen una rápida acción antiespumante y una efectiva protección antiherrumbre.

BENEFICIOS:

- ✓ Optima protección antidesgaste.
- ✓ Efectivo control a la corrosión y a la herrumbre.
- ✓ Superior resistencia a la oxidación, las pruebas de oxidación por bomba rotatoria (RBOT), método ASTM D-2272, y la estabilidad a la oxidación, método ASTM D-943, lo confirman.
- ✓ Alta estabilidad térmica e hidrolítica.
- ✓ Adecuada filtrabilidad y compatibilidad con los sellos de sistema.
- ✓ Excelente demulsibilidad y capacidad antiespumante.
- ✓ Permite una respuesta inmediata en la transmisión de potencia.
- ✓ Superiores intervalos de servicio.

Aplicaciones:

Para sistemas hidráulicos en maquinaria industrial, de remoción de tierras, minera, agrícola, grúas, montacargas.

Para maquinaria de fabricación de papel, donde se requiere un fluido hidráulico de alta resistencia a la oxidación, estabilidad térmica, estabilidad hidrolítica y

excelente propiedad de filtrabilidad. En los sistemas de lubricación de Máquinas Herramientas, compresores alternativos, cajas de engranajes donde un lubricante sin extrema presión es requerido.

- **TRACTER HTF.** Fluido hidráulico multipropósito para tractores, supera los más severos requerimientos de los fabricantes de equipos, está desarrollado con un avanzado paquete de aditivos y bases lubricantes altamente refinadas.

Cualidades:

- ✓ Efectivo control antidesgaste, anticorrosivo y antiherrumbre.
- ✓ Alta resistencia a la oxidación y adecuada estabilidad térmica.
- ✓ Rápida acción contra la formación de espuma.
- ✓ Compatibilidad con elastómeros y demás componentes del sistema.
- ✓ Efectiva protección contra el desgaste de engranajes
- ✓ Buena acción de limpieza.
- ✓ Alto índice de viscosidad y bajo punto de fluidez, lo que permite su aplicación en un amplio rango de temperaturas.
- ✓ Reducción sustancial de la vibración de los frenos húmedos. Excelente característica de fricción, lo que permite una alta capacidad de frenado y embrague del PTO (Power Take Off).

Aplicaciones:

Se recomienda para todo tipo de sistema hidráulico en tractores o maquinaria donde se exija un aceite HTF. El TRACTER, se emplea en la lubricación de transmisiones, diferenciales, mandos finales, servotransmisiones, direcciones hidráulicas, frenos húmedos y mandos de implementos hidráulicos.

9.10. ACEITES TERPEL PARA ENGRANAJES INDUSTRIALES

- **ENGRANAJES EP ISO: 68, 100, 150, 220, 320, 460, 680.**

Lubricantes de alto desempeño desarrollados para cumplir con todos los requerimientos de lubricación de engranajes industriales, donde las condiciones de altas cargas, película límite y lubricación Elasto-hidrodinámica EHL son una constante. Está formulado a partir de bases parafínicas y aditivos de extrema presión del tipo azufre – fósforo, que garantizan la suficiente película en condiciones extremas de operación, evitando el contacto metal – metal, tecnología no corrosiva a las aleaciones de cobre y bronce.

Beneficios:

- ✓ Efectiva protección de extrema presión y antidesgaste.
- ✓ Alta resistencia contra la oxidación, prolongando los intervalos de lubricación.
- ✓ Protege contra la herrumbre.
- ✓ Rápida acción antiespumante.
- ✓ Buena separación del agua y estabilidad hidrolítica.
- ✓ Tecnología de extrema presión no corrosiva contra los componentes del sistema.
- ✓ Lubricante compatible con sellos y demás componentes del sistema.

Recomendaciones:

Un adecuado almacenamiento, manejo, aplicación, mantenimiento del lubricante y del sistema de lubricación son la garantía de un óptimo desempeño de los aceites

Revisar periódicamente el nivel del aceite y mantenerlo de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de equipos.

Aplicaciones:

Para gran variedad de engranes helicoidales, doble helicoides, rectos, cilíndricos, tipo sinfín-corona, cónicos espiral y cremallera, aplicados en sistemas cerrados y abiertos de equipos industriales.

Figura 59. EP aceite para engranajes industriales.



Fuente: Terpel Lubricantes.

- **LUBRICANTE ASFALTICO EP.** La línea de lubricantes asfálticos esta formulada a partir de destilados pesados del petróleo y compuestos asfálticos que proveen gran adhesividad y resistencia al barrido por la acción del agua.

Los lubricantes asfálticos EP tienen además aditivos de Extrema Presión que mejoran las propiedades de soporte de cargas severas y de impacto.

Cualidades:

- ✓ Gran adherencia a las superficies metálicas.
- ✓ Excelente resistencia al barrido por el agua.
- ✓ Protege contra la herrumbre.
- ✓ Buenas propiedades demulsificantes.
- ✓ Soporte de cargas severas y de impacto para la línea asfáltica EP.

Aplicaciones:

Recomendados para engranajes abiertos.

Velocidad de operación en la línea de paso (Pitch), 7.5 metros por segundo, máximo.

Otras Aplicaciones:

Lubricación de cables y malacates, cadenas de transmisión en aplicación industrial (trapiches y equipos mineros). La línea de lubricantes asfálticos están desarrollados bajo los criterios de las actuales normas para engranajes ANSI/AGMA 9005.

9.11. ACEITES TERPEL PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS

- **EL ACEITE TERMICO DE TERPEL.** Está formulado a partir de bases parafínicas altamente refinadas y aditivos especialmente desarrollados que le confieren las características necesarias para óptimos desempeños en los procesos de transferencia de calor.

Cualidades de transferencia de calor:

- Gran resistencia a la oxidación y estabilidad térmica evitando la descomposición térmica o “craqueo” del aceite a altas temperaturas y permitiendo largos períodos de operación con bajos costos de mantenimiento.
- Efectiva protección contra la corrosión.
- Su alto índice de viscosidad evita variaciones de viscosidad que pueden alterar la transferencia de calor y el desempeño de la bomba de circulación del aceite.
- Baja presión vapor que evita alteraciones en el desempeño de la bomba y conducción del aceite a través del círculo térmico.
- Excelentes propiedades de conductividad térmica.

Aplicaciones en transferencia calor:

Para todos los sistemas de transferencia de calor que operan hasta los 320°C. En circuitos cerrados o con sello de aceite mediante tanque de expansión o atmósfera sin oxígeno usando por ejemplo Nitrógeno. El GRADO ISO 22/32 es el recomendado para estos sistemas debido a bajos consumos de energía para calentarlo y fácil entrega de calor, además bajos consumos de energía de bombeo para hacerlo circular a través del circuito y paso por filtrado para su mantenimiento.

El grado ISO 100 se usa en sistemas de transferencia de calor abiertos donde el aceite caliente está en contacto directo con el aire, teniendo en cuenta su punto de inflamación para controlar la temperatura de calentamiento.

- **PROCETER.** Aceite de baja viscosidad de aplicaciones multiusos, utilizable en diferentes requerimientos de procesos Industriales.

Aplicaciones:

- ✓ Es un aceite desarrollado con bases parafínicas livianas y color claro, empleado como plastificante secundario en la industria llantera debido a su gran compatibilidad con cauchos naturales del tipo Butílico y SBR. Sus características lo hacen adecuado para la aplicación en la industria de tintas y otros procesos donde se requiera aceite de esta naturaleza.
- ✓ Aceites de baja viscosidad requeridos en los TRATAMIENTOS TERMICOS TEMPLE, en condiciones de operación muy controladas en la temperatura del baño y donde la condición de alta resistencia a la oxidación del aceite (RBOT, RPVOT) no es requerido.
- ✓ Lubricación a pérdida de mecanismos de alta velocidad y en otras aplicaciones donde el ISO 22 es recomendado.
- ✓ Lubricación de fibras, husos, enconadoras de la industria textil, máquinas de la industria de la confección donde se requieren aceites de baja viscosidad y color claro (no blancos) Recomendado para “Flushing” o lavado de depósitos y sistemas donde circula aceite.

Líneas Neumáticas:

En las líneas de aire comprimido y en las propias máquinas neumáticas disponen de un vaso con aceite al lado del vaso que recoge condensado (trampa de aire) ó unidad de mantenimiento. Este aceite lubrica todos los componentes del sistema neumático y es llevado en forma de neblina con el aire comprimido, por lo tanto debe ser de baja viscosidad como el **PROCETER**. El aceite debe mantenerse en su nivel, permanecer limpio y verificar que haya consumo. Si el aceite, por falta de drenar recibe agua del vaso de la trampa, éste se debe cambiar y colocar nuevo.

9.12. LUBRICANTES TERPEL PARA MECANIZADO

- **CORTER 22A, CORTER 32 Y CORTER 46.** La línea de aceites de corte CORTER de TERPEL está desarrollada para satisfacer las necesidades en todas las operaciones de mecanizados de aleaciones ferrosas que requieran un aceite no soluble. El aceite CORTER es libre de Compuestos Clorados.

Cualidades:

- ✓ Efectiva protección de la herramienta de corte.
- ✓ Excelente acabada en piezas mecanizadas.
- ✓ Alta resistencia a la oxidación.
- ✓ Controla la formación de espuma y herrumbre.
- ✓ Buenas propiedades antiniebla.
- ✓ Su color permite buena visibilidad en la pieza durante el mecanizado.
- ✓ Economía en los costos de producción.
- ✓ Buenas condiciones de Índice de Viscosidad que permiten mantener su viscosidad en las diferentes de temperaturas del mecanizado.

Aplicaciones:

- ✓ El aceite CORTER 22A se recomienda para uso general en el mecanizado de metales ferrosos tenaces.
- ✓ Los aceites CORTER 32 y 46 son aplicados en los procesos más severos de mecanizado de metales ferrosos tales como: aceros de bajo carbono, aleaciones de alto níquel y monel (aleación natural de Ni y Cu principalmente), etc.

La tecnología de aditivos utilizada en los aceites CORTER 32 y 46 no es corrosiva en mecanizado de metales de aleaciones de cobre.

Para mecanizados como: roscado, brochado, tarrajado, tallado de engranes, trabajo automático de maquinado de tornillos y tuercas, taladrado severo. El CORTER 22A,

se recomienda para aquellas aplicaciones donde se cambia de un aceite refrigerante de mecanizado tipo Soluble a tipo no soluble. Tomar todas las precauciones de evitar contaminarlo con residuos del aceite SOLUBLE y/o agua.

- **Terpel Adhesivo.** Está formulado con bases altamente refinadas y un paquete de aditivos: antioxidante, anti-herrumbrante, antiespumante, que le confieren además gran adhesividad al aceite.

Cualidades:

- ✓ Su balanceado paquete de aditivos le otorgan excelente respuesta antioxidante, previniendo la formación de herrumbre, espuma. Alta adherencia a las superficies que lubrica, no se escurre, no salpica.

Aplicaciones:

- ✓ El aceite ADHESIVO se ha desarrollado para lubricar husos en maquinaria textil y en todos aquellos mecanismos que trabajen con carga moderada y alta velocidad.
- ✓ Para guías de deslizamiento, para lubricación gota a gota o aplicada en todo tipo cadenas, transportadores eslabonados, entre otros mecanismos y en general en todas aquellas operaciones donde se requiere que el lubricante no se escurra de su punto de aplicación o salpique en su proceso de desempeño.
- ✓ Por su adherencia es ideal para cadenas de motosierras, engranajes abiertos de baja carga
- ✓ La propiedad adherente del aceite permite mantener un película protectora contra la herrumbre cuando las superficies lubricadas este en reposo en períodos largos.

- **PROCETER.** Aceite de baja viscosidad de aplicaciones multiusos, utilizable en diferentes requerimientos de procesos Industriales.

Aplicaciones:

- ✓ Es un aceite desarrollado con bases parafínicas livianas y color claro, empleado como plastificante secundario en la industria llantera debido a su gran compatibilidad con cauchos naturales del tipo Butílico y SBR. Sus características lo hacen adecuado para la aplicación en la industria de tintas y otros procesos donde se requiera aceite de esta naturaleza.
- ✓ Aceites de baja viscosidad requeridos en los TRATAMIENTOS TERMICOS TEMPLE, en condiciones de operación muy controladas en la temperatura del baño y donde la condición de alta resistencia a la oxidación del aceite (RBOT, RPVOT) no es requerido.
- ✓ Lubricación a pérdida de mecanismos de alta velocidad y en otras aplicaciones donde el ISO 22 es recomendado.
- ✓ Lubricación de fibras, husos, enconadoras de la industria textil, máquinas de la industria de la confección donde se requieren aceites de baja viscosidad y color claro (no blancos).
- ✓ Recomendado para “Flushing” o lavado de depósitos y sistemas donde circula aceite.

Líneas Neumáticas:

En las líneas de aire comprimido y en las propias máquinas neumáticas disponen de un vaso con aceite al lado del vaso que recoge condensado (trampa de aire) ó unidad de mantenimiento. Este aceite lubrica todos los componentes del sistema neumático y es llevado en forma de neblina con el aire comprimido, por lo tanto debe ser de baja viscosidad como el **PROCETER**. El aceite debe mantenerse en su

nivel, permanecer limpio y verificar que haya consumo. Si el aceite, por falta de drenar recibe agua del vaso de la trampa, éste se debe cambiar y colocar nuevo.

10. ENTORNO Y LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

10.1. SISTEMA DE INFORMACIÓN

10.1.1. Definición:

“Un sistema de información se define como un conjunto formal de procesos que, operando sobre una colección de datos estructurada según las necesidades de la empresa, recopilan, elaboran y distribuyen la información (o parte de ella) necesaria para las operaciones de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes (decisiones), para desempeñar su actividad de acuerdo a su estrategia de negocio”¹⁸

Un SI está conformado por interrelación de una Dimensión Humana, una Dimensión Tecnológica y una Dimensión organizativa, que tiene como objetivo entregar información oportuna y precisa, con la presentación y el formato adecuados, a la persona que la necesita dentro de dicha organización para tomar una decisión o realizar alguna operación y justo en el momento en que esta persona necesita disponer de dicha información¹⁹.

Se define entonces un S.I. (Sistema de Información) como un conjunto de personas, actividades, datos, redes y tecnología integrados entre sí con el objetivo de brindar soporte y ayudar al mejoramiento de las operaciones cotidianas de una organización, así como satisfacer las necesidades de información para la solución de problemas y toma de decisiones por parte de los directivos de la misma.

Las características necesarias en todo sistema de información son:

¹⁸ PIATTINI, Mario G. Análisis y Diseño de Aplicaciones Informáticas de Gestión: Una perspectiva de Ingeniería del software. México: Alfaomega; Madrid: Ra-Ma, 2004

¹⁹ GÓMEZ V., Álvaro, SUÁREZ R., Carlos. Sistemas de Información – Herramientas prácticas para la gestión empresarial. Primera edición. México. Alfa omega Ra-Ma, 2004

- ✓ Disponibilidad de información cuando es necesario y por los medios adecuados. Suministro de información de manera selectiva.
- ✓ Variedad en la forma de presentación de la información.
- ✓ Grado de inteligencia incorporado al sistema.
- ✓ Tiempo de respuesta del sistema.
- ✓ Exactitud.
- ✓ Generalidad, como las funciones para atender a las diferentes necesidades.
- ✓ Flexibilidad, capacidad de adaptación.
- ✓ Fiabilidad, para que el sistema opere correctamente.
- ✓ Seguridad, protección contra pérdidas.
- ✓ Reserva, nivel de repetición del sistema para evitar pérdidas.
- ✓ Amigabilidad para el usuario.

10.1.2. Datos e Información.

Estos elementos son fundamentales en la definición de lo que es un Sistema de Información, ya que determinan la finalidad de su función, por lo es conveniente la diferenciación entre los dos.

Los datos reflejan hechos la organización que están todavía sin procesar. La información se obtiene una vez que estos hechos se procesan, agregan y se presentan de manera que puedan ser útiles dentro de la organización; estos datos organizados y procesados ofrecen un mayor valor que en su estado original. Ese proceso de transformación, agregación y presentación es realizado por el SI.

La Información debe cumplir con una serie de requisitos, persiguiendo el objetivo de ser útil para la organización en la medida que facilite la toma de decisiones, algunos de ello:

- ✓ Exactitud: La información ha de ser precisa y libre de errores.
- ✓ Completitud: La información debe contener todos aquellos hechos que pudieran ser importantes.

- ✓ Economía: El coste en que se debe incurrir para obtener la información debería ser menor que el beneficio proporcionado por ésta a la organización.
- ✓ Confianza: Para dar crédito a la información obtenida, se ha de garantizar tanto la calidad de los datos utilizados, como las fuentes de información.
 - ✓ Relevancia: La información ha de ser útil para la toma de decisiones. En este sentido, conviene evitar todos aquellos hechos que sean superfluos o que no aporten ningún valor.
 - ✓ Nivel de detalle: La información debería presentar el nivel de detalle indicado a la decisión que se destina. Se debe proporcionar con la precisión y el formato adecuado, para que resulte sencilla y fácil de manejar.
 - ✓ Oportunidad: se debe entregar la información a la persona que corresponde y en el momento en que ésta la necesita para tomar una decisión.
 - ✓ Verificabilidad: La información ha de poder ser contrastada y comprobada en todo momento.

10.2. APLICACIONES WEB

La World Wide Web (WWW) es un servicio de internet, de tipo cliente-servidor, diseñado para la publicación de contenidos a través de internet, utilizando el protocolo HTTP (hypertext transfer protocol) y el lenguaje HTML (hypertext marked language). El lenguaje HTML permitía crear enlaces entre documentos o páginas web. Los servidores de páginas web estáticas tradicionales, con el tiempo han ido evolucionando incorporando contenidos generados dinámicamente, adaptados a las necesidades del usuario, mejorando las capacidades de imagen y funcionalidad.

El lenguaje HTML se fue enriqueciendo en cada nueva versión, y a partir de HTML 4.0, se introdujo por DHTML (Dynamic HTML) para referirse a la combinación de las nuevas tecnologías constituidas por HTML junto con las hojas de estilo CSS y los lenguajes scripts, como JavaScript, que permitían la realización de páginas web con cierto contenido dinámico. Con las tecnologías DHTML, los navegadores web

adoptan un modelo común (el Document Object Model) que es una interfaz abstracta, independiente del lenguaje, que permite a los programas y scripts cliente acceder y modificar dinámicamente el contenido, estructura y el estilo de un documento. Además, las hojas de estilo (CSS) permiten separar el formato del contenido en las páginas HTML.

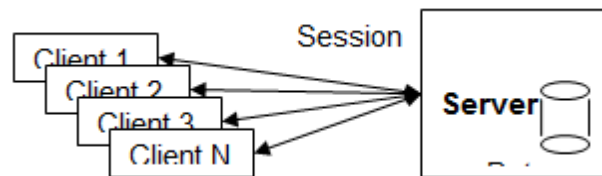
Posteriormente, aparecen lenguajes tanto para la parte cliente como para la parte servidora. Entre los primeros cabe destacar JavaScript, que permite acceder y modificar el comportamiento del navegador y acceder al modelo del documento (DOM) citado anteriormente, permitiendo el desarrollo de interfaces más avanzadas que hasta entonces. Entre los lenguajes de servidor, el CGI (Common Gateway Interface) permitió la ejecución de scripts en el servidor que generaban las primeras páginas dinámicas, reemplazado paulatinamente por otros lenguajes embebidos en HTML como las Active Server Pages (ASP) de Microsoft, implementadas en VBScript, o PHP.

Por otra parte, la aparición de los applets java, de Sun Microsystems, y los controles ActiveX de Microsoft, posibilitaron la difusión de aplicaciones cliente gráficas, ejecutadas en los terminales cliente, descargadas del servidor por el navegador. Los problemas de seguridad de los controles ActiveX, y ciertos inconvenientes de los applets (tiempo de descarga elevado, necesidad de instalación de la máquina virtual apropiada, restricción de la aplicación en el acceso a recursos o mecanismos de firmado para evitar problemas de seguridad) propiciaron el cambio de paradigma hacia clientes ligeros que se limitan a mostrar la información HTML generada en el servidor.

10.2.1. Componentes de la Arquitectura Cliente/Servidor

Esta arquitectura permite el acceso concurrente de los clientes a los recursos del servidor, y permite también establecer un control centralizado en el acceso a estos recursos, establecer políticas de seguridad relativas al acceso a estos recursos.

Figura 60. Modelo Cliente/Servidor



En los sistemas cliente/servidor, de acuerdo al nivel de abstracción del servicio que ofrecen, se pueden distinguir tres componentes básicos del software:

Presentación: se refiere al conjunto de objetos visuales que se presentan al usuario encargados de mostrar y recolectar información.

Lógica de la aplicación: es el nivel responsable del procesamiento de la información que tiene lugar en la aplicación.

Base de datos: está compuesta por los archivos que contienen los datos de la aplicación.

De acuerdo al manejo de estos niveles se pueden generar arquitecturas de diferentes capas.

10.3. PLATAFORMA DE DESARROLLO

En el desarrollo de este proyecto se utiliza una arquitectura de tres capas, debido a las ventajas que ofrece, como la creación de aplicaciones dinámica en cuanto a su contenido y que permite realizar sistemas escalables y fáciles de mantener.

La implementación de la aplicación está hecha de la siguiente manera:

Nivel 1: Interfaz con el usuario, el cliente utiliza un navegador web.

Nivel 2: Se encuentra el servidor web y la aplicación web, conformada por páginas PHP que implementan la presentación, las operaciones y la conexión con la base de datos.

Nivel 3: En el servidor se encuentra la base de datos de la biblioteca. El manejador de base de datos es MySQL.

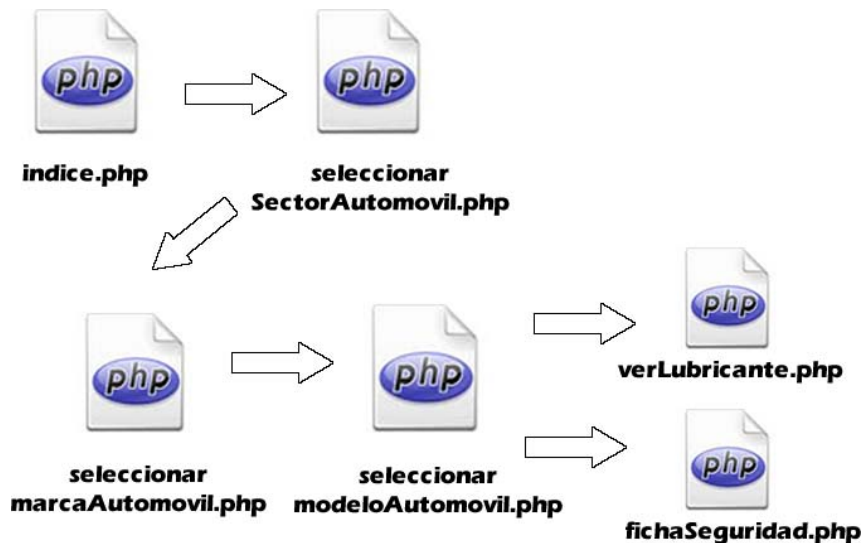
10.3.1. Lenguaje de programación: PHP.

- **PHP** es un lenguaje de programación interpretado, diseñado originalmente para la creación de páginas web dinámicas. Es usado principalmente en interpretación del lado del servidor (server-side scripting). Puede ser desplegado en la mayoría de los servidores web y en casi todos los sistemas operativos y plataformas sin costo alguno. El lenguaje PHP se encuentra instalado en más de 20 millones de sitios web y en un millón de servidores.

PHP es un acrónimo recursivo que significa PHP Hypertext Preprocessor. Publicado bajo la PHP License, significa que es Software Libre. Cuando el cliente hace una petición al servidor para que le envíe una página web, el servidor ejecuta el intérprete de PHP. Éste procesa el script solicitado que generará el contenido de manera dinámica (por ejemplo obteniendo información de una base de datos). El

resultado es enviado por el intérprete al servidor, quien a su vez se lo envía al cliente.

Figura 61. Estructura global de páginas PHP.



10.3.2. Base de datos.

Una Base de Datos es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados para su posterior uso. En la Base de Datos se almacena información considerada necesaria para la organización o negocio.

- **Modelos de Base de Datos**

Las Bases de Datos se pueden clasificar de acuerdo a su modelo de Administración de Datos. Algunos modelos de bases de datos son:

1. **Bases de Datos Jerárquicas:** En este modelo los datos se organizan en una forma similar a un árbol, en donde un nodo padre puede tener varios hijos. El nodo sin hijos se le denomina hoja y el nodo que no tiene padres es llamado raíz.

2. **Bases de Datos de Red:** En este modelo se permite que un mismo nodo tenga varios padres, ofrece una solución a la redundancia de datos pero existe dificultad en administrar la información en un modelo de este tipo.
3. **Bases de Datos Relacionales:** Es el modelo más utilizado en la actualidad para modelar problemas reales y administrar datos dinámicamente. Su idea fundamental es el uso de relaciones. Estas relaciones pueden considerarse lógicamente como conjuntos de datos llamados registros. Cada relación es una tabla que está compuesta por registros o filas, que representan las registros, y los campos o columnas de la tabla. La información se recupera mediante consultas que ofrecen flexibilidad para administrar la información. EL lenguaje más habitual para realizar consultas en bases de datos relacionales es el SQL, o Lenguaje de Consulta Estructurado, por sus siglas en ingles. Un estándar implementado por la mayoría de motores o sistemas de gestión de bases de datos.

10.3.3. Manejador o Gestor de Bases de Datos.

Un DBMS, Database Management System, es un tipo de software dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan, para almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las principales funciones de un DBMS son:

- Crear organizar la BD.
- Establecer y mantener las trayectorias de acceso a la Base de Datos de tal manera que los datos puedan accederse rápidamente.
- Manejar los datos de acuerdo a las peticiones de los usuarios.
- Registrar el uso de las BD.

- Interactuar con el manejador de archivos, el DBMS es el responsable del almacenamiento lógico y físico de los datos.
- Respaldo y recuperación: consiste en contar con mecanismos implantados que permitan la recuperación de los datos en caso de ocurrir fallas al sistema de base de datos.
- Control de concurrencia: consiste en controlar la interacción entre los usuarios concurrentes para no afectar la consistencia de los datos.
- Seguridad e integridad: proveer mecanismos que permitan el control de la consistencia de los datos evitando que estos sean vistos o manipulados por usuarios no autorizados.

El gestor de base de datos utilizado para el sistema de información es MySQL , un popular DBMS de código abierto (ofrece bajo la GNU GPL). MySQL es una base de datos muy rápida en la lectura y es muy usada en entornos intensivos en lectura de datos, lo que hace a MySQL ideal para aplicaciones web.

El diagrama del modelo de datos diseñado para el Sistema de Información de este trabajo se ilustra a continuación:

Figura 62. Diagrama del modelo de datos.

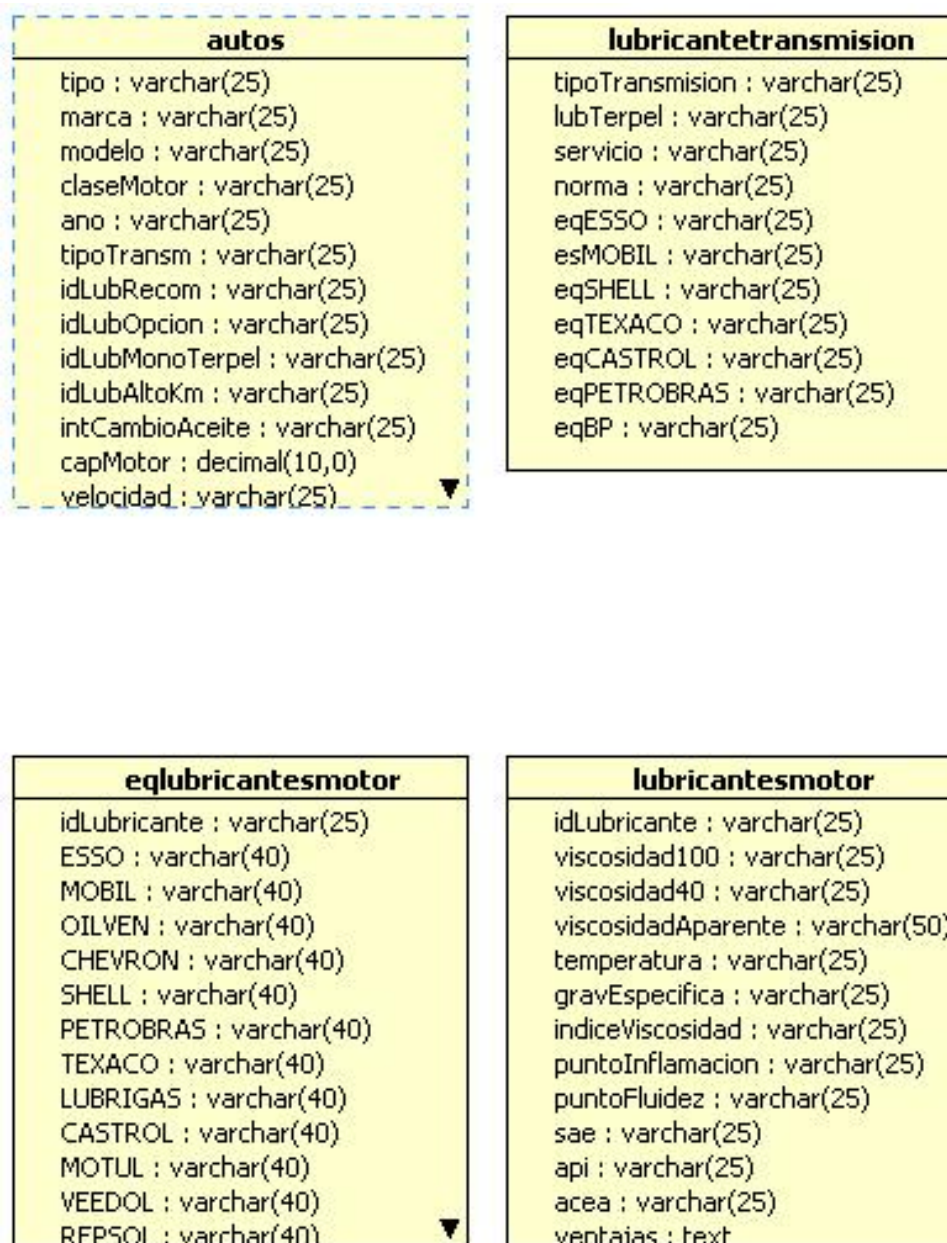
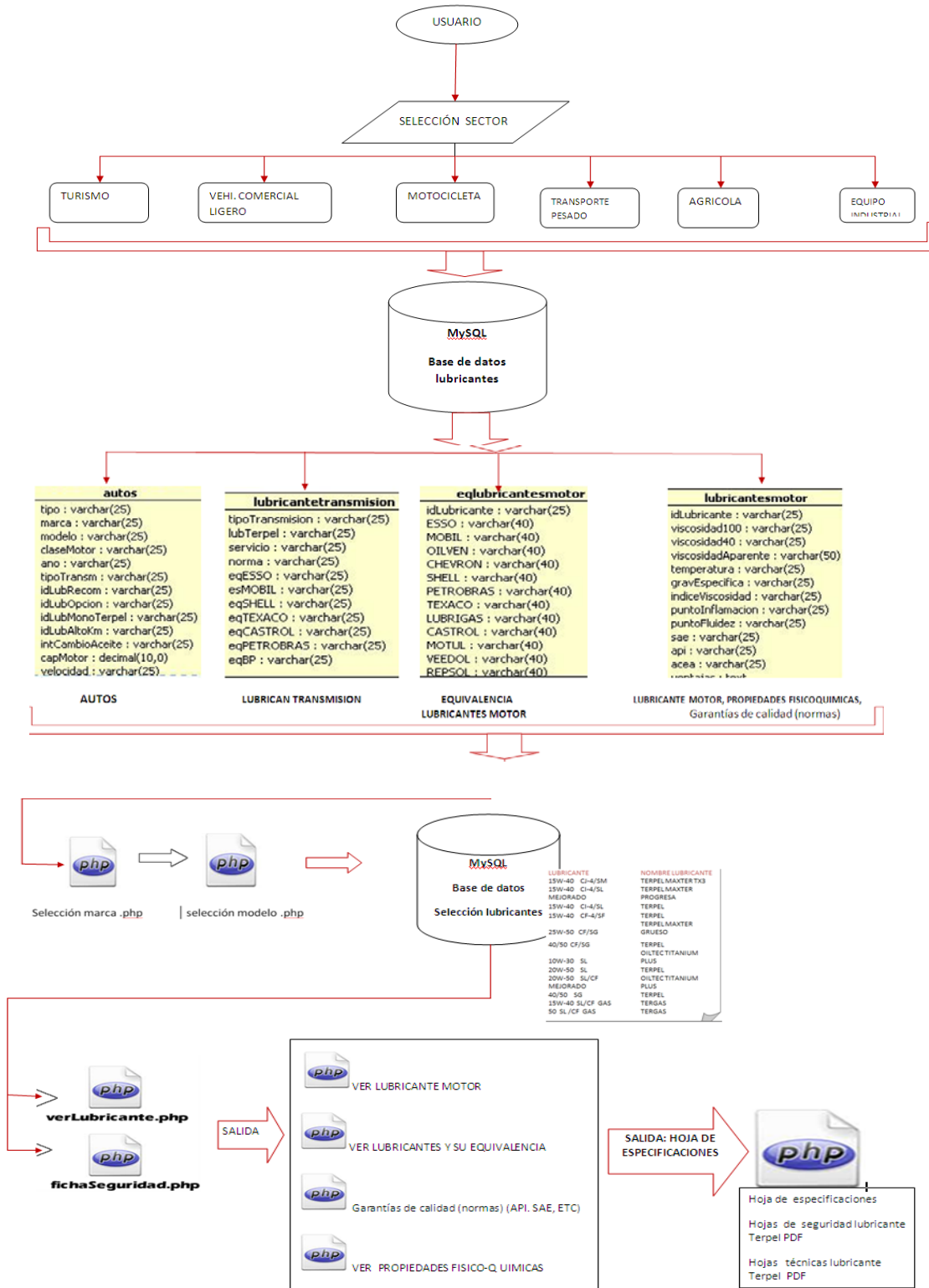


Figura 74. Estructura de plataforma de desarrollo para lubricación.



11. ELABORACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACION

11.1. INVESTIGACIÓN PRELIMINAR

En esta fase se desarrolló un estudio preliminar con la participación de la Organización Terpel S.A sobre recopilación de información en maquinas industriales y maquinaria automotriz que se utiliza en la industria colombiana. Con esta recopilación de información se establecieron criterios para poder seleccionar el lubricante adecuado en estas maquinas y equipos.

Estos criterios están basados de acuerdo al tipo de mecanismo en el cual trabajará el lubricante.

11.1.1. Análisis documental.

En esta etapa se recolecto la información necesaria para el desarrollo del proyecto, se busco información en internet referente al tema automotriz y sector agrícola como sus marcas, modelos, tipo de motor (diesel, gasolina, gas.), propiedades mecánicas del motor (torque, velocidad rpm) y temperatura ambiente de operación en la cual trabaja la maquina, se realizaron consultas con el director de proyecto para tener asesoría sobre lubricantes automotrices e industriales.

Los temas que se consultaron y la recopilación de datos que se obtuvieron con el director de proyecto y la empresa Terpel fueron:

Marcas y modelos (año), en cada uno de los siguientes sectores:

Sector turismo

Sector motos

Sector vehículos comercial ligero

Sector transporte, se encuentran las categorías:

Diesel pesado

Buses

Sector agrícola, se encuentran las categorías:

Manipuladores telescópicos

Tractores de cadena

Mini cargadores

Carretillas elevadoras

Motores estacionarios

Tractores de ruedas

Cargadoras de ruedas

Sector equipos industriales, se encuentran las categorías:

Equipo hidráulico industrial

maquina herramientas industriales (mecanizado).

industria de bombas compresores y turbinas

En cada uno de los sectores mencionados anteriormente se consultó el tipo de motor de acuerdo a la marca y modelo como (diesel, turbodiésel, gasolina, gas), y tipo de transmisión. En el sector de vehículos de turismo, comercial ligero, y transporte, se recopilaron datos también como: Torques (N-m), velocidades (Rpm), temperatura de operación (°C), temperatura ambiente en la cual trabaja el vehículo.

Sector turismo: Se entiende por vehículos de turismo todos aquellos destinados al transporte de 4 o 5 personas de acuerdo al volumen del vehículo. Estos vehículos pueden ser utilizados tanto en recorridos urbanos como en carretera, están provistos de diferentes configuraciones de carrocerías bien sean coupes o hatchback o vehículos todo terreno también hay que añadir a este grupo los Sport Utility Vehicle (SUV) o vehículos utilitarios que son diseñados para familias de más de 5 pasajeros o para quienes utilizan el auto también para trabajar, estos pueden estar provistos de motores diesel o gasolina dependiendo de la disponibilidad del usuario también hay aquellos que funcionan con gas híbridos y eléctricos.

Vehículos Comercial Ligero: Los vehículos comercial ligero regularmente son vehículos de motorizaciones muy cercanas a los vehículos familiares de turismo pero cuya destinación es al trabajo de manejo de mercancías no muy grandes y pesadas de hasta 3.5 toneladas estos vehículos no gozan de las comodidades de los vehículos de turismo pero en cambio si tienen mucho espacio disponible. Además, son accesibles por el gran número de puertas, son voluminosos y pueden llegar a ser tan económicos en combustible y mantenimiento como un vehículo de turismo.

Sector diesel pesado: Los vehículos de carga pesada son básicamente los encargados del manejo de mercancías de gran peso y volumen de acuerdo a la necesidad del usuario. Normalmente estos vehículos usan motores de alto cilindraje, potencia y torque necesarios para la locomoción de estos enormes vehículos.

Sector autobuses: son vehículos de carga pero destinados al transporte de pasajeros, a diferencia de los de turismo, estos son de uso colectivo, fueron creados para desarrollar sistemas de transporte masivos en las grandes ciudades

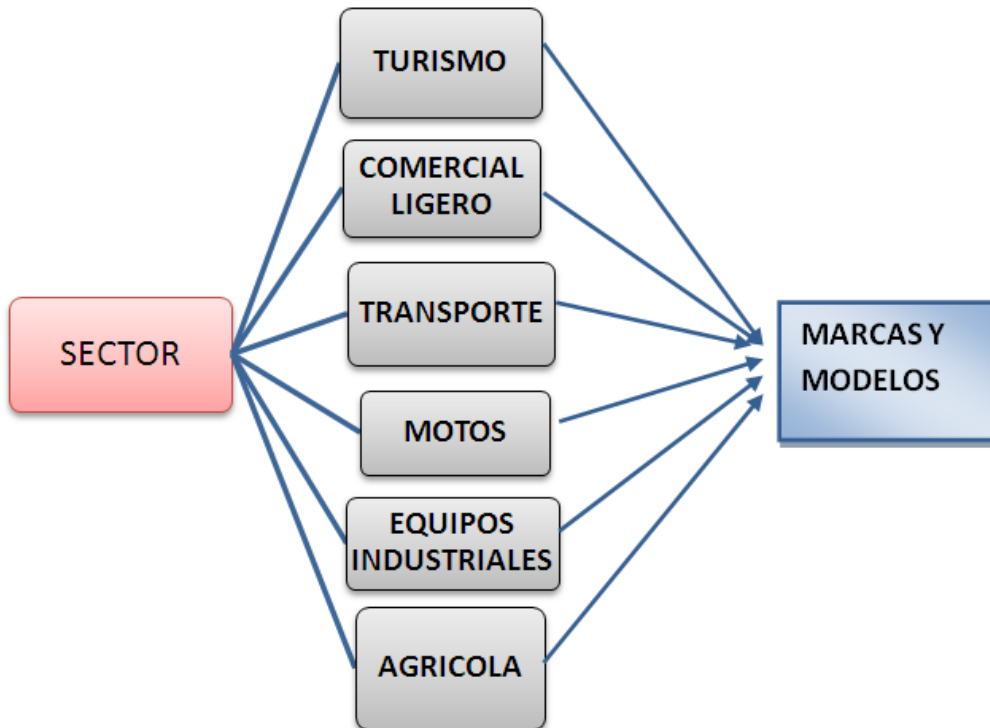
así como también en las rutas interprovinciales. Estos buses utilizan grandes motores de alto cilindraje potencia y torque.

Sector agrícola y tractores: son vehículos especiales autopropulsados que se usan para arrastrar o empujar remolques, aperos u otra maquinaria o cargas pesadas. Hay tractores destinados a diferentes tareas, como la agricultura, la construcción, el movimiento de tierras o el mantenimiento de espacios verdes profesionales (tractores compactos). Se caracterizan principalmente por su buena capacidad adherencia al terreno.

Sector Equipo Industrial: estas maquinas son las que se utilizan en la industria de cualquier tipo de producto, estas son capaces de hacer, maquinar o producir grandes cantidades del producto. También se utilizan para trabajos muy pesados que un empleado no lo puede hacer por su propia mano, se utilizan para ensamblar, cortar o pegar cualquier tipo de material en cantidades industriales.

La Figura 63 muestra algunos de los sectores automotrices que se tuvieron en cuenta para el desarrollo de la base de datos. Con esta información se realizó un estudio del lubricante correcto que debe utilizar cada sector.

Figura 63. Recopilación de datos por sectores



11.2. ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

El análisis para el diseño y desarrollo del sistema parte de la base de flujo principal de la información de lubricación en cada máquina, las propiedades básicas sobre las que gira toda la estructura de información en el sistema son generadas a partir de las preguntas que componen la idea básica de un sistema para la recomendación del aceite más adecuado en un vehículo y maquinaria industrial teniendo en cuenta los sectores que se describieron anteriormente.

La estructura general del sistema esta compuesta por tres partes esenciales:

1. Aceites para la Industria automotriz basados en los sistemas de lubricación SAE y API.

Tabla 25. Aceites para la industria automotriz

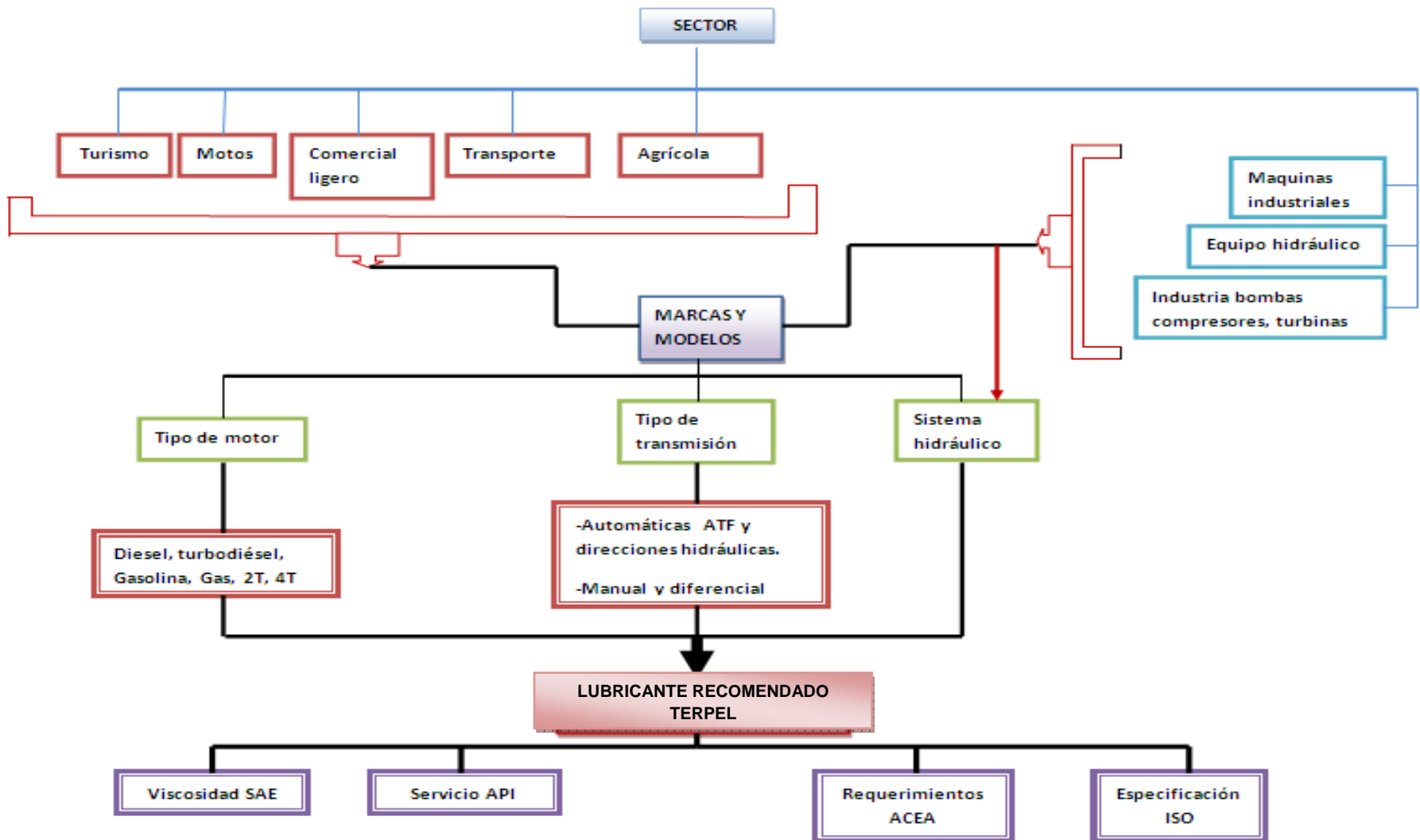
ACEITES PARA LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ SISTEMAS (SAE,API)
Motores a gasolina
Motores diesel
Motores a gas
Motores 2T y 4T
Trasmisiones
Motores fuera de borda
Maquina agrícola

2. Aceites para maquinas industriales según sistema de lubricación ISO.

Tabla 26. Aceite para máquinas industriales.

ACEITES PARA MAQUINAS INDUSTRIALES SISTEMA ISO
Equipos Hidráulicos
Turbinas
Equipos térmicos
Transferencia de calor
Dieléctricos
Aceites para Mecanizado

Figura 64. Estructura Del Sistema.



3. Se desarrollaron tablas de equivalencias según la selección del lubricante recomendado por la empresa Terpel con empresas nacionales e internacionales especializadas en la fabricación de este producto. En la Tabla 27 se muestra Las empresas que se tuvieron en cuenta para realizar la equivalencia de lubricantes.

Tabla 27. Tabla de equivalencia de lubricantes TERPEL con otras industrias

LUBRICANTE	Equivalencia Lubricante Con Otras Empresas
RECOMENDACIÓN TERPEL	ESSO
	ELF
	SHELL
	TEXACO
	MOBIL
	CASTROL
	REPSOL
	VENOCO
	PETROBRAS
	CHEVRON
	BP
	TOTAL
	GULF

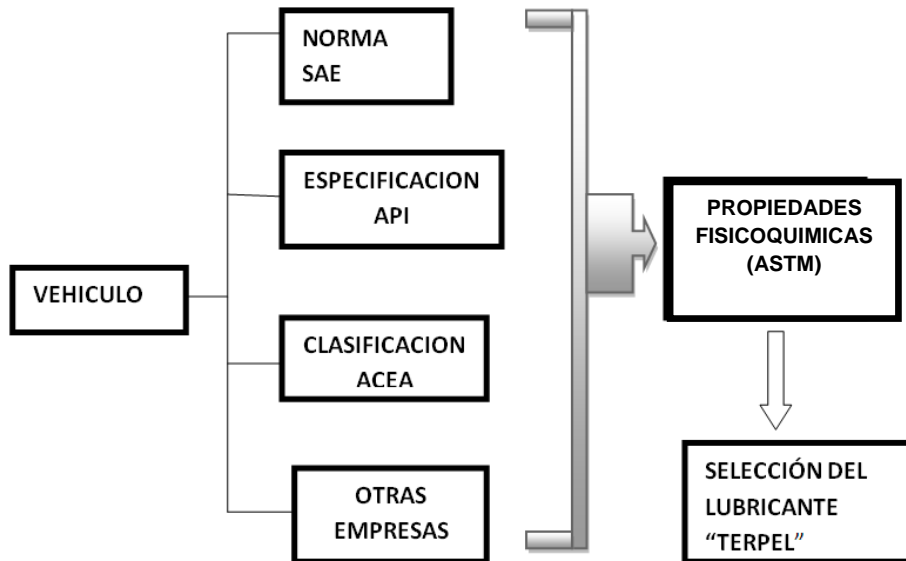
Para una selección correcta del lubricante “Terpel” en el sector automotriz, se tuvo en cuenta las especificaciones de calidad de aceites para motores estas son:

- ✓ Viscosidad del lubricante norma SAE ya sea lubricante Monogrado o multigrado
- ✓ Especificación API
- ✓ Clasificación ACEA
- ✓ Especificación ISO
- ✓ Otras empresas que establecen normas de calidad en los aceites.
GENERAL MOTORS, FORD, VOLKSWAGEN, MERCEDES BENZ, BMW, PORSCHE, VOLVO, SCANIA, IVECO, CUMMINIS, FIAT, JOHN DEERE, CATERPILLAR, PEUGEOT, ROVER, ROLLS ROICE, MAN, MACK.

De igual forma se encuentran las propiedades del lubricante:

- ✓ propiedades termo químicas y físico químicas de acuerdo a la sociedad americana para ensayos y materiales (ASTM) Para mayor documentación hacer referencia al capítulo 4.

Figura 77. Normas para una selección correcta del lubricante.



En el sector industrial y agrícola se utilizan los lubricantes en una amplia variedad de equipos y aplicaciones. Esto se refiere a todas las clases de productos destinados a la lubricación de máquinas industriales, como por ejemplo los sistemas hidráulicos, las turbinas, los compresores, los cojinetes, las cajas de cambios abiertas ó cerrados, las herramientas neumáticas y las transmisiones industriales.

De todas estas categorías, la que posee el mayor volumen es la de los aceites hidráulicos, los cuales se utilizan en los controles hidráulicos de las máquinas de construcción, las instalaciones industriales, etc. Estos líquidos normalmente contienen un agente antidesgaste para minimizar el desgaste de las bombas.

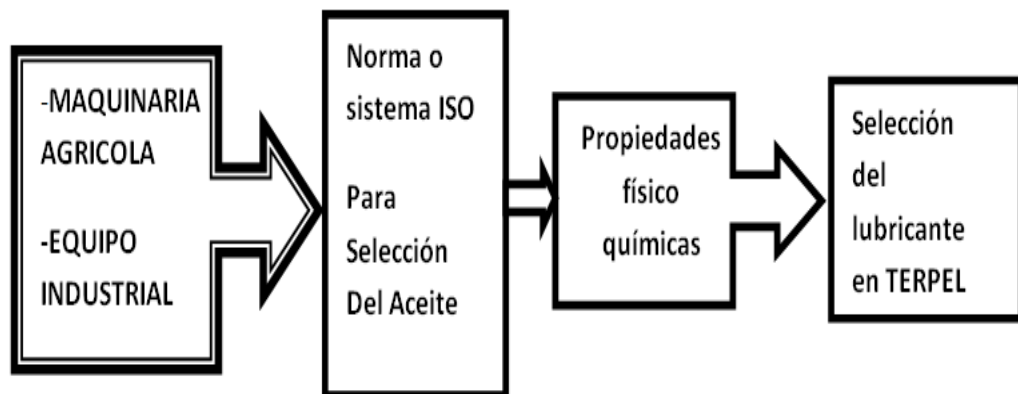
Por lo general, la inserción de aditivos en los lubricantes industriales, excepto en los productos con aplicaciones especiales, no es muy común (un máximo de 5%), pero lo que sí es fundamental, es el equilibrio entre los diferentes aditivos para alcanzar un rendimiento específico.

Estos productos, aparte de satisfacer ciertos requisitos físico-químicos, en muchos casos también tienen que aprobar unas pruebas tribológicas (con respecto a la fricción y el desgaste) o pruebas de equipo que simulan el uso real y en el cual está instalado un componente crítico (p.ej. las bombas para los circuitos hidráulicos)

Las especificaciones del sector provienen de instituciones (ISO, IEC, DIN, BS, etc.) o de fabricantes de componentes o máquinas (EATON VICKERS, DAVID BROWN, DENISON, ALSTHOM, SIEMENS, etc.).

Para una mayor información de una correcta lubricación en estas máquinas industriales referirse al capítulo 6, y para lubricación en transmisiones ver capítulo 5.

Figura 78. Selección del lubricante Terpel para maquinaria agrícola y equipo industrial



Fuente: Autor

NOTA: Los lubricantes tienen un papel tan importante en las diferentes aplicaciones industriales y maquinaria automotriz que se requiere un cuidado máximo a la hora de elegir un lubricante. La ORGANIZACIÓN TERPEL ofrece a sus clientes una amplia gama de lubricantes desarrollados especialmente para cada equipo a lubricar. Desde el más sencillo aceite de lubricación general

hasta el más sofisticado lubricante para gama automotriz y gama industrial. Para cada uno de ellos se han seleccionado las bases y los aditivos más adecuados según las temperaturas y las condiciones de trabajo, en el capítulo 9 se muestra un portafolio de lubricantes que maneja la empresa, con el fin de ofrecerle al cliente la selección y utilización de un producto en específico.

11.3. DISEÑO

Después de haber realizado un estudio preliminar, se procedió al diseño del sistema propuesto teniendo en cuenta las especificaciones de requerimientos establecidos en la fase de análisis y los objetivos planteados al inicio del proyecto.

11.3.1. Modelo funcional.

11.3.1.1. Diseño de interface.

En este diseño se estableció la disposición y los mecanismos para la interacción Hombre- máquina se tuvo en cuenta un diseño cuidadoso para asegurar que los elementos más importantes sean inmediatamente accesibles para el usuario. Los elementos importantes o utilizados con más frecuencia tienen una posición prominente.

La interfaz tiene facilidades, las cuales son pistas visuales de la función de un objeto, los botones los mandos son todos facilidades, solo con mirarlos puede deducirse su propósito, y mantiene la coherencia en toda la aplicación. El principio más importante en el diseño de la interfaz fue la sencillez. El color de la interfaz fue tomado de los colores institucionales que maneja la empresa

TERPEL, los cuales son colores suaves y neutros. Las fuentes son fácilmente legibles por el usuario.

Figura 79. Interfaz de usuario

TERPEL
Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector marca modelo lubricante

**1. seleccione el sector
automotor**

[TURISMO](#)
[COMERCIAL LIGERO](#)
[MOTOCICLETAS](#)
[DIESEL PESADO](#)
[AUTOBUSES](#)
[MANIPULADORES TELESCOPICOS](#)
[TRACTORES DE CADENA](#)
[MINICARGADORES](#)
[MOTORES ESTACIONARIOS](#)
[TRACTORES DE RUEDAS](#)
[CARGADORAS DE RUEDAS Y](#)
[RETROEXCAVADORAS](#)

buscar

sector automotor

Tipo.php#

11.3.1.2. Diseño por selección de sector.

Figura 80. Selección por sector automotor.



En este ambiente de diseño se puede seleccionar el tipo de sector en que se dese navegar, estos sectores fueron selesccionados buscando la comodidad del usuario y los requerimientos de la empresa, en cada sector automotriz sepuede indagar para que se despliegue la informacion de las diferentes marcas de automoviles. (ver figura 80)

figura 81. Selección de la marca del vehículo

TERPEL
Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector marca modelo lubricante

2. seleccione la marca del automotor

buscar

sector automotor
COMERCIAL LIGERO

CHRYSLER incl. JEEP
CITROEN
DACIA
DAEWOO
DAIHATSU
FIAT
FORD
HONDA
HYUNDAI
ISUZU
KIA
LAND ROVER incl. RANGE ROVER
MAZDA
MERCEDES-BENZ
MITSUBISHI
NISSAN
PEUGEOT
RENAULT
SEAT
SKODA

LIGERO&marca=MAZDA

Seguidamente, después de la selección de la marca del vehículo, se muestra los diferentes modelos con tipo de motor ya sea gasolina (G), diesel (D), turbodiésel (DT), gas (GNV) y año en que salió el vehículo al mercado.

Figura 82. Selección del tipo modelo del motor.

TERPEL
Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector marca modelo lubricante

3. seleccione el modelo del automotor

buscar

sector automotor
COMERCIAL LIGERO


marca
MAZDA

MODELO	MOTOR
<u>B1800</u>	G 1977-1985
<u>B2000</u>	G 1985-1999
<u>B2500 Diesel Pick-up</u>	D 1998-
<u>B2500 Pick-up</u>	G 1998-
<u>B2500 Turbo Diesel, -4x4</u>	DT 1999-
<u>B2600 4x4</u>	G 1999-
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm)</u>	DT 2006-
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm) - High Clearance</u>	DT 2006-
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C)</u>	DT 2006-
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C) - High Clearance</u>	DT 2006-

11.3.1.3. Diseño y esquema de la muestra de los resultados

Unos de los objetivos más importantes de este proyecto fue la elaboración de un sistema de información de lubricantes para la Organización Terpel S.A , teniendo en cuenta la estructura general antes mencionada, se tiene como resultado un esquema final, que nos muestra toda la información de lubricación para cada máquina automotriz y maquinaria industrial. A continuación se muestra el resultado obtenido

Figura 83. Muestra de resultados para la selección de lubricante para cada máquina.



TERPEL
Sistema de Recomendación de Lubricantes

Tipo	Marca	Modelo
COMERCIAL LIGERO	MAZDA	B1800

MARCA		MAZDA		
MODELO	B1800	AÑO	1977-1985	
CLASE DE MOTOR	G	CAPACIDAD DEL MOTOR (LITROS)	3,6	
LUBRICANTE RECOM. TERPEL	10W-30 SL	VELOCIDAD (RPM)	1000-6500	
LUBRICANTE ALTERNATIVO TERPEL	20W-50 SL/CF MEJORADO	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	Hasta 91 0C (Temperatura del Refrigerante)	
LUBRICANTE ALTO KILOMETRAJE	20W50 SL	TEMPERATURA AMBIENTE	25	
TRANSMISIÓN MANUAL	SAE 80W90	TRANSMISIÓN DIFERENCIAL	SAE 80W90	
TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA	DEXRON III	DIRECCIÓN HIDRÁULICA		
INTERVALO DE CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	(Km Max.20000), (Meses Max.12)		TORQUE (N-m)	150
NORMAS	SAE	API	ACEA	CATERPILLAR
	SAE 10W-30	API SL	ACEA A3/A4/B3	Caterpillar ECF-3
	MACK	MERCEDEZ BENZ	VOLVO	CUMMINS
	MACK EO-N	MB 229.1	VOLVO VDS-3	CUMMINS (CES 20081/20078)
RECOMENDACIONES				

CARACTERÍSTICAS DEL LUBRICANTE	VISCOSIDAD cSt. a 100 C	VISCOSIDAD cSt. a 40 C	VISCOSIDAD APARENTE	GRAVEDAD ESPECÍFICA	ÍNDICE DE VISCOSIDAD ASTM D 2270	PUNTO DE INFLAMACIÓN C mínimo ASTM D 92	PUNTO DE FLUIDEZ ASTM D 97
	10,4	68,4	a- 25 °C, cP Maximo=7000		138	220	°C mínimo - 30

Teniendo en cuenta el tipo de motor y modelo del vehículo se hizo la selección del lubricante más adecuado que la empresa Terpel ofrece en sus productos, considerando las especificaciones o normas más importantes del lubricante con sus propiedades físico químicas para este modelo, del mismo modo se muestran algunas características mecánicas del equipo.

Se hizo la selección del lubricante dependiendo de la transmisión que cada vehículo tiene, se muestran las características del tipo de lubricante en este caso el que se muestra en la figura 82, el tipo de transmisión que el vehículo tiene es una transmisión manual diferencial, la figura 83 presenta las propiedades fisicoquímicas y las normas para la correcta selección del aceite y una tabla de equivalencia del lubricante con otras empresas.

Figura 84. Tabla de selección del lubricante para transmisión con equivalencia en otras empresas.

TRANSMISIÓN							
TIPO DE TRANSMISIÓN	ACEITE TERPEL	SERVICIO	VISCOSIDAD SAE	NIVEL DE CALIDAD	CATERPILLAR	VICKERS	ALLISON
MANUAL Y DIFERENCIAL	TERPEL TRANSFER	API GL-5/ MT-1	SAE 80W90	MIL-PRF-2105E, MIL-L-2105	Satisface los requerimientos	Satisface los requerimien	Satisface los requerimien
	FORD MERCON	DENISON	VISCOSIDAD cSt a 100 C	INDICE DE VISCOSIDAD MINIMO ASTM D 2270	PUNTO DE FLUIDEZ	CORROSION	HERRUMBRE
	Satisface los requerimien	Satisface los requerimien	16.74	94	-15	1 b	Pasa
	EQUIVALENCIA DEL ACEITE CON OTRAS EMPRESAS						
	ESSO	MOBIL	SHELL	TEXACO	CASTROL	PETROBRAS	BP
	Gear Oil 80W90 GX GL-5	Mobilube HD 80W90 GL-5	Spirax AX 80W90 GL-5	Multigear EP 80W90 GL-5	Hypoy C 80W90 GL-5	Lubrax GL-5 80W90	BP Energear HT 80W-90
	ELF	GULF	REPSOL	TOTAL	VENOCO	CHEVRON	
Tranself Tipo B 80W90 GL-	Gulf Gear MP 80W90 GL-5	CARTAGO MULTIGRADO EP 80W	TRANSMISSION RS FE 80W- 90	VENOCO GL-5 80W90	Chevron Delo® Gear Lubric		

12. CONCLUSIONES

Se diseñó, desarrolló e implementó un sistema de información para la administración de los lubricantes, lo cual hace que la empresa Terpel pueda gerenciar y brindar información al cliente del aceite más apropiado para un equipo en especial.

Se identificaron y organizaron los lubricantes industriales y automotrices producidos por la ORGANIZACIÓN TERPEL S.A dependiendo de los sistemas de clasificación de los aceites ISO, API SAE, JASO, ACEA y de acuerdo a las propiedades físico-químicas que estos presentan, con el fin de ofrecerle al cliente una información completa del lubricante y la mejor opción a la hora de elegir el aceite para un vehículo o máquina industrial.

Se llevó a cabo un estudio para reconocer las características de máquinas automotrices y equipos industriales de acuerdo a las propiedades físico-mecánicas que estos presentan como: Torque, velocidad (Rpm), temperatura de operación y temperatura ambiente en la cual trabaja el equipo, ya que con estos datos se realizó la selección correcta del lubricante que debe ser utilizado en cada máquina.

Se identificaron los lubricantes producidos por empresas nacionales e internacionales especializadas en la fabricación de aceites y se realizaron tablas de equivalencias de los productos de estas empresas con los ofrecidos por la ORGANIZACIÓN TERPEL S.A con el fin de ofrecerle al cliente una asesoría confiable y segura en la selección y compra de un producto en específico.

Se desarrollo una base de datos con la información seleccionada de los diferentes lubricantes, mediante la utilización del sistema de gestión MySQL, ésta base de datos contiene los productos o tipos de lubricantes que maneja la empresa Terpel, las características de estos productos, aplicaciones, fichas técnicas, hojas de salud seguridad, hojas técnicas tablas de equivalencias en otras marcas.

Se desarrollo un programa que contiene la base de datos MySQL utilizada en este proyecto, y se utilizó el lenguaje de programación interpretado por PHP ya que este fue de fácil adquisición en cuanto a licencia.

Se creó un manual ó guía para el proceso de aprendizaje del personal de Terpel en los diferentes entornos del sistema de información.

Mediante este diseño de gestión informática para lubricación se le ofrece a la empresa Terpel una buena herramienta para manejar información sobre lubricantes, clasificación de maquinaria industrial, maquinaria automotriz, manejar datos técnicos y mecánicos de los equipos que necesitan ser lubricados, con el fin de prestar asistencia técnica continua, telefónica o vía internet, sin limitaciones ni coste adicional en consultas relacionadas con la lubricación en distintos equipos.

Este sistema de información tiene una interfaz amigable con el usuario donde se puede acceder fácilmente a toda la información, ahorrando tiempo y esfuerzo en la búsqueda del lubricante adecuado que los clientes exigen cuando necesitan una asesoría de la empresa Terpel S.A.

BIBLIOGRAFIA

ALBARRACIN AGUILLON, Pedro Ramón. Tribología y lubricación Industrial y Automotriz. Segunda Edición. Bogotá. 1999.

ALVAREZ, Cardina Alberto. Criterio para la selección de lubricantes. Universidad Nacional de Medellín. 1998.

BENLLOCH MARIA, José. Los lubricantes. Ediciones CEAC, S.A. 1990.

CARCAMO SEPÚLVEDA, José. Base de Datos Relacionales: Un Enfoque Práctico de Diseño. Bucaramanga, 1996.

GALLEGO, Jaime. Aceites que protegen los motores Diesel. Chevron Petroleum Company. 2008. p, 2.

INFANTE VIVAS, José Luis. VILLANTE ALVARADO, Nelson Mauricio. Software para programación y control del sistema de lubricación. Universidad Industrial de Santander. 2001.

INGENIEROS DE LUBRICACION LTDA. Analisis de laboratorio a los lubricantes. Parte 1. Octubre 10 del 2006, p. 1-9.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Normas Colombianas para la presentación de trabajos de investigación. Sexta actualización. Santafé de Bogotá. INCONTEC, 2006. NTC 1486.

MANCILLA VIZCAYA, Javier Mauricio. Diseño e Implementación del Plan De Lubricación Productiva Para La Empresa Fider Glas Colombia S.A. Universidad Industrial de Santander. 2004.

MARTÍNEZ, Hernán. DURAN, Carlos Fernando. Software Tutorial sobre Tribología y Lubricación Industrial. Universidad Industrial de Santander. 1999.

Memorias Seminario de lubricación efectiva, TERPEL. 2009.

Oxxe Petroleum Corporation S.A. Capacitación en principios básicos de lubricación.

Shell Lubricantes. Tutor de lubricación en Motores.

WHITTEN, Jeffrey L. Análisis y Diseño de Sistemas de Información. McGraw Hill. 1998.

WIDMAN Richard, LINARES Omar. Compresores su funcionamiento y mantenimiento. Santa Cruz, Bolivia, p. 2-8

ANEXOS

**SISTEMA DE INFORMACION PARA EL GERENCIAMIENTO Y
ADMINISTRACION DE LUBRICANTES EN LA EMPRESA TERPEL S.A.**



**AURA MILENA GONZALEZ RINCON
CARLOS FRANCISCO MORENO DORADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2011

272

MANUAL DE USUARIO SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA EL GERNCIAMIENTO Y ADMINISTRACIÓN DE LUBRICANTES EN LA EMPRESA TERPEL S.A

El presente manual tiene como fin instruir a los usuarios de Terpel S.A, en la exploración uso y manejo de las siguientes opciones del sistema de información, garantizando así su máximo aprovechamiento y el uso más eficiente de esta aplicación

1. REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE Y HARDWARE

Requerimientos De Hardware:

PROCESADOR: 64 MHz

350 Mb de disco espacio libre en disco

Resolución de pantalla 1024x 768 pixeles o superior

Requerimientos de software

Sistema operativo WINDOWS NT, 2000, 2003, XP, VISTA Y 7.

2. INSTALACION DEL SISTEMA

Cómo instalar XAMPP

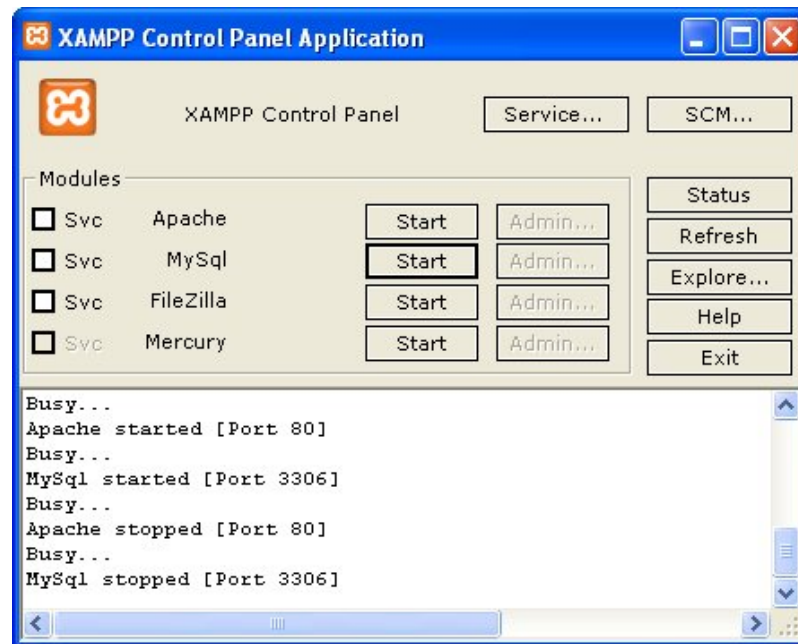
Con **Xampp** podemos montar nuestro servidor web en tan solo unos pocos segundos. Se comercializa liberado bajo licencia GNU, por lo que nos encontramos ante software libre que, además, es gratuito. Xampp funciona con los sistemas operativos:

- Linux
- Windows
- Mac OS X
- Solaris

Xampp, además de proporcionar **Apache + PHP + MySql**, nos ofrece otras utilidades de interés, tales como *Webalizer*, *Filezilla FTP Server*, *Mercury Mail Transport* o *Zend Optimizer*, siendo éste el motivo por el que nos hemos decantado por su uso frente al paquete *Wampp*.

Proceso a seguir:

- a. Visitamos el sitio de [ApacheFriends](#)**, donde elegiremos la versión para Windows y, en nuestro caso, bajaremos la versión *zip*, aunque también podemos hacerlo en los formatos *exe* o *tar*. Mediante este modo (*zip*) no se efectuará ningún apunte en el registro de Windows y si, en algún momento, no queremos seguir con esta aplicación, bastará con borrar el directorio creado. La versión con la que vamos a trabajar es la 1.7.0, que tiene un peso aproximado de 81 MB. Una vez se encuentre en nuestro disco duro procederemos a descomprimir el fichero, preferiblemente en **C:**, pues puede ocurrir que, en el caso de Windows Vista, falten permisos de escritura (o sean insuficientes) en los directorios habituales de instalación de programas. Al descomprimirse los archivos, automáticamente, se creará en C:/ la carpeta xampp
- b. Ejecutamos el fichero C:/xampp/xampp-control.exe**, nos aparecerá entonces la consola siguiente:



Los módulos que Apache nos permite poner en marcha o, en su caso, detener son: **Apache, MySQL, Filezilla y Mercury**. En el caso de los dos primeros, podemos elegir arrancarlos como *servicio* o como *aplicación*; en mi caso, dado que se trata de una instalación de pruebas, procederé a iniciarlos como aplicación ya que, de este modo, no sobrecargaré el ordenador con la ejecución de servicios innecesarios al arrancar Windows. Por lo que se refiere a Filezilla, el servidor ftp, sólo permite iniciarse como servicio, en cambio, Mercury (el servidor de correo) debe iniciarse como aplicación, sin más opción.

Para comprobar que todo funciona perfectamente pulsaremos sobre el botón "Start" del módulo Apache e, inmediatamente, nos avisará mediante el mensaje "Running" de que el módulo se encuentra activo. Lo mismo haremos con el módulo de MySQL que, si todo ha ido bien, nos mostrará el mismo mensaje que en el caso anterior. Para el trabajo que nos ocupa ignoraremos las opciones del servidor ftp y de correo (Filezilla y Mercury).

c. Abrimos nuestro navegador web y tecleamos la dirección <http://localhost/lubricantes/selecTipo.php>

inicio sector marca lubricante

1. seleccione el sector consultar

[TURISMO](#)

[VEHICULO COMERCIAL LIGERO](#)

[MOTOCICLETAS](#)

[TRANSPORTE](#)

[DIESEL PESADO](#)

[AUTOBUSES](#)

[AGRICOLA](#)

[MANIPULADORES TELESCOPICOS](#)

[TRACTORES DE CADENA](#)

[MINICARGADORES](#)

[MOTORES ESTACIONARIOS](#)

[TRACTORES DE RUEDAS](#)

[CARGADORAS DE RUEDAS](#)

[EQUIPO INDUSTRIAL](#)

[HIDRAULICO INDUSTRIAL](#)

[MAQUINAS Y HERRAMIENTAS INDUSTRIALES](#)

[BOMBAS, COMPRESORES Y TURBINAS](#)

Por Viscosidad

Transmisiones

Hidraulico

Por Especificación

Glosario

sector

3. NAVEGADOR POR SELECCIÓN DE SECTORES

En este ambiente de diseño se puede seleccionar el tipo de sector en que se dese navegar, en cada sector automotriz se puede indagar para que se despliegue la información de las diferentes marcas.

inicio	sector	marca	lubricante
1. seleccione el sector			consultar
<p>TURISMO</p> <p><u>VEHICULO COMERCIAL LIGERO</u></p> <p><u>MOTOCICLETAS</u></p> <p><u>TRANSPORTE</u></p> <p><u>DIESEL PESADO</u></p> <p><u>AUTOBUSES</u></p> <p><u>AGRICOLA</u></p> <p><u>MANIPULADORES TELESCOPICOS</u></p> <p><u>TRACTORES DE CADENA</u></p> <p><u>MINICARGADORES</u></p> <p><u>MOTORES ESTACIONARIOS</u></p> <p><u>TRACTORES DE RUEDAS</u></p> <p><u>CARGADORAS DE RUEDAS</u></p> <p><u>EQUIPO INDUSTRIAL</u></p> <p><u>HIDRAULICO INDUSTRIAL</u></p> <p><u>MAQUINAS Y HERRAMIENTAS INDUSTRIALES</u></p> <p><u>BOMBAS, COMPRESORES Y TURBINAS</u></p>	<ul style="list-style-type: none">  Por Viscosidad  Transmisiones  Hidraulico  Por Especificación  Glosario 	sector	

ISMO



TERPEL

Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector

marca

modelo

lubricante

2. seleccione la marca del automotor

buscar



sector automotor

COMERCIAL LIGERO

CHRYSLER incl. JEEP

CITROEN

DACIA

DAEWOO

DAIHATSU

FIAT

FORD

HONDA

HYUNDAI

ISUZU

KIA

LAND ROVER incl. RANGE ROVER

MAZDA

MERCEDES-BENZ

MITSUBISHI

NISSAN

PEUGEOT

RENAULT

SEAT

SKODA

LIGERO&marca=MAZDA



Seguidamente, después de la selección de la marca del vehículo, se muestra los diferentes modelos con tipo de motor ya sea gasolina (G), diesel (D), turbodiésel (DT), gas (GNV) y año en que salió el vehículo al mercado.



TERPEL

Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector

marca

modelo

lubricante

3. seleccione el modelo del automotor

buscar



sector automotor

COMERCIAL LIGERO

marca

MAZDA

<u>B1800</u>	G	<u>1977-1985</u>
<u>B2000</u>	G	<u>1985-1999</u>
<u>B2500 Diesel Pick-up</u>	D	<u>1998-</u>
<u>B2500 Pick-up</u>	G	<u>1998-</u>
<u>B2500 Turbo Diesel, -4x4</u>	DT	<u>1999-</u>
<u>B2600 4x4</u>	G	<u>1999-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>



TERPEL

Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector

marca

modelo

lubricante

3. seleccione el modelo del automotor

buscar



sector automotor

COMERCIAL LIGERO

marca

MAZDA

<u>B1800</u>	G	<u>1977-1985</u>
<u>B2000</u>	G	<u>1985-1999</u>
<u>B2500 Diesel Pick-up</u>	D	<u>1998-</u>
<u>B2500 Pick-up</u>	G	<u>1998-</u>
<u>B2500 Turbo Diesel, -4x4</u>	DT	<u>1999-</u>
<u>B2600 4x4</u>	G	<u>1999-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>



TERPEL

Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector

marca

modelo

lubricante

3. seleccione el modelo del automotor

buscar



sector automotor

COMERCIAL LIGERO

marca

MAZDA

<u>B1800</u>	G	<u>1977-1985</u>
<u>B2000</u>	G	<u>1985-1999</u>
<u>B2500 Diesel Pick-up</u>	D	<u>1998-</u>
<u>B2500 Pick-up</u>	G	<u>1998-</u>
<u>B2500 Turbo Diesel, -4x4</u>	DT	<u>1999-</u>
<u>B2600 4x4</u>	G	<u>1999-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>



TERPEL
Sistema de Recomendación de Lubricantes

sector marca modelo lubricante

3. seleccione el modelo del automotor

buscar

sector automotor

COMERCIAL LIGERO

marca

MAZDA

<u>B1800</u>	G	<u>1977-1985</u>
<u>B2000</u>	G	<u>1985-1999</u>
<u>B2500 Diesel Pick-up</u>	D	<u>1998-</u>
<u>B2500 Pick-up</u>	G	<u>1998-</u>
<u>B2500 Turbo Diesel, -4x4</u>	DT	<u>1999-</u>
<u>B2600 4x4</u>	G	<u>1999-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C)</u>	DT	<u>2006-</u>
<u>BT-50 2.5 4x2 (5R55S Transm, -WL-C, -WE-C) - High Clearance</u>	DT	<u>2006-</u>

MODELO

Se tiene como resultado un esquema final, que nos muestra toda la información de lubricación para cada máquina automotriz ó maquinaria industrial



Terpel
Sistema de Recomendación de Lubricantes

Tipo	Marca	Modelo
COMERCIAL LIGERO	MAZDA	B1800

MARCA	MAZDA			
MODELO	B1800	AÑO	1977-1985	
CLASE DE MOTOR	G	CAPACIDAD DEL MOTOR (LITROS)	3,6	
LUBRICANTE RECOM. TERPEL	10W-30 SL	VELOCIDAD (RPM)	1000-6500	
LUBRICANTE ALTERNATIVO TERPEL	20W-50 SL/CF MEJORADO	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	Hasta 91 °C (temperatura del refrigerante)	
LUBRICANTE ALTO KILOMETRAJE	20W50 SL	TEMPERATURA AMBIENTE	25	
TRANSMISIÓN MANUAL	SAE 80W90	TRANSMISIÓN DIFERENCIAL	SAE 80W90	
TRANSMISIÓN AUTOMÁTICA	DEXRON III	DIRECCIÓN HIDRÁULICA		
INTERVALO DE CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	[Km Max.20000], { Meses Max.12}	TORQUE (N-m)	150	
NORMAS	SAE SAE 10W-30	API API SL	ACEA ACEA A3/A4/B3	CATERPILLAR Caterpillar ECF-3
	MACK MACK EO-N	MERCEDEZ BENZ MB 229.1	VOLVO VOLVO VDS-3	CUMMINS CUMMINS (CES 20081/20078)
RECOMENDACIONES				
FICHA SEGURIDAD	Ver Ficha de Seguridad Lubricante Motor Ver Ficha de técnica Lubricante Motor			

CARACTERÍSTICAS DEL LUBRICANTE	VISCOSIDAD cSt. a 100 C	VISCOSIDAD cSt. a 40 C	VISCOSIDAD APARENTE	GRAVEDAD ESPECÍFICA	ÍNDICE DE VISCOSIDAD ASTM D 2270	PUNTO DE INFLAMACIÓN C mínimo ASTM D 92	PUNTO DE FLUIDEZ ASTM D 97
	10,4	68,4	a- 25 °C, cP Maximo=7000		138	220	°C mínimo - 30
VENTAJAS DEL LUBRICANTE	<p>han sido formulados para ser usados en casi todo tipo de vehículos. Son recomendados en particular para vehículos y motores durante su vida media donde la formulación balanceada provee un amplio rango de protección:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motores a Gasolina - Todas las tecnologías. - Automóviles, camionetas y camiones livianos - Condiciones normales de operación 						

En ficha técnica y ficha de seguridad aparecen las especificaciones y el manejo seguro del lubricante.



OILTEC SL PLUS

DESCRIPCIÓN

Oiltec SAE 10W-30 y SAE, 20W-50 SL Plus, avanzada tecnología líquida en lubricantes, formulado con paquetes de aditivos que integran el **TITANIO LIQUIDO** para una extra protección contra el desgaste de los modernos y compactos motores a gasolina cuya ingeniería y regímenes de operación requieren lubricantes de superior desempeño.

El Oiltec a demás posee refuerzos antioxidantes que brindan una mayor protección del lubricante contra las altas temperaturas, disminuyendo la formación de depósitos y el espesamiento del lubricante, garantizando siempre el flujo adecuado en partes críticas del motor durante mayores intervalos de servicio.

BENEFICIOS

- Protección extrema contra el desgaste del motor otorgado por las capas protectoras de superficie de **Titanio Liquido** prolongando la vida útil del motor.
- La lubricidad extra conferida por el **Titanio Liquido** reduce el consumo de combustible
- Superior resistencia contra la oxidación del aceite a altas temperaturas de operación.
- Superior control de los depósitos y lodos asegurando una mayor limpieza del motor
- Superior resistencia de la viscosidad contra los esfuerzos de corte generados en el motor.
- Menor volatilidad disminuyendo el consumo de aceite.
- Protege el motor contra la corrosión y herrumbre.
- Óptima lubricación en el arranque en frío.
- Superiores intervalos de lubricación. Más de 10000 kilómetros de protección efectiva.
- Menores drenajes de aceites menos impactos nocivos al ambiente.
- Compatible con convertidores catalíticos.

RECOMENDACIONES

Para el óptimo desempeño del aceite se requiere de un adecuado mantenimiento del vehículo.

- Revise periódicamente el nivel de aceite.
- Mantenga sincronizado el motor. Deficiente combustión carbona el Motor
- Revise periódicamente el filtro de aire y combustible.



hoja de Seguridad TERPEL 15W-40 API CF-4/SC

SECCIÓN I - PRODUCTO QUIMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA COMPAÑÍA

PROVEEDOR	NÚMERO DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIA (24 HORAS)
ORGANIZACIÓN TERPEL S.A.	PBX: 7 6762525. FAX: 7 6760726
PREPARADO POR:	FECHA DE ELABORACIÓN: Enero 2003
DEPARTAMENTO TÉCNICO, FABRICA DE LUBRICANTES, ORGANIZACIÓN TERPEL	FECHA DE REVISIÓN: mayo 2006

SECCION II – COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

ITEM	INGREDIENTES	CAS #	WT/WT%
01	Aceite Mineral Refinado del Petróleo	No aplicable en mezclas	
02	Aditivos, compuestos organometálicos: Detergentes, compuestos básicos, detergentes, antidesgaste, inhibidores de oxidación, corrosión, herrumbre, antiespumantes, modificadores de fricción, mejoradores de Índice de viscosidad y depresores de punto de fluidez, entre otros. La composición química es confidencial pero disponible en momento de requerirlo para efectos médicos.	No aplicable en mezclas	

SECCIÓN III – IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Aspectos generales en caso de emergencia

EFFECTOS POTENCIALES EN LA SALUD

Peligros significativos:

Salud: Azul. 1: Ligeramente peligroso

Incendio: Rojo. 1: Combustible si se calienta

Reactividad: Amarillo 0: Estable

Riesgo específico: Blanco. No aplica debido a que los productos químicos de los componentes no se identifican con los riesgos establecidos por la NFPA. Referencia UN 3082 Naciones Unidas .

NFPA



UN 3082

CONTACTOS CON OJOS:

De modo de fuente basada en los datos de los componentes o materiales similares

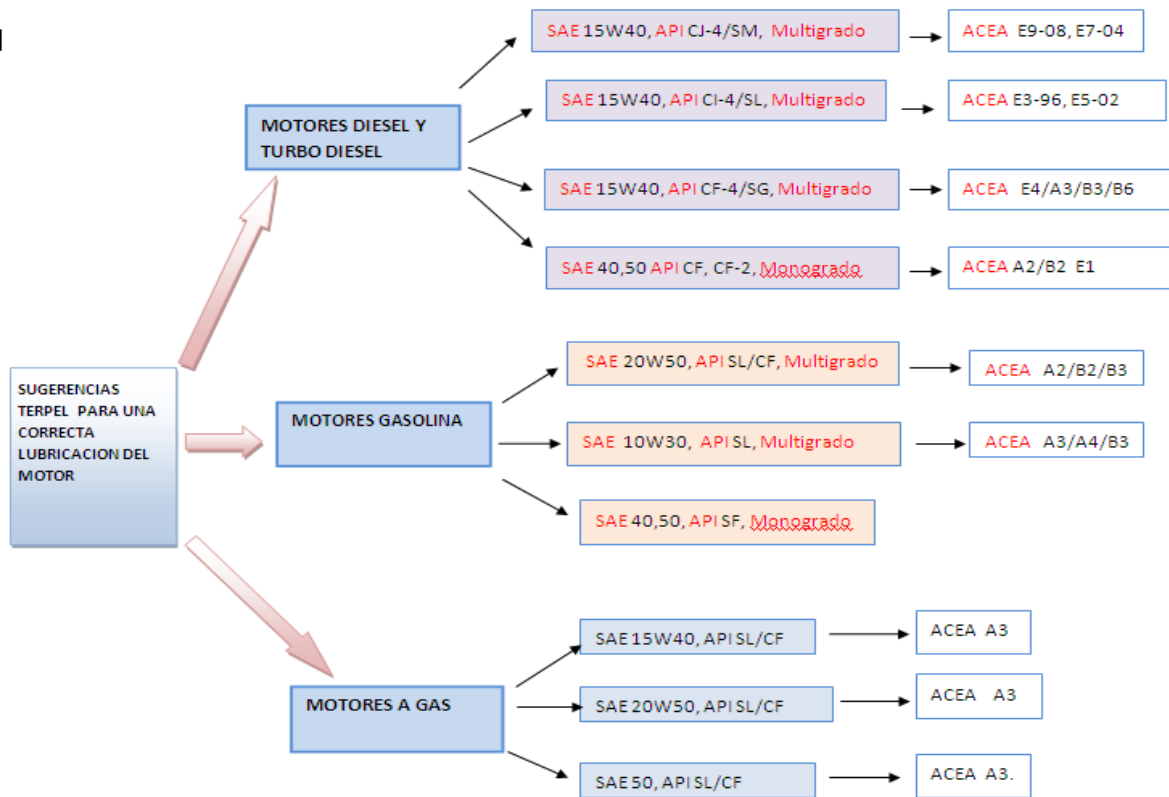
Enseguida aparece la selección del lubricante para transmisión y su respectiva equivalencia con otros fabricantes

TIPO DE TRANSMISIÓN	ACEITE TERPEL	SERVICIO	VISCOSIDAD SAE	NIVEL DE CALIDAD	CATERPILLAR	VICKERS	ALLISON
MANUAL Y DIFERENCIAL	TERPEL TRANSTER	API GL-5/ MT-1	SAE 80W90	MIL-PRF-2105E, MIL-L-2105	Satisface los requerimientos	Satisface los requerimien	Satisface los requerimien
	FORD MERCON	DENISON	VISCOSIDAD cSt a 100 C	INDICE DE VISCOSIDAD MINIMO ASTM D 2270	PUNTO DE FLUIDEZ	CORROSION	HERRUMBRE
	Satisface los requerimien	Satisface los requerimien	16.74	94	-15	1 b	Pasa
	EQUIVALENCIA DEL ACEITE CON OTRAS EMPRESAS						
	ESSO	MOBIL	SHELL	TEXACO	CASTROL	PETROBRAS	BP
	Gear Oil 80W90 GX GL-5	Mobilube HD 80W90 GL-5	Spirax AX 80W90 GL-5	Multigear EP 80W90 GL-5	Hypoy C 80W90 GL-5	Lubrax GL-5 80W90	BP Energear HT 80W-90
	ELF	GULF	REPSOL	TOTAL	VENOCO	CHEVRON	
Tranself Tipo B 80W90 GL-	Gulf Gear MP 80W90 GL-5	CARTAGO MULTIGRADO EP 80W	TRANSMISSION RS FE 80W- 90	VENOCO GL-5 80W90	Chevron Delo® Gear Lubric		
FICHA DE SEGURIDAD	Ver ficha tecnica Lubricante Transmisión Ver ficha seguridad Lubricante Transmisión						

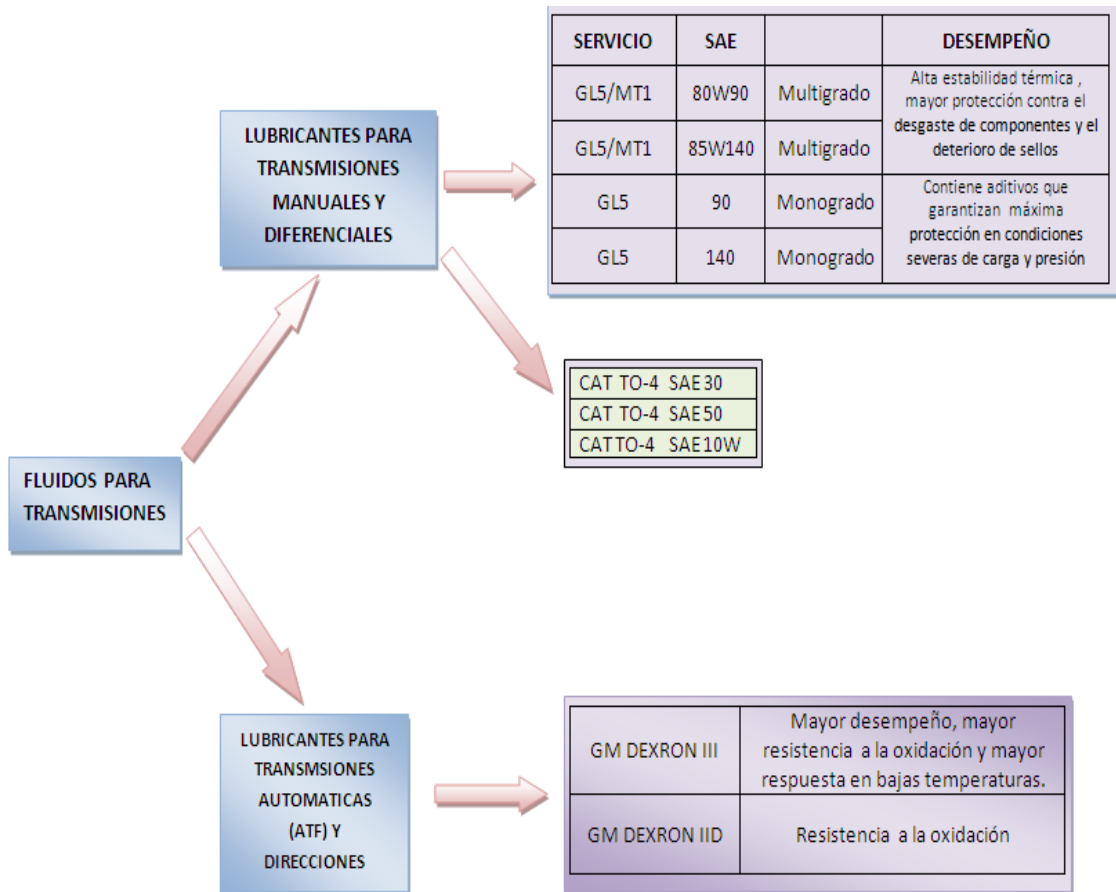
EQUIVALENCIA DEL LUBRICANTE DEL MOTOR CON OTRAS EMPRESAS					
EMPRESA	LUBRICANTE	EMPRESA	LUBRICANTE	EMPRESA	LUBRICANTE
ESSO	Esso Uniflo 10W-30,	ELF	Competition STI 10W/40	PETROBRAS	LUBRAX TECNO 10W30
MOBIL	MOBIL SUPER 1000	GULF	Gulf Max 10W30	CHEVRON	Chevron Supreme 10W30
SHELL	Shell Helix Plus 10W-30 SL	REPSOL	Elite 10W30	BP	Visco Supreme 10W30
TEXACO	HAVOLINE 10W-30	TOTAL	QUARTZ 7000 10W-40		
CASTROL	Castrol GTX 10W30	VENOCO	VENOCO EXPERT 10W30		

4. Guía recomendada para un correcta selección del lubricante

4.1. PARA MOTORES



4.2. PARA TRANSMISIONES



5. OTRAS FORMAS DE CONSULTA:

También se puede consultar el lubricante si se conoce sus especificaciones o utilidades.

- Viscosidad
- Especificación
- Transmisión
- Hidráulico
- Neumático
- Mecanizados



Por ejemplo si se selecciona ingresar por viscosidad se podrá visualizar los diferentes productos con su designación SAE respectiva. Y si se requiere ingresar por especificación se tendría el producto con sus normativas

 **TERPEL**
Sistema de Recomendación de Lubricantes

inicio sector marca lubricante

elegir producto por su viscosidad

[Volver a inicio](#) | [Consultar lubricantes por especificación](#)

CONSULTA DEL LUBRICANTE POR ESPECIFICACIÓN



Visualización por especificación

The screenshot shows the TERPEL 'Sistema de Recomendación de Lubricantes' interface. At the top, there is a navigation bar with four buttons: 'inicio', 'sector', 'marca', and 'lubricante'. Below this is a main heading 'elegir producto por sus características y normativas' and a 'consultar' button. The 'consultar' button has a dropdown menu with options: 'Por Viscosidad', 'Transmisiones', 'Hidraulico', 'Por Especificación', and 'Glosario'. The main content area displays six industry logos in a 3x2 grid: SAE (Society of Automotive Engineers), API (American Petroleum Institute), ACEA (European Automobile Manufacturers' Association), CATERPILLAR (CAT), VOLVO, and CUMMINS.



TERPEL

Sistema de Recomendación de Lubricantes

inicio

sector

marca

lubricante

elegir producto por sus características y normativas

consultar



- [SAE 15W40](#)
- [SAE 25W-50](#)
- [SAE 30/40/50](#)
- [SAE 10W-30](#)
- [SAE 20W-50](#)
- [SAE 40/50](#)
- [SAE 15W-40](#)
- [SAE 50](#)
- [20W50](#)
- [20W40](#)
- [SAE 40](#)

- [Por Viscosidad](#)
- [Transmisiones](#)
- [Hidraulico](#)
- [Por Especificación](#)
- [Glosario](#)