

**FUERZAS MILITARES DE COLOMBIA
ARMADA NACIONAL**



**DOCTRINA
ARC OP7-I-3
PÚBLICO**

DOCTRINA DE MATERIAL NAVAL TOMO III MANTENIMIENTO

(DOC. MAT. NAV. ARC)

PRIMERA EDICIÓN

2014



Por la cual se aprueba la “Doctrina de Material Naval Tomo III Mantenimiento”, primera edición 2014.

En ejercicio de la facultad legal y en especial la que le confiere el numeral 26, ordinal c, del “Reglamento de Publicaciones Militares”. Decreto No. 1605.

ARTÍCULO 1º. Apruébese la “Doctrina de Material Naval Tomo III Mantenimiento”, primera edición 2014, elaborado por el Comando de la Armada Nacional, el cual se identificará así:

DOCTRINA
ARC OP7-I-3
CLASIFICACIÓN: PÚBLICO

PARÁGRAFO.- Las observaciones a que dé lugar la aplicación de la Doctrina en referencia, deben ser presentadas al Comando de la Armada Nacional, con el fin de estudiarlas y tenerlas en cuenta para posteriores ediciones en la forma que establece el Reglamento de Publicaciones Militares.

ARTÍCULO 2º. El comando de la Armada Nacional dispondrá la edición de la doctrina aprobada en virtud de la presente disposición.

ARTÍCULO 3°. Esta disposición rige a partir de la fecha de su expedición y deroga todas las disposiciones contrarias sobre la materia.

COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE

Dada en Bogotá D.C. a los

Almirante **HERNANDO WILLS VÉLEZ**
Comandante Armada Nacional

CONTENIDO TEMÁTICO

CONTROL DE CAMBIOS	9
CAPÍTULO I	11
GENERALIDADES	11
SECCIÓN A	11
CONCEPTOS Y DEFINICIONES	11
1.1. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO	11
1.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	12
1.3. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	13
1.4. APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO	14
1.5. TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO	15
1.6. SIGNIFICADO ECONÓMICO DEL MANTENIMIENTO	16
1.7. PRINCIPIOS BÁSICOS	17
1.7.1. El cambio	17
1.7.2. Manejo del cambio ante la rutinización del personal de abordó	18
1.8. TEORÍA, FILOSOFÍA O CULTURA <i>HOUSE KEEPING</i>	22
1.9. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO	33
1.10. COMPONENTES DEL MANTENIMIENTO	38
CAPÍTULO II	47
FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO	47
SECCIÓN A	47
FASES DEL MANTENIMIENTO	47
2.1. FASES DEL MANTENIMIENTO	47
2.2. NIVELES DE MANTENIMIENTO	47
2.3. FORMAS O MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	50
CAPÍTULO III	78
FALLAS	78
SECCIÓN A	78
FALLAS EN EL MANTENIMIENTO	78
3.1. DEFINICIÓN	78
3.2. CLASIFICACIÓN	78
3.3. FALLAS FUNCIONALES	80
3.4. MODOS DE FALLAS	80
3.5. EFECTOS DE FALLAS	82
3.6. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS	82
3.7. TAREAS PROACTIVAS	85
3.8. ACCIONES POR OMISIÓN	85
3.9. SECUENCIAS Y SOLUCIÓN	85
3.10. ANÁLISIS DE FALLAS	88

SECCIÓN B	92
ANÁLISIS DE CRITICIDAD	92
3.11. DEFINICIÓN	92
3.12. CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS Y EQUIPOS	92

CAPÍTULO IV 101

LUBRICACIÓN Y ENGRASE	101
-----------------------------	-----

SECCIÓN A	101
-----------------	-----

LUBRICACIÓN Y ENGRASE EN EL MANTENIMIENTO	101
---	-----

4.1. GENERALIDADES	101
4.2. DEFINICIÓN Y ALCANCE	102
4.3. LUBRICACIÓN	104

SECCIÓN B	182
-----------------	-----

TRIBOLOGÍA Y SISTEMA TRIBOLÓGICO EN MANTENIMIENTO	182
---	-----

4.4. TRIBOLOGÍA Y SISTEMA TRIBOLÓGICO	182
4.5. ELEMENTOS DE LA TRIBOLOGÍA	188
4.6. CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA FRICCIÓN	195
4.7. FORMAS DE REDUCIR LA FRICCIÓN	195
4.8. DESGASTE	196

CAPÍTULO V 207

OUTSOURCING	207
-------------------	-----

SECCIÓN A	207
-----------------	-----

OUTSOURCING EN EL MANTENIMIENTO	207
---------------------------------------	-----

5.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTOS	207
5.2. EVOLUCIÓN	207
5.3. ALCANCES	208
5.4. VENTAJAS	209
5.5. BENEFICIOS	210
5.6. RIESGOS	210
5.7. DEBILIDADES	210
5.8. IMPLANTACIÓN	211
5.9. MANTENIMIENTO INTEGRAL OUTSOURCING	212
5.10. MANTENIMIENTO TRADICIONAL VS MANTENIMIENTO OUTSOURCING	214
5.11. DIRECTRICES PARA CONTRATOS DE MANTENIMIENTO OUTSOURCING	215
5.12. ETAPAS O FASES DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO	215
5.13. ESTRUCTURA DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO	216
5.14. PREPARACIÓN DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO	219
5.15. DESARROLLO DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO	219
5.16. PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES DEL OUTSOURCING	220
5.17. METODOLOGÍA PARA IMPLANTAR O IMPLEMENTAR UN PROCESO OUTSOURCING	222

CAPÍTULO VI 224

SISTEMAS DE INFORMACIÓN	224
-------------------------------	-----

SECCIÓN A	224
-----------------	-----

SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN EL MANTENIMIENTO	224
6.1. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN	224
6.2. OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN	226
6.3. ETAPAS O FASES DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN	227

CAPÍTULO VII..... 229

METROLOGÍA	229
------------------	-----

SECCIÓN A	229
-----------------	-----

METROLOGÍA EN EL MANTENIMIENTO	229
--------------------------------------	-----

7.1. INTRODUCCIÓN	229
7.2. CLASIFICACIÓN	223
7.3. ÁREAS DE LA METROLOGÍA	236
7.4. IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA DENTRO DE LA ARMADA NACIONAL	237
7.5. BENEFICIOS DE LA METROLOGÍA	238
7.6. EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)	239
7.7. PATRÓN DE MEDIDA	242
7.8. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y ENSAYO	243
7.9. INSTRUMENTOS O INDICADORES	244
7.10. FRECUENCIAS DE CALIBRACIÓN, REVISIÓN Y MANTENIMIENTO	245

CAPÍTULO VIII..... 246

SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	246
--	-----

SECCIÓN A	246
-----------------	-----

SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL, SOPORTES DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO	246
---	-----

8.1. INTRODUCCIÓN	246
8.2. SALUD OCUPACIONAL	247
8.3. FACTORES DE RIESGO	250
8.4. CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO	251
8.5. RIESGOS LABORALES EN MANTENIMIENTO	256
8.6. ACCIDENTES EN MANTENIMIENTO	269
8.7. SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL FRENTE A LOS HIDROCARBUROS	274

SECCIÓN B	276
-----------------	-----

MEDIO AMBIENTE FRENTE A LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA ARMADA NACIONAL	276
--	-----

8.8. INTRODUCCIÓN	276
8.9. MEDIO AMBIENTE	276
8.10. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ACEITES SINTÉTICOS	283
8.11. REACONDICIONAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ACEITES	284
8.12. PROGRAMA AMBIENTAL CON ACEITES USADOS	285
8.13. ALMACENAMIENTO, MANEJO, TRANSPORTE Y EMPLEO DE ACEITES Y GRASAS	287
8.14. MANEJOS DE DESECHOS	291
8.15. GRASAS	291
8.16. FUNCIONES	292
8.17. COMPOSICIÓN	292
8.18. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS	293

 ARMADA NACIONAL REPÚBLICA DE COLOMBIA	DOCUMENTO DOCTRINAL ARMADA NACIONAL	
	Proceso: Educación	Autoridad: JINEN
Código: EDU-FT-2292-DIDOC-V01	Rige a partir de: 08/05/2013	Página 1 de 1

CONTROL DE CAMBIOS

El control de cambios de la presente Doctrina, se llevará a cabo por parte de la Dirección de Doctrina de la Armada Nacional, que garantizará su actualización permanente y distribución correspondiente a las Unidades de la Armada Nacional.

Esta parte se utilizará para incorporar las modificaciones a la Doctrina, dando a conocer en qué parte específica del contenido se generó un cambio, la fecha, quién lo propone, la descripción y finalmente la versión.

Es pertinente recordar que los cambios sugeridos se hacen a través de la Jefatura responsable del proceso y siguiendo el procedimiento doctrinal que culmina con la firma del acto administrativo por parte del Comandante de la Armada.

VERSIÓN	FECHA	PÁGINA	PROPONENTE	DESCRIPCIÓN

CAPÍTULO I

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO I GENERALIDADES	PÁGINA I A
SECCIÓN A CONCEPTOS Y DEFINICIONES I.1. DEFINICIÓN DEL MANTENIMIENTO Es el conjunto de acciones, operaciones y actitudes, tendientes a colocar o restablecer un bien a un estado específico, que le permitan asegurar su servicio. También se define como el conjunto de acciones técnicas, destinado a conservar sistemas, equipos e instalaciones en servicio, durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. El mantenimiento es una disciplina compleja. No es solamente un servicio que debe soportar las estrategias de la seguridad o de la operatividad, sino que también es responsable de lo inesperado El mantenimiento es una función que produce un bien real o servicio, que puede traducirse en capacidad de producción con seguridad, rentabilidad, calidad y, sobre todo, respetando la normatividad vigente sobre protección del medio ambiente. a. Mantener. Es realizar operaciones tales como: limpieza, lubricación, inspección, conservación, mejoras, reparaciones, repotenciación, modernización, etc., que permitan conservar el potencial de un equipo o sistema, para asegurar su continuidad u operatividad, y garantizar la calidad de la producción o del servicio prestado. b. Mantener bien o mantener con calidad. Es utilizar inteligentemente la planeación, la programación y el control, de manera que mejoren la efectividad y la productividad; que las paradas y los costos de mantenimiento sean mínimos, logrando una rentabilidad óptima de la función de mantenimiento. Hacer correctamente las actividades de mantenimiento, es calidad en el mantenimiento. c. Mantener es obtener utilidades. Porque es la única forma de conservar los equipos, sistemas y dependencias en el más alto grado de productividad, competencia y operatividad.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 2 A

d. Tareas de mantenimiento. Son el conjunto de actividades por ejecutarse en un tiempo establecido. Estas tareas determinan los recursos requeridos para desarrollar los mantenimientos.

Es un todo encaminado hacia el logro de la **más alta disponibilidad**, con calidad, de todos los bienes o servicios. Retarda la compra de bienes nuevos, prologando la vida útil de los actuales, sin descartar la utilización de tecnologías más eficaces y rentables.

El mantenimiento es un servicio que relaciona una serie de actividades, cuya ejecución permite lograr un alto grado de confiabilidad y disponibilidad de los sistemas, equipos e instalaciones.

El mantenimiento es:	El mantenimiento no es:
• Reflexivo	• Dogmático
• Imaginativo	• Matemático
• Creativo	• Intuitivo
• Dinámico	• Improvisado
• Evolutivo	• Producto al azar
• Metódico	• Científico

“Mantener es asegurar y prolongar la vida útil”

Figura 1. Conceptos de mantenimiento
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

I.2. OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los principales objetivos del mantenimiento son:

- Asegurar que los equipos, sistemas e infraestructura se mantengan en buen estado
- Optimizar la confiabilidad de los mismos
- Garantizar la disponibilidad de la Unidad a flote y/o del proceso productivo
- Minimizar la gravedad de las fallas que no se pueden evitar
- Establecer el rol del mantenimiento actual, para apoyar el cumplimiento de la misión de la Unidad y de la Fuerza o Base Naval

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO I GENERALIDADES	PÁGINA 3 A
f. Evitar o minimizar las detenciones innecesarias o paradas no programadas de los sistemas o equipos g. Asegurar oportunas y eficientes reparaciones de emergencia h. Evitar, minimizar y en tal caso, reparar las fallas i. Establecer la necesidad de mejora del mantenimiento y reenfocar lo básico j. Garantizar la seguridad en las diferentes actividades k. Disminución de los costos generados por mantener y/o reparar l. Mejorar la eficiencia de la maquinaria a través de las mejoras o modificaciones m. Maximización de la vida o ciclo útil de los equipos, sistemas y dependencias n. Conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación o. Justificar costos de mantenimiento con el respectivo lucro cesante y parada del servicio u operatividad de las Unidades a flote p. Proponer una estructura para la efectividad basada en valores esenciales; es decir, las cosas correctas por ejecutar q. Optimización de los recursos humanos r. Proponer reto de mejoras para aplicar los valores esenciales y construir sobre lo básico: habilidades, conocimiento, compromiso, sentido de pertenencia, mejores prácticas, etc. s. Capacitar y entrenar al personal de mantenimiento en actividades propias del mismo t. Evitar accidentes e incidentes y aumentar la seguridad de las personas u. Participar en las gestiones y procesos de calidad v. Actuar bajo normas y procedimientos, que garanticen la protección del medio marino y del medio ambiente en general.	
I.3. IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO	
La importancia del mantenimiento radica en los siguientes factores:	
a. Inversión. El mantenimiento es una garantía para la conservación de la Unidad o del capital. Disminuye la depreciación real de los equipos y prolonga su ciclo de vida útil b. Automatización. A bordo de una Unidad a flote y aeronaves, la complejidad de sus equipos, sistemas y armas, incrementan los costos de operación y de mantenimiento. De igual forma, la capacitación y entrenamiento para el personal de operarios y de mantenimiento, se hace especializado y complejo c. Complejidad de los equipos. Los equipos más complejos requieren de servicios especializados, pues están elaborados con materiales y sistemas sofisticados, que requieren de un monitoreo detallado y constante para asegurar buen funcionamiento	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 4 A

- d. Calidad. Cada día se tiene más conciencia de la importancia de hacer productos con calidad. Los defectos en las máquinas se traducen en desmejoras de la calidad del servicio. El cumplimiento de las operaciones y la seguridad en las mismas, es el resultado de mantenimientos bien ejecutados
- e. Costos de inventario. El creciente aumento de los costos de repuestos y otros materiales, exigen un mayor control y precisión en la determinación de las existencias. El almacenaje de repuestos e insumos de fácil adquisición se debe reducir al máximo

I.4. APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento se aplica porque todas las máquinas, equipos, sistemas e instalaciones, están sometidas a la acción deteriorante y dañina de los agentes

a. Agentes internos

- 1) Movimiento de fluidos que producen cavitación y erosión
- 2) Temperaturas que producen fatiga térmica, choque térmico y cambio de dimensiones
- 3) Fricción que produce desgastes
- 4) Vibraciones mecánicas que producen inestabilidad y daños
- 5) Presión, incremento de tensión y roturas.



Figura 2. Afectación del material por parte de los diferentes agentes
Fuente: <http://www.taringa.net/posts/imagenes/15079297/15-naufragios-del-mundo.html>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO I GENERALIDADES	PÁGINA 5 A
b. Agentes externos 1) El aire, su humedad y contaminación 2) La sal produce corrosión química o electroquímica 3) El calor solar produce dilataciones, contracciones, choque térmico y rotura 4) Polvo que produce corrosión, abrasión, atascamientos y suciedad 5) Gases o líquidos corrosivos, que producen corrosión 6) Otras sustancias tóxicas, combustibles o explosivas 7) Mantenimiento mal aplicado	
1.5. TENDENCIAS DEL MANTENIMIENTO	
Desde que el hombre primitivo fabricó sus primeras herramientas, ha sentido la necesidad de mantenerlas en buen estado. Lo mismo ha sucedido con los equipos y sistemas.	
En los inicios de la Revolución Industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. A partir de esta época, el reto de los profesionales ha sido el de dar mayor disponibilidad y confiabilidad a los sistemas de producción, para incrementar los beneficios económicos de la actividad desarrollada. Esto ha requerido de la aplicación de estándares y mejoras continuas de la confiabilidad y de las prácticas de mantenimiento.	
Las tareas de mantenimiento en esa época eran básicamente correctivas, dedicando todos los esfuerzos, físicos y económicos, a la solución de las fallas que se presentaban en los sistemas y equipos.	
Existen actualmente gran variedad de gestiones de mantenimiento, que son estudiadas por los especialistas e implantadas en las distintas Instituciones.	
A continuación se relacionan algunas filosofías y tendencias del mantenimiento, que facilitan mejores prácticas del mismo.	
a. Realizar el mantenimiento con calidad b. Sistematización del mantenimiento y desarrollo del sistema de información c. Fomentar el uso de la alta tecnología en el mantenimiento predictivo (MPd) d. Ampliar y mejorar la cobertura del mantenimiento preventivo (MP) e. Contratar el mantenimiento de mayor alcance o complejidad y que el personal de las Unidades a flote, se dedique al mantenimiento de los equipos y sistemas estratégicos y/o vitales	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- f. Implementar estrategias hacia un mantenimiento total productivo (TPM)
- g. Hacer del mantenimiento, una actividad proactiva
- h. Búsqueda de un mantenimiento que sirva al proceso proactivo, más que a la máquina

Las diferentes clases o tendencias del mantenimiento serán definidas y analizadas posteriormente.

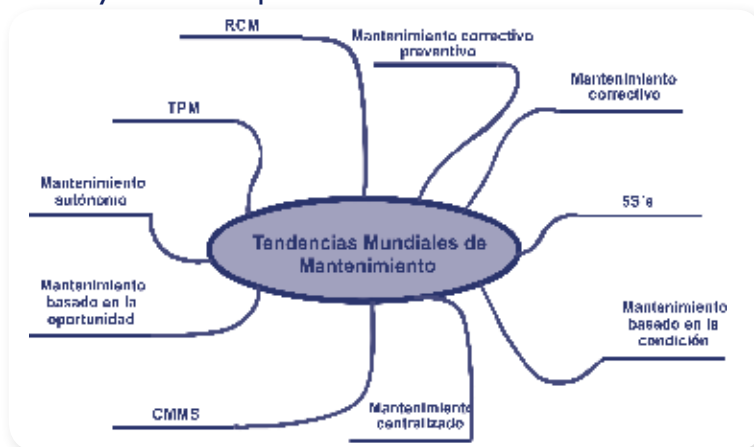


Figura 3. Tendencias mundiales de mantenimiento

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

I.6. SIGNIFICADO ECONÓMICO DEL MANTENIMIENTO

Cuando se habla de una organización o Institución con mantenimiento eficiente, significa:

- a. Que se garantiza una eficaz protección y conservación de las inversiones, disminuyendo el deterioro, bajando la depreciación, valorizando los activos e incrementando su vida útil. Esto solo se logra mediante la aplicación de un buen sistema de mantenimiento en el instante preciso.
Un claro y preciso ejemplo de esto, es el estado en que se han mantenido las Unidades Tipo Fragatas Misileras y los Submarinos Oceánicos.
- b. Que existe plena garantía de la seguridad que se brinda al país.
- c. Que en la mayoría de los casos, es más costoso no mantener. Lo ideal sería encontrar el punto de equilibrio, para reemplazar los elementos que se deterioran o que ya han cumplido su ciclo de vida, pues existen elementos que se pueden llegar a operar hasta el punto de falla.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- d. Que si no se aplica mantenimiento, se llega al punto en que no se puede operar por el deterioro de los equipos. Sin el cumplimiento de operaciones marítimas, fluviales, aéreas o terrestres, no se logra el cumplimiento de la misión dada a la Institución.

I.7. PRINCIPIOS BÁSICOS

I.7.1. El cambio

¿Está preparada la Institución y otros entes en general, para implantar nuevos modelos de gestión o herramientas tecnológicas de última generación? y ¿Están preparadas para enfrentar y asumir esos cambios?

Al tratar de implantar esas nuevas filosofías o tendencias de gestión y administración de mantenimiento, y de nuevas tecnologías, fracasan las Instituciones por no existir un adecuado plan de manejo del cambio, que se impone en el recurso humano que participa en el proceso dentro de la organización.

La clave en estos casos, es entender claramente qué es el cambio desde el punto de vista organizacional y cuál es la importancia del mismo dentro de ese entorno.

El cambio organizacional se define como el proceso de transición que abarca la forma en que se evoluciona de hacer algo de una manera a una nueva, obteniéndose mayores beneficios y resultados positivos que permiten ser operativos o competitivos, y por consiguiente, sobrevivir.

El proceso de cambio en la Institución y en cualquier organización, implica la participación de tres elementos:

- Una cultura corporativa con deseos de impulsar e implantar necesidades de cambio
- Disposición de colocar al servicio de la organización nuevas tecnologías. Esto implica asignar los recursos necesarios
- Voluntad para admitir el proceso de implantación de tecnología y cambio cultural

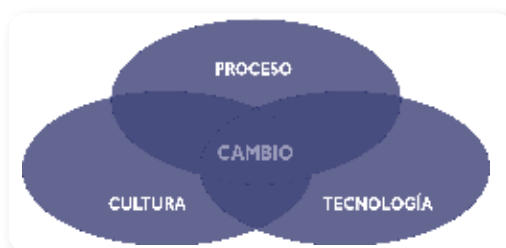


Figura 4. Elementos del cambio
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

I.7.2. Manejo del cambio ante la rutinización del personal a bordo

Los factores externos (normatividad, regulación, mercado, etc.) y los internos, (seguridad, salud, mantenimiento, producción, entre otros) hacen que Instituciones y sus recursos humanos estén sometidos al cambio. Sin embargo, el cambio es un proceso que involucra nuevos aspectos y que debe manejarse de tal forma, que no genere resistencia y que si se presenta, sea mínima.

El análisis previo y la aplicación de métodos establecidos, facilitan la labor de iniciar el cambio a nivel institucional e individual. Entre estos métodos están:

- Identificar la necesidad de cambio, basada en los indicadores, oportunidades de mejora, planes de acción derivados del análisis de causa raíz, etc.
- Preparar y planear el proceso de cambio, identificando la situación actual y comparándola con el estado ideal.
- Ejecutar el plan de manejo del cambio establecido, asignando responsabilidades
- Evaluación del proceso de cambio

La implantación de un proceso de cambio implica cuatro etapas, las cuales responden a la reacción del recurso humano involucrado en dicho proceso:

- Etapla I: Negación.** Es una reacción, casi general, del grupo de trabajo que ve afectados muchos intereses: espacio, bienestar, descanso, modelo de trabajo, horarios, etc. Se pueden presentar manifestaciones como: rechazo a creer o a admitir, ignorar consecuencias y minimizar impacto que la propuesta de cambio puede traer.



Figura 5. Resistencias del cambio

Fuente: <http://www.eldesfragmentador.blogspot.com/>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- b. Etapa 2: Resistencia.** En esta etapa se empieza a vislumbrar la actitud propia e individual en cada persona, ya que siente que el cambio puede colocar en riesgo su estabilidad laboral. Las manifestaciones características son: temor, miedo, culpar al nuevo contexto por los errores y cuestionar si se está en capacidad de llegar a la meta planteada o propuesta.

Esta etapa es clave para el proceso de cambio, ya que las personas pueden asumir una actitud de rechazo y negación a la propuesta de cambio.

- c. Etapa 3: Exploración.** Esta etapa es la generatriz del cambio, ya que su aceptación es propia de cada persona involucrada en el proceso y posteriormente se irradiará al grupo de trabajo. Esta etapa se caracteriza por el cambio de actitud del personal, se muestran más interesados en aclarar objetivos, exigir la asignación de recursos, plantear alternativas y explorar nuevas posibilidades.

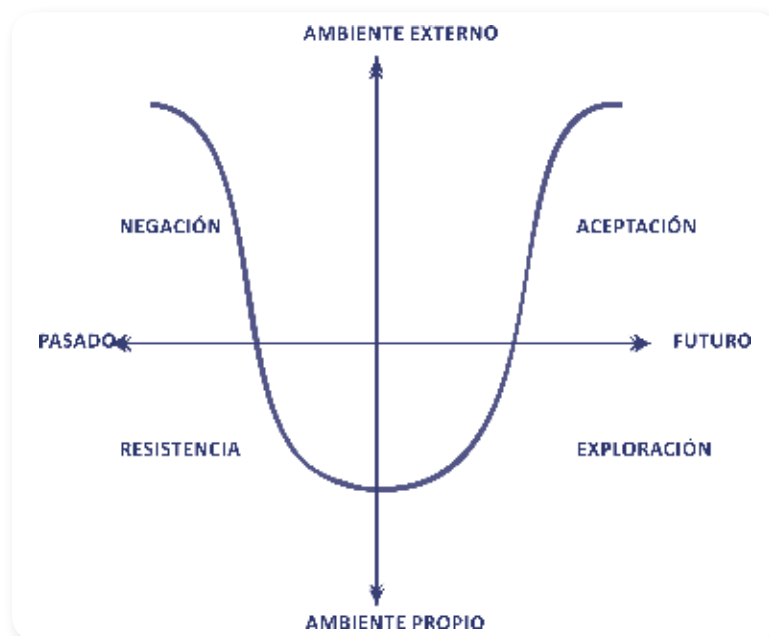


Figura 6. Reacciones al cambio
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

d. Etapa 4: Aceptación. Aquí el grupo de trabajo ve el cambio como una oportunidad de crecimiento a nivel individual e institucional y se encarga de promoverlo. Se lideran procesos de mejora y de evidenciar resultados de su gestión.



Figura 7. Resistencia individual y organizacional al cambio

Fuente: <http://ladohumanocambio1.blogspot.com/>

Las causas más comunes por las cuales el recurso humano puede tomar actitud de rechazo al cambio, son:

- Información insuficiente y/o errada
- No se perciben necesidades de cambio
- No tener en cuenta la opinión de todos
- Deseos de no renunciar a posiciones familiares o de bienestar
- Temor de perder poder, prestigio, estatus, dinero y hasta el empleo mismo
- Afectación por procesos anteriores
- Miedo a no tener las capacidades de aprendizaje suficientes
- Resistencia a todos los cambios: negativismo

Estas causas son actitudes normales de las personas y son consecuencia de fallas de los líderes que implantan los procesos de cambio.

De ahí que la actitud y liderazgo que asuman estas personas, sean fundamentales en el proceso, y deben hacer énfasis en:

- ¿Por qué se hace? Justificar las razones que llevan a generar el cambio

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- b. ¿Quiénes están involucrados y cuál es su actividad dentro del proceso?
- c. ¿Cuáles son los objetivos o metas a alcanzar y en qué tiempo se lograrán?
- d. Establecer los beneficios y riesgos del cambio
- e. ¿De qué manera se medirá y evidenciará el cambio?

El manejo del cambio debe ser simple, positivo y entendible, que refleje los valores y objetivos de la Institución y que sea orientado a la acción y al resultado final.

Es importante tener en cuenta que **compartir el plan de manejo del cambio** entre aquellas personas que son clave en la consecución del objetivo final, reviste una importancia determinante, ya que su retroalimentación será de gran validez cuando se estructure un plan adecuado para el manejo del cambio.



Figura 8. Actividades para el cambio
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

I.8. TEORÍA, FILOSOFÍA O CULTURA *HOUSE KEEPING*

El profesor Masaaki Imai, autor de los libros *Kaisen* y *Gemba Kaisen*, sostiene que para ingresar de manera efectiva en procesos de mejoramiento se debe:

- Mantener ordenada la casa
- Hacer una guerra frontal y decidida al desperdicio
- Adoptar la Gerencia de los procesos del día a día

El *House Keeping* sugiere adelantar la fase de “mantener ordenada la casa”. El *House Keeping* es uno de los pilares de la función de mantenimiento.

a. Antecedentes

Si bien la concreción del tema 5 S's fue hecha por el profesor Shingeo Shingo, se comenta que terminada la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos crearon el Plan de reconstrucción de Europa y Japón. Dentro del plan, fueron incluidos los profesores Edward Deming y Joseph Juran quienes al recorrer Japón, además de visualizar el nivel de devastación resultante de la guerra, observaron la poca atención que a sus habitantes les merecía, lo que los estadounidenses nombran como “*House Keeping*”.

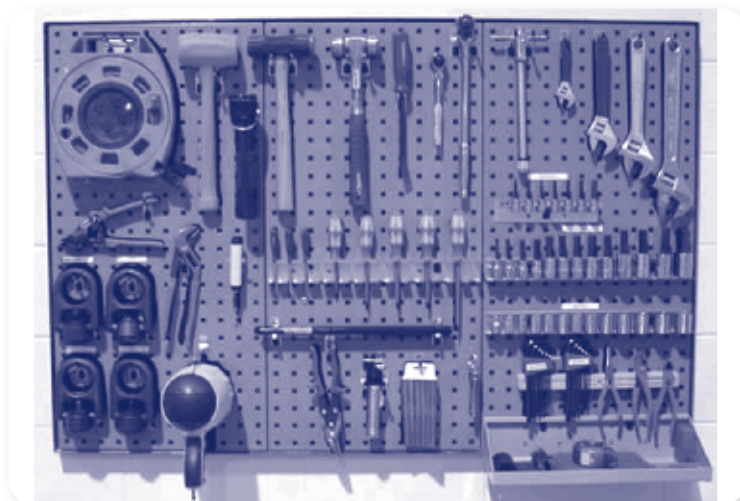


Figura 9. Aplicación de la teoría del *House Keeping*

Fuente: http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

A partir de ello, conceptuaron que lo más conveniente era iniciar por **“poner la casa en orden”**, acción que emprendieron y que se desarrolló con el sorprendente resultado de que los habitantes no solo aplicaron dicha puesta en orden, sino que asumieron el tema como elemento cultural que perdura en la casi totalidad de empresas del Japón. Más allá de ello, el profesor Shingeo Shingo concretó y difundió el tema, siendo lo acostumbrado remitirse a su nombre cuando de explicar el origen de las 5 S's se trata.

Respecto a cómo llegó 5 S's a Colombia, hay que decir que la calidad entró a Sudamérica por Brasil donde se adaptó a la cultura del país; de allí se difundió por el continente, siendo uno de los países de destino Colombia donde, de manera sorprendente, el concepto no está suficientemente difundido.

b. Las 5 S's

Las 5 S's son cinco palabras japonesas que inician con la letra S y que, en conjunto, representan un modelo de actuación que al formar parte de la cultura de una organización, contribuye substancialmente a la creación de un ambiente de economía, organización, limpieza, higiene y disciplina; factores que fundamentan la productividad.



Figura 10. Aplicación de la teoría de las 5's

Fuente: <http://www.ingenierojorgejuan.com/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 14 A

Las 5 S's pertenecen y conciernen a todas las personas. En ese sentido, se debe enfatizar que el *House Keeping* o 5 S's, no es una "jornada" de aseo o una capacitación aislada. En la práctica se trata de una cultura y de un componente del "cómo somos aquí".

De tal manera, que el concepto debe trascender y afectar aspectos como la selección del recurso o talento humano, el trabajo en equipo, las relaciones interpersonales, la cultura de las familias de los tripulantes de las Unidades y funcionarios de la Institución y, en ocasiones, hasta de los vecinos de barrio de la Institución y, como ocurre en Curitiba- Brasil, la de comunidades enteras, es decir, un entorno ampliado o extendido.

Como se dijo anteriormente, se trata de cinco palabras en japonés que a su vez se han traducido al español:

- 1) Seiri : Descarte o clasificación
- 2) Seiton : Orden
- 3) Seiso : Aseo
- 4) Seiketsu: Mantenimiento (bienestar)
- 5) Shitsuke: Autodisciplina

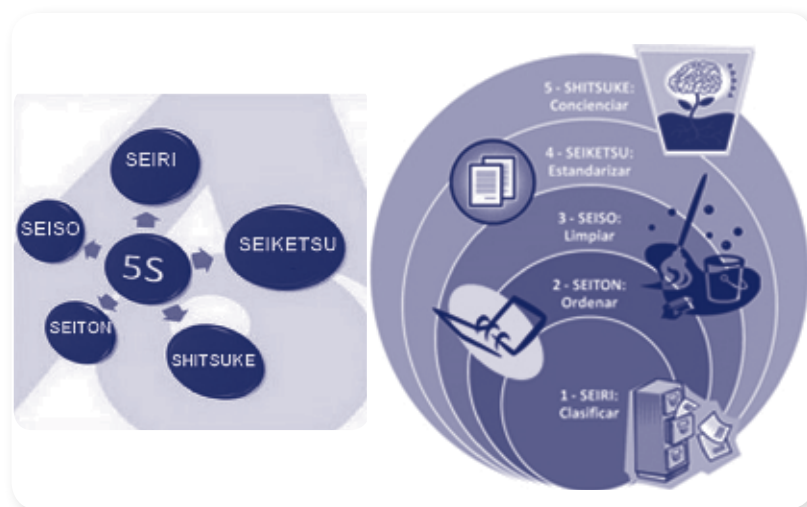


Figura 11. Teoría de las 5's

Fuente: <http://metalmecanica.wordpress.com/author/ingangelvaldes/>

Fuente: http://verdeslati2.blogspot.com/2011/09/5-s_30.html

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Es importante resaltar que el prefijo “SEI” significa “Sentimiento”, interpretado como algo que viene de lo más profundo y forma parte de la manera cómo la persona “es”, y que da la dimensión del valor que como cultura, tiene el tema entre los japoneses

El concepto ha evolucionado al de 9 S's, agregando:

- 1) Shikari: Constancia
- 2) Shitsokoku: Compromiso
- 3) Seishoo: Coordinación
- 4) Seido: Estandarización

Definición	Nombre japonés	Significado	Objetivo
Relación con las cosas	SEIRI	Descarte o clasificación	Mantener solo lo necesario
	SEITON	Orden	Mantener todo en orden
	SEISO	Aseo	Mantener todo limpio
Relación con Usted mismo	SEIKETSU	Mantenimiento (bienestar)	Cuidar la salud física y mental
	SHITSUKE	Autodisciplina	Mantener un comportamiento fiable
	SHIKARI	Constancia	Perseverar en los buenos hábitos
	SHITSOKOKU	Compromiso	Ir hasta el final en las tareas
Relación con la Institución	SEISHOO	Coordinación	Actuar como equipo con los compañeros
	SEIDO	Estandarización	Unificar el trabajo a través de los estándares

Figura 12. Significados de las palabras japonesas que engloban la metodología de calidad de las 9's

Fuente: http://cybertesis.upc.edu.pe/upc/2007/alvites_gm/html/sdx/alvites_gm-TH.I.html

Se debe enfatizar que, al igual que todo el concepto de Gestión en las organizaciones, las 5 S's cumplen con la característica de ser sistémicas; es decir, aunque cada uno de los conceptos tiene una definición propia, en la práctica su desempeño está interrelacionado, “para bien o para mal”, con los otros cuatro y, más allá, con el desempeño de los procesos, con la cultura, con la estrategia y, como se dijo atrás, con el entorno, representado en primera instancia por la comunidad cercana a la Institución y a sus trabajadores. De ahí la importancia e impacto del tema.

I) Descarte o clasificación (Seiri)

Para dar una significación de rápida comprensión, descarte es “Lo que no sirve, que no estorbe”.

Descartar es:

- a) Deshacerse de lo innecesario, trabajar únicamente con lo necesario
- b) Utilizar los recursos de acuerdo con las necesidades y lugar de trabajo
- c) Evitar excesos, desperdicios y mala utilización
- d) Mantener en el lugar de trabajo, solamente objetos e información necesaria

Una buena manera de aproximarse al descarte, es adoptar como norma la materialización de la expresión “Uno de cada uno”.



Figura 13. Descartar: “Lo que no sirve que no estorbe”

Fuente: http://escolasabatinaiaasp.blogspot.com/2012/09/meditacao-setembro-2012_9771.html

Es necesario enfatizar que la cultura *House Keeping*, no es algo que deba interpretarse con aplicación expresa a los bienes materiales, por el contrario, debe extenderse a las ideas, a los comportamientos, a las personas y a todo aquello que por afectar nuestra vida es susceptible de “mantenerse en orden” y bajo control; no sólo en el trabajo, sino en las dimensiones y espacios de la vida.

Un buen ejercicio, que empieza a contribuir al reconocimiento del valor de los conceptos, es indagar sobre lo que se logra descartando. Sobre ello, se sugiere hacer un rápido, pero profundo análisis de qué ganaría si se deshiciere de todo lo inútil y luego, seguir el análisis preguntando, qué es lo que lo ha obligado a continuar cargando con todo aquello que sólo produce estorbo.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Para descartar, se debe definir un criterio que permita de qué lado está cada uno de los elementos sujeto de análisis. El primero y más lógico, está relacionado con la frecuencia de uso. Si algo se usa frecuentemente, seguramente no se debe descartar y, en contraste, si no se usa debiera de descartarse.

Otra alternativa de criterio podría ser el tiempo que, de manera estándar, deben conservarse las cosas; por ejemplo, desde el punto de vista legal, no es posible deshacerse de los documentos antes de un tiempo preestablecido.

De manera similar, las organizaciones determinan la vida máxima que pueden tener ciertos herramentales y muebles, o fijan pautas para decidir a partir de qué momento cada elemento debe ser desechado o cambiado. Aquí toma gran importancia la depreciación de los activos físicos.

Corresponde a cada uno revisar su tema propio; sin embargo, en este punto surge la participación objetiva que debiera de tener un área de mantenimiento a la luz de 5 S's. De hecho, los japoneses a través de TPM, especifican que dentro de la función mantenimiento, algunos de los pilares imponen 5 S's como elemento fundamental, esto antes de detallar la S de Mantenimiento.

2) Orden (Seiton)

“Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”, bastante fácil, a decir de los abuelos. Agregando quizás “y una nomenclatura de conocimiento y uso común”.



Figura 14. Orden y limpieza en el Grupo de Reparaciones “R” del ARC “Valle del Cauca”.

TOMO III	MANTENIMIENTO	PÁGINA 18 A
CAPÍTULO I	GENERALIDADES	
	El orden es la velocidad con la cual se accede a las cosas cuando se necesitan, es allí donde se ubica la utilidad del orden. Ello, más allá de la reflexión que se sugiere que se haga en cada uno de los criterios de 5 S's. Mantener ordenado implica descartar. No tendría sentido darle sitio a algo que nunca se va a usar. También sería útil, para empezar; asear y, entonces, ordenar. Para ordenar se requiere: - Analizar la situación actual - Fijar el sitio dónde se colocan las cosas - Fijar el método cómo se colocan las cosas - Cumplir las normas de colocación El aspecto más importante es lograr que las cosas permanezcan en su lugar; es decir; lo concerniente a “cumplir las normas de colocación”; ya que es lo que forma cultura. Ello, como se observa, implica definir normas que, además de indicar cómo hacer para que las cosas regresen a su lugar, debiera incluir lo que pasa cuando no se cumplen dichas normas. 3) Aseo (Seiso) “Limpiar” es una de las interpretaciones de esta S y no cabe duda, que la acción de limpiar debe formar parte de la cultura de la Institución; pero quizás, en la dirección de adoptar la Gerencia de los Procesos, sea mejorar referirse al Aseo bajo la interpretación de que: “No es más aseado el que más limpia, sino el que menos ensucia”. Esa concepción nos lleva directamente a la definición de gerenciar. Cuando se enfatiza en el uso del Método Gerencial Básico PHVA, de fondo se está sugiriendo ir en la dirección de anticiparse y de ir a las causas más que a los resultados. Esa misma dirección es la que se propone en la “S” de Aseo. De esta manera, podría decirse que quien trabaja bajo Aseo seguramente tendrá facilidades de culturizarse en el uso del PHVA y consecuentemente, de gerenciar. El aseo es fundamento del descarte y del orden. Estos tres elementos no se conciben sin reconocer cómo se afectan entre ellos y su valor se potencia cuando, de manera racional, se trabaja también sobre dichas interrelaciones. Se sugiere revisar qué se obtiene gracias a la cultura de Aseo. No dude en ir hasta aspectos de comportamiento personal, familiar y de relaciones y, nuevamente, ubíquese en la Gerencia de Procesos y revise cómo el Aseo es parte de la esencia de ella.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____



Figura 15. Aspectos de aseo en la cocina del ARC “Buenaventura”

Para hacerlo se debiera recorrer el siguiente camino:

- a) Limpieza general
- b) Limpieza del lugar de trabajo y de todos los aparatos o equipos
- c) Prevención de defectos y comprobación de máquinas, patrones y herramientas.

Además, se debe enfatizar en la fijación y garantía de cumplimiento de las normas y de los estándares. Sin ello, será muy difícil controlar y culturizar.

4) Mantenimiento o bienestar (Seiketsu)

La “S” de mantenimiento ha tenido diversas interpretaciones:

- a) Uniformar
- b) Salud
- c) Progreso y bienestar personal.

Desde el punto de vista de la expresión que lo define, tal vez sea suficiente decir para el mantenimiento que **“Es mejor prevenir que curar”** y desde el punto de vista práctico, habrá de reconocerse que el mantenimiento, visto desde cualquiera de las perspectivas, es la única manera de conservar los resultados alcanzados por la aplicación de las tres primeras S’s. Ahí radica su real importancia que, además, puede extenderse al concepto de “aseguramiento” que sugiere la Gerencia para Mantener.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 20 A

La Función Mantenimiento debería reflexionar cómo, a la luz de 5 S's, puede o debe generar real impacto en la manera de hacer las cosas y en los resultados.



Figura 16. Mantenimiento con calidad

Fuente: <http://spcgroup.com.mx/mantenimiento-autonomo-en-7-pasos/>

No se debe olvidar que TPM especifica 5 S's como técnica insustituible en cuatro de sus ocho pilares, los cuales se verán en la sección de Mantenimiento Productivo Total (TPM):

- a) Pilar 2: Mantenimiento autónomo.
 - (1) Equipo con comportamiento regular (predecible)
 - (2) Eliminación de problemas crónicos que impiden su pleno rendimiento
 - (3) Mejora calidad y seguridad del sitio de trabajo
 - (4) Desarrollo de la capacidad técnica
 - (5) Aumento del sentido de responsabilidad.
- b) Pilar 6: Mantenimiento en áreas administrativas
 - (1) Reducción de pérdidas en trabajo manual de oficina.
- c) Pilar 7: Gestión de seguridad, salud y medio ambiente
 - (1) Creación de un sistema de gestión integral de seguridad
 - (2) Contribución a prevenir riesgos, que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.
- d) Pilar 8: Educación y formación
 - (1) Desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO I	GENERALIDADES
	PÁGINA 21 A
¿Cómo hacer para implantar mantenimiento visto como 5 S's y más exactamente, como "Uniformar"? Se sugiere completar por lo menos estas dos acciones básicas: (1) Señalar funcionamientos defectuosos (2) Desarrollar sentido de observación y observar Nuevamente, será útil hacer auto evaluación del Mantenimiento – Uniformar a la luz de los conceptos presentados. De otra parte, el Mantenimiento debe verse desde la perspectiva de las personas, concretamente desde la salud y también bajo la lógica de que "es mejor prevenir que curar". Quizás baste con recordar que las "personas son lo más importante" y sugerir reflexionar sobre el hecho que muchas organizaciones, mientras dedican grandes sumas a mantener sus máquinas, olvidan "mantener" a su gente, aspecto por lo menos extraño, si se tiene en cuenta que bajo conceptos modernos de Gerencia como el de "Gestión del Conocimiento", se reconoce que este resulta ser el activo de mayor valor de la organización (capital humano) y, el principal elemento de Ventaja Competitiva. Entonces, si el conocimiento es tan importante y este emana de las personas ¿por qué no extremar esfuerzos por tener personas saludables? En esa dirección, algunas acciones sobre las cuales valdría la pena trabajar serían: a) Promover las tres primeras "S's" b) Promover el embellecimiento del lugar de trabajo y entorno c) Promover acciones de salud (yendo a las causas, no hacerlo sólo por cumplir, yendo "más allá") d) Detectar y eliminar fuentes de riesgo, o al menos minimizarlas e) Mantener en excelentes condiciones de higiene las áreas comunes f) Estandarizar mejores prácticas (Programas periódicos) Y a través de ellas, promover siempre la idea de que se debe cambiar el enfoque de ir a los síntomas, por el de remitirse a las causas y trabajar las soluciones desde allí.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Cambio No.	Fecha de cambio	Reemplaza a:
------------	-----------------	--------------

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO I	GENERALIDADES	PÁGINA 23 A

- 1) Uso masivo de herramientas gerenciales
- 2) Método Gerencial Básico PHVA
- 3) Planes de acción 5W1H
- 4) Informes de 3 generaciones
- 5) Hechos y datos. Medición
- 6) Método de análisis y Solución de problemas
- 7) Gerencia visual e introducción masiva a la Gerencia de Procesos
- 8) Definición de procesos críticos
- 9) Trabajo sobre metas
- 10) Construcción de métodos
- 11) Adopción del concepto de entrenamiento
- 12) Aplicación de ejecución – medición – verificación
- 13) Adopción del concepto de ajuste
- 14) Práctica del Mejoramiento Continuo
- 15) Resultados rápidos y constatables
- 16) Señales claras que da la Institución:
 - a) Interés en toda su gente
 - b) Propósito de ingreso a la calidad
 - c) Propósito de cambiar la cultura
 - d) Propósito de promover el trabajo en equipo
 - e) Propósito de construir con toda la gente

I.9. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL MANTENIMIENTO

El mantenimiento en la industria ha sido desde el inicio, parte fundamental de su desarrollo y esto lo ha mantenido ligado a la ciencia administrativa de turno. Es así como teorías de la administración como: Benchmarking, el Justo a tiempo (JIT), la estrategia de las 5 S's, Poka Yoke, la Teoría de restricciones (T.O.C) y Sistemas de Calidad Total, entre otras, han obligado al mantenimiento a evolucionar, convirtiéndolo en un Departamento eficiente y eficaz de las organizaciones, basado en la condición de los equipos, buscando ayuda en herramientas como la Estadística y elementos de predicción, que le permiten brindar una mayor confiabilidad y seguridad del buen funcionamiento de la maquinaria y por ende, de la empresa o Institución.

Se puede decir que el mantenimiento nació con la industria, en la Revolución Industrial a finales del siglo XVII, debido a que en esta época se crearon los procesos de producción mecanizados para la fabricación de bienes a gran escala, empezando a desplazar a los animales y al mismo hombre como herramienta de producción en algunas actividades, por máquinas que garantizaban mayor rapidez y eficiencia.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 24 A

Esto obligó a que la producción de la industria dependiera directamente del adecuado funcionamiento de estas máquinas.

En esa época, el mantenimiento era considerado como una actividad sin importancia y un costo en el que se debía incurrir; pero a través del tiempo fue tomando cambios radicales, notándose tres grandes generaciones del mantenimiento.

a. La primera generación se encuentra demarcada entre las décadas de 1910 y 1940.

La consigna clave de esta primera generación era **reparar en caso de avería**. La industria no estaba tan mecanizada, de manera que los tiempos de parada no tenían “aparentemente” un gran efecto en la producción. Por esta razón, la prevención de fallas no tenía una alta prioridad.

De igual forma, los equipos y sistemas eran simples y sobre diseñados, lo que los hacía confiables y fáciles de reparar. Como consecuencia, solo se hacía limpieza y rutinas de servicio y lubricación; y por consiguiente, no se requerían grandes conocimientos ni habilidades del personal de mantenimiento. Esto indica que era la época del **Mantenimiento Correctivo**, en donde no se le hacía mantenimiento a nada hasta que no se dañara.

Esto ocasionaba:

- 1) Llevar los equipos y sistemas a punto de falla. Paradas no programadas
- 2) Altos consumos de recursos
- 3) Obligación a tener altos inventarios
- 4) Realizar mantenimientos con mucho personal
- 5) Dificultad para tener una medición de los costos incurridos en este mantenimiento.

“Este mantenimiento era visto como un gran gasto”

b. La segunda generación está comprendida entre las décadas de 1940 y 1980.

Se incrementó la mecanización de equipos y sistemas; éstos se hicieron más variados y complejos.

Después de la II Guerra Mundial, la mano de obra se hizo más escasa y por lo tanto, más costosa. Esto generó que los procesos productivos necesitaran de mayor disposición de las máquinas y mayor duración de los equipos a costos más bajos, por lo tanto, no se podía permitir que las máquinas se dañaran.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO I GENERALIDADES	PÁGINA 25 A
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

El enfoque en los tiempos de parada se incrementó y surgió la teoría de prevenir las fallas en los equipos y sistemas, dándose inicio a la época del **Mantenimiento Preventivo** o a intervalos establecidos.

Esto permitió a las empresas:

- 1) Mayor disponibilidad de la maquinaria
- 2) Mayor duración de los equipos
- 3) Costos más bajos

Para evitar las fallas en esta época, se hacían grandes paradas preventivas o de mantenimiento periódico. La frecuencia era definida por recomendaciones de los fabricantes o por experiencia propia.

Lo anterior evitaba algunas fallas, pero al descuidar las inspecciones, se generaban daños prematuros. También se realizaban desmontajes innecesarios que disminuían la eficiencia de la empresa, además de producir:

- 1) Grandes paradas de planta
- 2) Consumo de altos recursos
- 3) Alta disponibilidad de personal
- 4) Altos inventarios
- 5) Disponer de pocas herramientas predictivas

Los incrementos en los costos de mantenimiento llevaron a la planeación del mantenimiento y al establecimiento de sistemas de control. Así mismo, el incremento en los costos de los activos hizo que se buscaran formas para prolongar la vida útil de los mismos.

“Este mantenimiento era visto como un gasto necesario” y la filosofía era hacer intervenciones de mantenimiento por ciclos.

c. La tercera generación ubicada entre las décadas de 1980 y 2000.

A medida que pasaban los años, las empresas empezaron a sacar al mercado productos de más alta calidad y a menor precio; entonces se obligó a implementar teorías administrativas que las hicieran ser más productivas, sin descuidar la calidad de sus productos, lo cual llevó a las empresas a requerir un descenso en sus inventarios y a tener una mayor disponibilidad y confiabilidad de su maquinaria.

Además, el sobre mantenimiento y las frecuencias de mantenimiento innecesarios debían acabarse, y se iniciaba la época del **mantenimiento basado en la condición**.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 26 A

Esta nueva tendencia de mantenimiento permite:

- 1) Tener mayor disponibilidad y confiabilidad
- 2) Mayor seguridad industrial y aplicación de normas de Salud Ocupacional
- 3) Mejor calidad de los productos o servicios
- 4) Mayor duración de los equipos o sistemas
- 5) Protección del medio ambiente (evitar impactos ambientales)
- 6) Optimización de costos

En la actualidad, las industrias han tecnificado y automatizado sus procesos, relegando cada vez más al ser humano.

Esto ha obligado a tecnificar el mantenimiento para poder cumplir con las exigencias que se plantean, necesitándose más personal calificado y herramientas de monitoreo continuo, que permitan brindar un **Mantenimiento Predictivo (MPd)** por medio del cual y ayudado de herramientas estadísticas de planeación y diagnóstico, pueda brindar un **Mantenimiento Productivo Total (TPM)** y un **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)** a los equipos.

Este mantenimiento se encuentra acompañado de:

- 1) Estadística
- 2) Herramientas de mantenimiento predictivo
- 3) Monitoreo continuo de equipos críticos
- 4) Estudios de análisis de riesgos
- 5) Planeación de sus procesos
- 6) Participación y flexibilidad
- 7) Aseguramiento del conocimiento
- 8) Sistemas avanzados de información
- 9) Herramientas administrativas como el “Mejoramiento Continuo”
- 10) Análisis causa/efecto de las fallas

Esto lleva a que en la actualidad, **“el mantenimiento sea visto como una inversión muy rentable” y la filosofía es dirigida hacia la confiabilidad operacional.**

Hoy se puede afirmar que además de los costos y la disponibilidad, el mantenimiento afecta casi todos los parámetros de un proceso, tales como seguridad industrial, salud ocupacional, riesgos, calidad del producto o servicio y medio ambiente, entre otros.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En épocas pasadas, los accidentes industriales eran vistos como riesgos adicionales del negocio. Hoy se tratan de reducir las probabilidades de falla y el tiempo de indisponibilidad de los equipos y sistemas, a través de la implantación de políticas de mantenimiento y de operación de los mismos.

A partir del año 2000, el mantenimiento adquiere un papel clave en la productividad. Hay una desmedida competencia global y las reducciones de costos son restrictivas, pero hay necesidad de un apoyo efectivo al mantenimiento mayor.

Las fallas son un impacto de gran trascendencia en la productividad y surge la teoría de **“gestionar o hacer las cosas mejor”**.

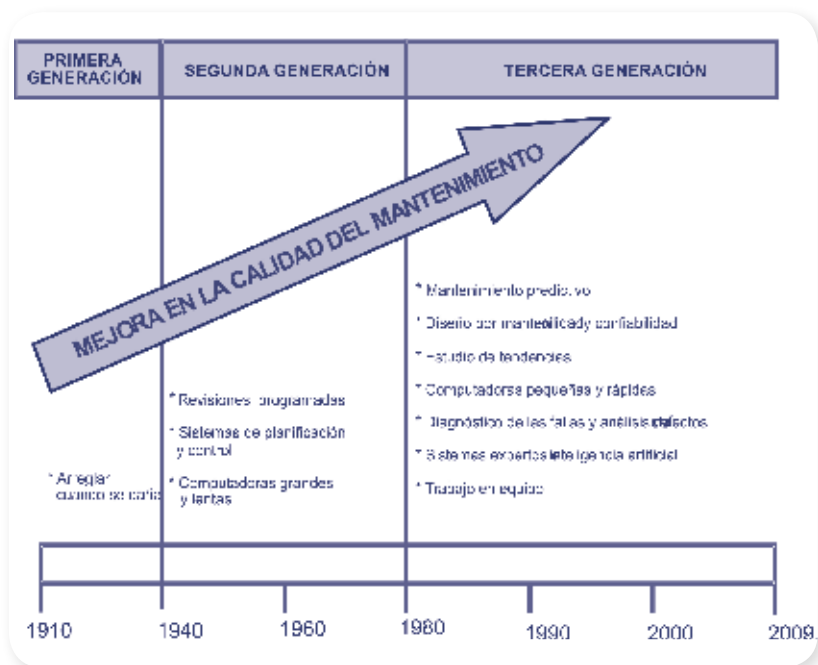


Figura 18. Evolución de la gestión de mantenimiento

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 28 A

En el año 2009 la respuesta a todos los cambios, a la competitividad y a las alianzas estratégicas, es un mantenimiento proactivo; lo que equivale a:

- 1) Anticipación a las fallas de los equipos y sistemas
- 2) Adquisición de equipos basados en el criterio de ciclo de vida útil
- 3) Cuidado especial de los activos y lubricación superior
- 4) Combinación justificada de MP, MPd y CBM, con métodos de confiabilidad y solución de problemas, previo análisis
- 5) Trabajo en equipo
- 6) Prevención y gestión con las fallas
- 7) Capitalizar las fallas y convertirlas en oportunidades de mejoramiento
- 8) Entrenamiento y capacitación apoyados en un buen liderazgo
- 9) Desarrollo y empleo de mejores prácticas de mantenimiento

d. Evolución de la gestión de mantenimiento

Primera generación entre 1910 y 1950 → Hacia la máquina

Segunda generación entre 1950 y 1960 → Hacia la producción y los procesos (incluye la maquinaria)

Tercera generación entre 1960 y 1980 → Hacia la productividad

Cuarta generación entre 1980 y 1999 → Hacia la competitividad

Quinta generación del 2000 al..... → Hacia la organización industrial e innovación tecnológica (Terotecnología)

I.10. COMPONENTES DEL MANTENIMIENTO

Los principales componentes de la función mantenimiento son:

- a. Principios básicos del mantenimiento
- b. Transferencia de tecnología
- c. Capacitación del personal
- d. Comités de mantenimiento
- e. Planeación del trabajo
- f. Reparación de daños
- g. Mantenimiento de calidad .

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- h. Relaciones con otras dependencias
- i. Seguridad en el mantenimiento
- j. Interventorías y auditorías
- k. Lubricación

a. Principios básicos del mantenimiento

1) Determinar prioridades

El problema en la aplicación del mantenimiento, sin importar la técnica utilizada, es la definición de qué debe ir primero, qué puede ir después y qué debe esperar o simplemente no hacerse. La determinación de prioridades debe ser definida por el Jefe de Mantenimiento y para ello, debe hacer uso de la experiencia, conocimiento de la planta por parte del personal de mantenimiento y de las herramientas que le permitan tomar una buena decisión.

Normalmente, hay muchas variables que intervienen, como los costos, las consecuencias para la producción u operación, los daños paralelos que pueden suceder por causa de las fallas y las pérdidas materiales, entre otros.



Figura 19. Principios básicos del mantenimiento

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

En la medida en que el mantenimiento se encuentre bien programado y planificado, se evitará tomar decisiones bajo la presión del tiempo. Presión esta, producto de paradas indeseadas e imprevistas de los equipos, ya que aunque se tenga la gestión de mantenimiento perfectamente implementada, de todas maneras ocurren imprevistos que obligan a disponer de una parte apreciable de recursos, para solucionar problemas que se presentan.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 30 A

Pero ante todo, la regla general para el mantenimiento debe ser, que sea el suficiente para garantizar la operación continua, confiable y económica de la Unidad, logrando beneficios económicos para la Institución.

2) Costo-beneficio del mantenimiento

Existe un punto de equilibrio entre lo que se invierte en mantenimiento y lo que se obtiene en beneficios. La optimización de la gestión de mantenimiento, es lograr que la Unidad opere en las mejores condiciones al más bajo costo. Es necesaria la experiencia y la información, para determinar en qué medida se justifica invertir en mantenimiento, sin caer en el sobre mantenimiento.

3) ¿Qué tanto mantenimiento dar?

Un Departamento o dependencia de Mantenimiento bien organizada y con información estadística bien manejada, puede hacer ajustes a los tiempos mínimos entre mantenimientos y además, desarrollar procesos de mejoramiento que representen ahorros para la Institución u organización.

Teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante y en la medida que se pueda contar con información adecuada, como producto de la estadística, se empezarán a valorar los datos obtenidos, que junto con el apoyo de laboratorios especializados y mediante pruebas de calidad, se contará con herramientas que permitan mejorar la gestión de mantenimiento con claros beneficios económicos.

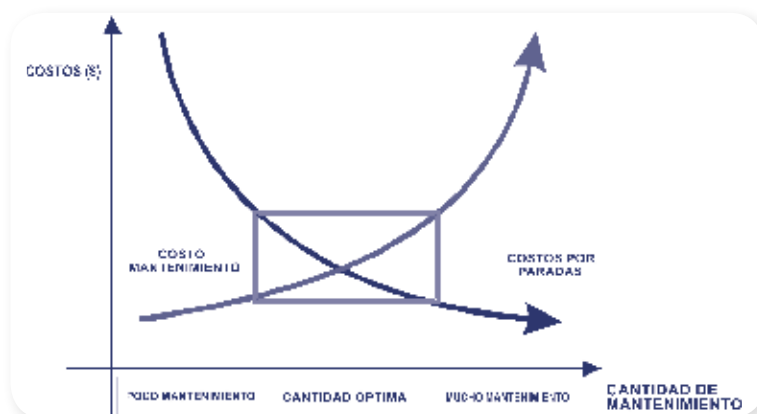


Figura 20. Cantidad óptima de mantenimiento

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

De la anterior gráfica, podemos deducir:

- La ausencia total de horas de parada de un equipo o una cantidad muy baja de ellas, produce costos de mantenimiento muy altos, lo que indica que hay sobre mantenimiento y en consecuencia, su mantenimiento es antieconómico
- Por el contrario, si el costo de mantenimiento es muy bajo, las horas de paradas serán numerosas y por consiguiente, se producirá un alto costo por concepto de paradas de producción o suspensión o no ejecución de operaciones.

En conclusión, se deduce que demasiado mantenimiento puede ser tan costoso como muy poco mantenimiento.

Pero ante todo, la regla general para el mantenimiento debe ser, que sea el suficiente para garantizar la operación continua, confiable y económica de la Unidad, logrando beneficios económicos para la Institución.

4) Vida útil de un equipo

Reemplazar un equipo es muy costoso, pero mantener un equipo con muchos años de operación representa gastos altos.

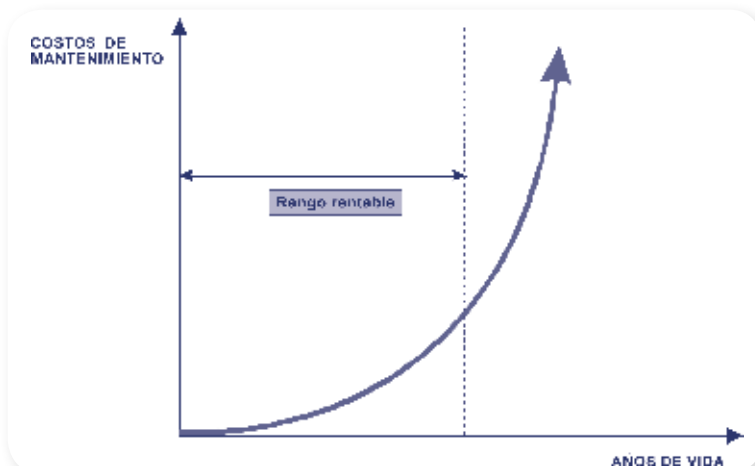


Figura 21. Relación de gastos en mantenimiento vs. tiempo de vida

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

5) ¿Qué tipo de mantenimiento implementar?

El mantenimiento a implementar no es el más económico o “barato”, sino aquel que representa una inversión para conservar las inversiones destinadas en la adquisición o construcción de las Unidades y demás dependencias.

Con un registro detallado de la información de mantenimiento y registros de operación, es posible llevar curvas de costos que permitan ver en qué momento una máquina ha llegado a su límite de vida.

Cuando el costo de mantenimiento es alto y las paradas por daños son continuas, es el momento de cambiar o reemplazar una máquina, equipo o sistema.

b. Capacitación del personal

La capacitación se debe considerar en tres aspectos importantes: hacia la operación, hacia el mantenimiento y hacia la seguridad.



Figura 22. Capacitación del personal en Mantenimiento y Control de Averías a bordo del ARC “Buenaventura”

Los operadores (tripulación en general) deben recibir continuamente capacitación sobre el equipo, haciendo énfasis en los aspectos de seguridad. Un operador puede dañar una gestión de mantenimiento con un mal trato al equipo.

En mantenimiento, deben existir programas de capacitación y de preparación de reemplazos.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

La seguridad industrial debe formar parte de una cultura impuesta a través de ingeniosos programas de capacitación y concientización. Las personas son reacias a cumplir normas y seguir procedimientos, por lo que se hace necesaria la aplicación de políticas y exigencia para su divulgación y cumplimiento.

c. Transferencia de tecnología

Mientras la transferencia de tecnología no se dé, la Institución y el país quedarán limitados a la asistencia extranjera y, esto genera altos costos, limitaciones por consideraciones políticas en un momento determinado (relaciones de los países), etc.

En los procesos de adquisición de equipos y/o sistemas, se debe determinar claramente en qué medida se incluirá el factor de transferencia tecnológica en la parte contractual.

d. Comités de mantenimiento

Son grupos para asesorar la gestión de mantenimiento. Se conforman con personas de varias disciplinas y pretende con éstos, la asesoría en toma de decisiones.

e. Planeación de trabajos

Esta labor se puede dividir en tres grupos:

- 1) Actividades periódicas de mantenimiento. Son las repetitivas y secuenciales. Su programación debe obedecer a un Plan Maestro, en donde están consignados los equipos, las actividades y frecuencias de mantenimiento. De aquí derivan los planes trimestrales, mensuales y semanales.
- 2) Actividades mayores de mantenimiento. En este grupo se incluyen todas las actividades que implican paradas de la Unidad o de alguno de sus componentes principales. Su complejidad radica en el alto nivel técnico requerido, la disposición de una organización temporal especial, la premura del tiempo por la inactividad o no disponibilidad y los altos costos de su ejecución.
- 3) Trabajos imprevistos. La dificultad en su programación radica en que como no son previsibles, no permiten mantener recursos disponibles para su ejecución. Sin embargo, con la experiencia, con buena información y disponibilidad de recursos y personal; es posible reducir los tiempos necesarios para la reparación.

f. Mantenimiento de calidad

La labor gerencial, tiene un papel primordial en el proceso de hacer mantenimiento de calidad, para ello, se requiere contar con un recurso humano preparado profesionalmente y concientizado en la cultura de la calidad. De igual forma, se requiere contar con recursos físicos suficientes y adecuados, que permitan el desarrollo de trabajos hasta el nivel III, y contar con personal capacitado para desarrollar las labores de interventoría para los trabajos de niveles superiores (IV y V) y los que la Institución contrate.

g. Relaciones con otras dependencias o Departamentos

La gestión de mantenimiento, debe ser parte de un engranaje dentro de la organización, lo que exige que la labor gerencial propenda porque se mantengan adecuadas y cordiales relaciones con los demás Departamentos.

h. Reparación de daños

Reparar daños no implica solamente cambiar la parte afectada, también conlleva un proceso de estudio e investigación de las causas que los provocaron o la solución de éstos.

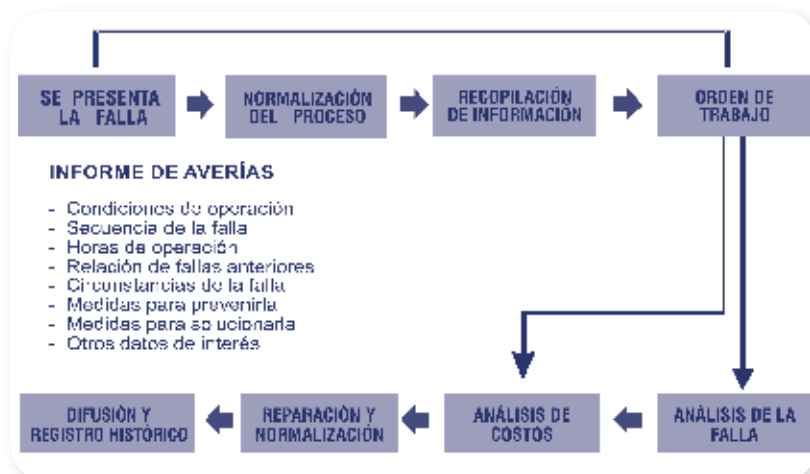


Figura 23. Secuencia de presencia de fallas y su solución

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

i. Seguridad en el mantenimiento y entrenamiento para la seguridad

Una parte vital en el desarrollo de actividades de mantenimiento, es lo relacionado con la seguridad. Cuando se vaya a efectuar un trabajo, es clave que el personal cumpla los procedimientos de operación, reparación o mantenimiento, aplicando todas las normas y políticas de seguridad.

Las medidas de seguridad están diseñadas con el propósito específico de prevenir accidentes y evitar daños en las máquinas o equipos. La única forma de evitar accidentes, es mantener un plan de entrenamiento en el sitio de trabajo. Con la repetición constante de normas, con la fijación de normas y señales de seguridad, y la meta de crear conciencia, se logran los mejores resultados.

Se debe exigir el correcto y permanente empleo de los elementos de seguridad o protección personal (EPP), tales como: cascos, gafas, tapa oídos, botas de seguridad, guantes, etc.

j. Interventorías y auditorías

Muchas empresas o Instituciones prefieren contratar los servicios de mantenimiento a todo nivel, por considerarlo más económico, no tener que montar costosas infraestructuras y sobre todo, no tener en nómina una planta de empleados para tal fin.

El interventor o supervisor, es la persona designada por la empresa o Institución para recibir en su nombre los trabajos y servicios contratados.

Algunas características de los interventores o supervisores son:

- 1) Excelentes relaciones interpersonales
- 2) Aplicar conocimientos en el área
- 3) Capacidad para saber asesorar
- 4) Capacidad para negociar
- 5) Dedicación y entrega
- 6) Lealtad incondicional con la Institución
- 7) Organización y capacidad para el manejo administrativo
- 8) Conocimientos legales básicos

La función del interventor o supervisor es conseguir que se cumpla lo pactado. Las labores de auditoría son importantes, por la misma necesidad de controlar toda actividad que se requiere medir y mejorar.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO I GENERALIDADES

PÁGINA 36 A

Las inspecciones para verificación de procedimientos y comprobación de la capacidad de los servicios, el mantenimiento, el cumplimiento de planes y programas, seguimiento de cédulas, entre otros, son actividades propios de Control Interno.

En el **Capítulo V. OUTSOURCING**, se ampliarán y detallarán las características, funciones e importancia de los interventores o supervisores en los trabajos de mantenimiento contratados a través de este sistema.

k. Lubricación

Es el proceso en el cual se aplica algún tipo de sustancia, entre dos partes que deben moverse, con el fin de modificar las características de fricción entre ellos, reducir el desgaste, el calor y los daños. La sustancia empleada recibe el nombre de **lubricante**.

Hay varios tipos de lubricación: hidrodinámica, hidrostática, elasto-hidrodinámica, límite y de película sólida. En el **Capítulo IV. LUBRICACIÓN Y ENGRASE**, se ampliarán y detallarán las características, funciones e importancia, de la lubricación en las diferentes actividades de mantenimiento.

La selección del tipo de lubricación le corresponde al diseñador de la máquina, tomando en consideración el trabajo que desarrollará y las condiciones bajo las cuales se desempeñará



Figura 24. Sistemas de lubricación y engrase

Fuente: <http://www.diariomotor.com/2009/12/07/wartsila-sultzer-rta96c-el-motor-mas-grande-y-eficiente-del-mundo/>

Fuente: <http://lubriindustrial.blogspot.com/2009/02/lubricacion-industrial-2.html>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

SECCIÓN A

FASES DEL MANTENIMIENTO

2.1. FASES DEL MANTENIMIENTO

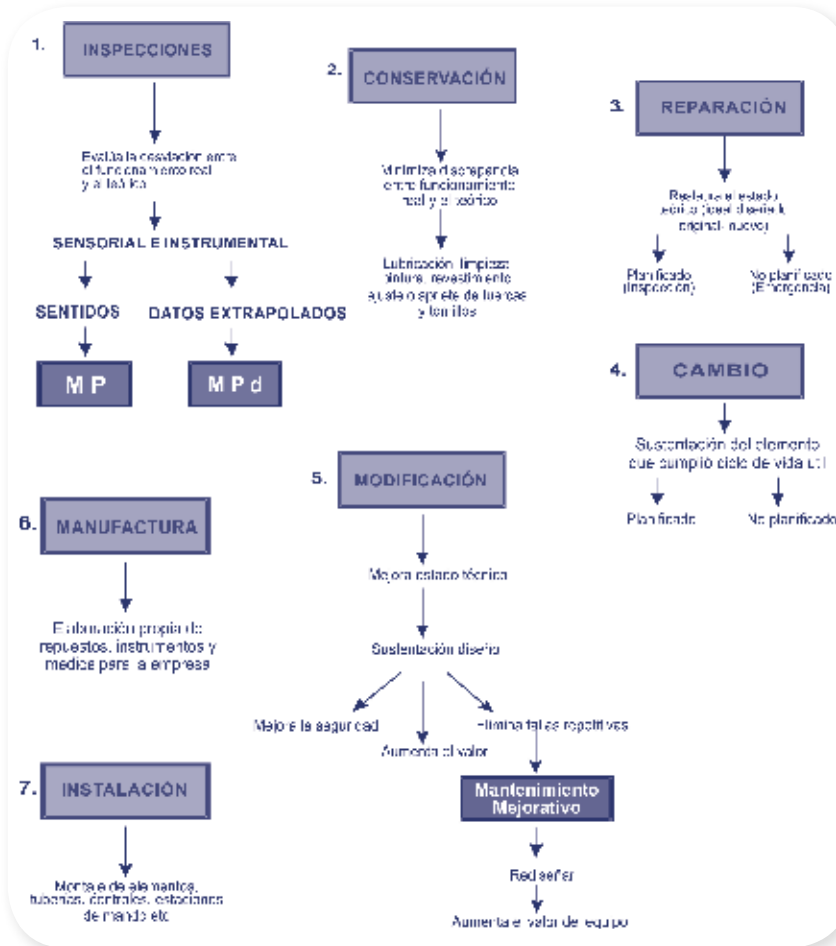


Figura 1. Fases del mantenimiento
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

2.2. NIVELES DE MANTENIMIENTO

Las instituciones no están en capacidad de montar infraestructuras de mantenimiento costosas con largos periodos sin uso.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 2 A

Por esto se deben priorizar los trabajos en niveles de acuerdo con la dificultad, conocimientos requeridos, talleres y herramientas especializadas necesarios.

Nivel	Actividades	Personal
I	Son trabajos necesarios para garantizar la operación permanente. Previenen daños al detener el equipo inmediatamente cuando se detectan. Se realizan mediante la observación directa del operador - Limpieza rutinaria - Inspección diaria - Revisión de calidad y cantidad de aceite y líquidos combustibles - Engrases - Detección de ruidos anormales	- Nivel operador - Técnicas de nivel aprendiz
II	Requieren de operaciones sencillas de mantenimiento por parte de un técnico entrenado en el equipo. No exigen paradas prolongadas y su finalidad es garantizar la operación confiable - Revisiones especializadas sencillas - Chequeo de tensión de correas - Relleno de líquidos - Limpieza de filtros de aire	- Técnico intermedio con curso básico del equipo
III	Son trabajos especializados en sitio y son de carácter básicamente rutinario; requieren de un técnico especializado y con experiencia - Cambio de aceite y filtros - Calibraciones rutinarias - Verificación de parámetros de servicio - Cambio de partes	- Técnicos del más alto nivel en la empresa, con con varios años de experiencia y cursos avanzados sobre el equipo
IV	Son trabajos que requieren un grupo de técnicos para su labor. Están a nivel de taller especializado; demandan bastante tiempo y requieren herramienta especializada para su ejecución - Despiece parcial para mantenimiento - Calibraciones especializadas - Revisión de ajustes y tolerancias - Soldadura y su revisión	- Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado por técnicos en varias disciplinas bajo la dirección de un ingeniero de campo - Las labores de planeación corresponden a otro nivel dentro de la misma organización
V	Son trabajos del más alto nivel; requieren personal altamente capacitado y de asesorías del fabricante; contempla los llamados mantenimientos completos u <i>overhaul</i>, donde la planeación y la programación juegan un papel importante. - Despiece o desarme total - Pruebas destructivas y no destructivas - Calibraciones y mediciones con instrumentos y herramientas especiales	- Grupo de trabajo con experiencia previa, conformado por técnicos en varias disciplinas bajo la dirección de un ingeniero de campo - Las labores de planeación corresponden a otro nivel dentro de la misma organización - Apoyo permanente de talleres especializados

Figura 2. Niveles de mantenimiento
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Existen cinco niveles de mantenimiento y la Jefatura de Material Naval establece qué niveles se hacen a bordo y cuáles se contratan, basándose en criterios de costo – beneficio.



Figura 3. Niveles de mantenimiento

Fuente: http://www.tuveras.com/mantenimiento/mantenimiento_estructura.htm

A bordo de las Unidades a flote, los tres primeros niveles se ejecutan con el personal de Oficiales y Suboficiales de cada uno de los diferentes Departamentos: Operaciones, Armamento y/o Cubierta, Logística e Ingeniería. Los niveles IV y V corresponden a niveles muy especializados, por lo que casi siempre son contratados y se nombra un supervisor o interventor.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 4 A

Estos niveles, IV y V, se ejecutan con personal del Departamento de Armas y Electrónica (DARET), talleres especializados y/o astilleros, y en algunos casos se ejecutan en fábrica.

Algunas Instituciones y empresas prefieren agrupar en sólo tres niveles; nivel I o de operadores, nivel II especializado, pero con personal de planta, y nivel III, aquel que requiere personal y herramientas muy especializadas.

2.3. FORMAS O MODELOS DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Son la realización de diligencias encaminadas a determinar, organizar y administrar los recursos de mantenimiento, para lograr la más alta disponibilidad de los equipos con sano criterio económico.

El mantenimiento es un sistema y por consiguiente, las diferentes formas de gestión y su correcta aplicación pueden verse unidos en algunos de ellos. Hoy no es justificable ni pensable establecer que todos los equipos y sistemas de una empresa, organización o institución, deban estar cobijados o sometidos a un solo tipo de mantenimiento; por ejemplo: preventivo, correctivo, predictivo, a cero horas, etc.

Los diferentes equipos y sistemas instalados en una fábrica o a bordo de una Unidad a flote, ocupan una posición distinta dentro y frente a los diferentes procesos establecidos y, desde luego, tienen unas características técnicas y operacionales propias que los hacen diferentes de los demás; incluso de otros equipos similares.

Antes de elaborar un Plan de Mantenimiento, es necesario efectuar un detallado análisis de los equipos y sistemas instalados. En este análisis, se deben tener en cuenta factores determinantes como: costos por una parada de producción o impacto en la suspensión de una orden de operaciones (Unidades a flote), influencia en la seguridad, costos de una reparación, criticidad de los mismos, etc.



Figura 4. Cuarto de Máquinas del Buque Escuela ARC "Gloria" con sus diferentes equipos principales y auxiliares

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Existen cuatro (04) formas principales de gestión; sin embargo, se relacionan otras más:

- Mantenimiento en uso → Inicio del TPM
- Mantenimiento Correctivo (MC) → Acción
- Mantenimiento Preventivo (MP) → Filosofía
- Mantenimiento Predictivo (MPd) → Tecnología
- Mantenimiento Productivo total (TPM) → Estrategia
- Mantenimiento “hard time” o cero horas → Doctrina
- Mantenimiento Progresivo → Recomendación del fabricante
- Mantenimiento Periódico Sistemático → Metodologías
- Mantenimiento con Proyecto → Ingeniería de Proyectos
- Mantenimiento Total → Un ideal
- Mantenimiento Proactivo
- Mantenimiento por Condición
- Mantenimiento Mejorativo o
Mantenimiento con diseño
- Mantenimiento Centrado en
Confiabilidad (MCC o RCM) → Fiabilidad

a. Mantenimiento en uso

Es el mantenimiento básico de un equipo, sistema o dependencia, y es realizado por los operadores o usuarios del mismo. Consiste en una serie de actividades sencillas o elementales y se ejecutan cuando estos se encuentran en operación. Estas actividades pueden ser: inspecciones visuales, toma o lectura de datos o registros de operación, lubricación y/o engrase, torqueada o reapriete de tornillos o tuercas, limpieza, verificación de funcionamiento de los diferentes indicadores de presión, temperatura y niveles, etc.



Figura 5. Mantenimiento en uso u operación en una instalación terrestre

Fuente <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 6 A

Para ejecutar este tipo de mantenimiento no se requiere de una gran formación profesional, sino simplemente una indicación o entrenamiento, conocimiento de los equipos y de los valores de operación normal y alarma.

Este mantenimiento se constituye en la base del Mantenimiento Productivo Total – TPM (Total Productive Maintenance).

b. Mantenimiento Correctivo (MC)

Es el conjunto de actividades establecidas para corregir los defectos o fallas que se presentan en los equipos, sistemas o dependencias.

Consiste en permitir que un equipo funcione hasta el punto en que no pueda volver a hacer normalmente su función. Se somete a reparación hasta corregir el defecto y se desatiende hasta que vuelva a tener una falla y así sucesivamente.

Es el tipo de mantenimiento más común y conocido por todos los encargados de los mantenimientos. Obliga a un riguroso conocimiento del equipo, de las partes susceptibles de falla y a un diagnóstico acertado y rápido de las causas.



Figura 6. Mantenimiento Correctivo

Fuente <http://www.atmosferis.com/mantenimiento-correctivo-preventivo-y-predictivo/>

Los encargados del mantenimiento, consideraban que lo correcto era operar un equipo hasta que su funcionamiento fuera defectuoso y no pudiera prestar algún servicio. Esta clase de decisión ocasiona grandes pérdidas, al no tomar en cuenta los costos de producción generados por la pérdida imprevista de los equipos.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

El mantenimiento correctivo se justifica si el equipo no estuviera en una línea o punto crítico del proceso y no ocasionase trastornos a la producción o al mantenimiento.

Se llama **equipo crítico** al que:

- 1) Su parada interrumpe el flujo normal de producción u operación de la Unidad
- 2) Causa problemas ambientales o de seguridad
- 3) Desperdicia energía
- 4) Su parada ocasiona demora en la entrega de los bienes o servicios
- 5) Es costoso de mantener y requiere reparaciones frecuentes
- 6) Sus repuestos son de difícil adquisición
- 7) Otros



Figura 7. Equipo crítico a bordo del Buque Escuela ARC “Gloria”: Planta de aguas residuales

Por lo tanto, si un equipo no es catalogado como crítico, según las anteriores consideraciones, es una justificación para aplicar mantenimiento correctivo.

Sin embargo, estas justificaciones deben revisarse periódicamente hasta comprobar que la parada imprevista no ocasionará trastornos graves a la producción o al servicio que se presta; ya que la consideración de crítico puede variar con el tiempo.

En la Sección B –Análisis de criticidad, del Capítulo III de la TOMO III de la presente Doctrina de Mantenimiento, se analizará con más detalle este tema.

¿POR QUÉ SE PERMITE QUE EQUIPOS, CUYA INVERSIÓN ES IMPORTANTE, FUNCIONEN CON SOLO MANTENIMIENTO CORRECTIVO?

Algunas causas pueden ser:

- 1) Porque no hay un plan de mantenimiento elaborado con un análisis detallado.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 8 A

- 2) Indiferencia o rechazo ante los beneficios que puedan obtenerse empleando técnicas de planeación y programación, que requieren más atención de la Dirección o del Comando.
- 3) Falta de una justificación económica, que muestre las ventajas de las técnicas de programación que puedan ser empleadas.
- 4) Demanda excesiva de producción u operaciones, permanente o temporal, lo que impide dedicar tiempo y recursos al mantenimiento.
- 5) Demasiada carga laboral en mantenimiento.
- 6) Porque no hay Departamento o División de Mantenimiento establecido dentro de la Institución u organización, o si existe no hay un especialista (Ingeniero o Tecnólogo) al frente del mismo.

Sin embargo, el mantenimiento correctivo no es solamente esperar que el equipo falle para repararlo, tiene una connotación importante en el proceso operativo del sistema de mantenimiento; es más, el mantenimiento, cualquiera que sea el tipo de gestión, siempre termina en mantenimiento correctivo.

En síntesis, puede decirse que el Mantenimiento Correctivo puede ser:

- 1) Planificado; es decir, visualizado por inspección. También se denomina proactivo, que equivale a actuar antes. Es un análisis de falla a raíz.



Figura 8. Mantenimiento Correctivo
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- 2) No planificado, es la solución por emergencias. Este mantenimiento es el tipo de gestión más costoso y el que más problemas ocasiona, por:
 - a) Requiere más personal para las actividades de mantenimiento.
 - b) Paradas continuas amenazan la producción o la prestación de servicios.
 - c) Lucro cesante mayor.
 - d) Ocasiona molestar al personal y genera conflictos.
 - e) Los equipos pueden sufrir daños irreparables.
 - f) Es difícil hablar de calidad en la gestión de mantenimiento.

En la Figura 16 se relacionan las ventajas y desventajas de los mantenimientos correctivo, preventivo y predictivo.

Dentro de esta gestión de mantenimiento se pueden tener dos tipos de enfoque:

- 1) Mantenimiento de arreglo o de campo. Es aquel que se encarga de reparar o restablecer el funcionamiento, aunque no se elimine la fuente que generó la falla; es decir, no se llega a la causa raíz.
- 2) Mantenimiento de reparación. Es aquel que hace la reparación pero eliminando las causas que ocasionaron la falla; es decir, se llega a la causa raíz.

c. Mantenimiento Predictivo (MPd)

El Mantenimiento Predictivo (MPd) es aquel que utiliza datos extrapolados o tendencias, para determinar la operación sin problemas de un equipo. Esta gestión de mantenimiento, se ha constituido en parte indispensable de la planeación de mantenimientos y de las estrategias de parada de las empresas modernas.

Es el que persigue conocer y reportar el estado y operatividad de los equipos, sistemas o dependencias, mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables o parámetros.

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que se presente. Busca adelantarse a esta o al momento en el que el equipo o elemento deja de operar en condiciones seguras y óptimas.

Es el que se realiza mediante empleo de indicadores y/o registradores, con o sin alarma, para medir parámetros fundamentales del funcionamiento de los equipos.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 10 A

Estos aparatos de medición pueden ser:

- Vibrómetro
- Manómetros
- Termómetros
- Termógrafos
- Sonómetros
- Analizadores de gases
- Probadores de aceite
- Medidores de espesores
- Aislamientos eléctricos
- Etc.



Figura 9. Empleo de vibrómetro y cámara termográfica durante el funcionamiento de equipos

Fuente: <http://ecofield.com.ar/blog/beneficios-del-mantenimiento-predictivo-en-el-ambito-de-la-seguridad-en-las-mquinas/>

Fuente: <http://www.arqhys.com/fotos/software-mantenimiento-predictivo.html>

El Mantenimiento Predictivo (MPd), es el mantenimiento planificado y programado con base en el estado o condición del equipo.

Este estado o condición, se determina mediante **monitoreo de variables** como:

- Temperatura
- Presión
- Movimientos mecánicos
- Impulsos, choques
- Ultrasonidos
- Aceleración, desaceleración
- Acción cíclica
- Grado de cambio
- Tensión, deformación
- Vibraciones
- Sonido, ruido
- Posición mecánica
- Desplazamiento
- Tiempo
- Descargas
- Composición

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- | | |
|------------------------------|--|
| - Concentración | - Función mecánica |
| - Función eléctrica | - Secuencia eléctrica |
| - Características eléctricas | - Características magnéticas y electromagnéticas |
| - Condición de aceites | - Otras |



Figura 10. Verificación de variables en funcionamiento de motobombas

Fuente: http://www.andi.com.co/pages/proyectos_paginas/contenido.aspx?pro_id=282&IdConsec=1408&clase=9&Id=4&Tipo=1

Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y de conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

1) Ventajas del Mantenimiento Predictivo (MPd)

Las ventajas más importantes de este tipo mantenimiento son:

- A pesar de requerir altas inversiones iniciales, a largo plazo es más económico.
- Disminuye sustancialmente las fallas imprevistas (monitoreo en tiempo real).
- Disminuye costos por inspecciones (monitoreo determina estado del equipo).
- Disminuye costos por mano de obra, repuestos y tiempo de reparación, porque permite planear y programar exactamente lo que se va hacer.
- Disminuye costos de aseguramiento de equipos
- Intervención en el equipo o cambio de un componente
- Obliga a dominar el proceso y a disponer de datos técnicos para facilitar un trabajo riguroso, objetivo y seguro.

2) Proceso del Mantenimiento Predictivo (MPd)



Figura 11. Proceso de aplicación del Mantenimiento Predictivo

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

3) Justificación de los programas de Mantenimiento Predictivo (MPd)

- a) Administración del mantenimiento. La información de las condiciones de la Unidad, permite tomar decisiones acerca de los programas de producción y las actividades de mantenimiento.

Los presupuestos planeados y su justificación, pueden ser soportados con datos reales y necesidades identificadas.

- b) Prevención de fallas catastróficas. Si un equipo es parado para prevenir una falla catastrófica, se obtienen ahorros significativos.

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO II	FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO
	PÁGINA 13 A
	c) Detectar las fallas incipientes de los equipos, programar reparación y, por consiguiente, reducir gastos adicionales de reparación, son objetivos de los programas de mantenimiento predictivo. d) Aseguramiento de calidad. A través del mantenimiento predictivo se pueden probar equipos sometidos a <i>overhaul</i> o reparaciones mayores. e) Inventario de repuestos Justo a Tiempo (JIT). Los programas de mantenimiento predictivo, permiten que el Justo a Tiempo sea implementado, mientras se reducen los riesgos. Se reducen los costos de mantener grandes inventarios. f) Prevención del mantenimiento basado en el calendario (preventivo). Frecuentemente, el mantenimiento basado en el calendario resulta en reparación de equipos que no la necesitan. Estos programas son costosos y en algunos casos, introducen problemas en equipos delicados. Las reparaciones basadas en el calendario, se justifican solamente cuando existen evidencias históricas que permiten establecer la vida del equipo en ciclos, por ejemplo: bombas que manejan fluidos corrosivos. g) Incremento del tiempo medio entre fallas (MTBF). El análisis de las causas de las fallas, usando las técnicas del mantenimiento predictivo, es un método comprobado para lograr un alto MTBF. h) A medida que los periodos de los MTBF comienzan a hacerse más amplios, los programas de mantenimiento podrán ser realmente ajustados. Este es el eje del <u>Mantenimiento Proactivo</u>. i) Ahorros de energía. Entre un 5% y 15% de la energía consumida en promedio, se pierde por fricciones o ineficiencia de las máquinas, desalineamiento en acoples y el desbalance de fases en el campo eléctrico. Esto puede ser detectado y solucionado empleando las técnicas del mantenimiento predictivo. j) Mantenimiento Proactivo. Ocurrida la reparación oportuna de los defectos de un equipo, el análisis de los datos disponibles determinará la causa principal de los síntomas presentados. Se revisará o rediseñará la instalación para eliminar la causa del daño. De esta manera, la vida de la máquina, equipo o sistema, se extenderá y su frecuencia de reparación se reducirá.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

d. Mantenimiento Preventivo (MP)

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar costos por mantenimiento correctivo. Pretende reducir las reparaciones mediante una rutina o serie de inspecciones y el cambio de elementos dañados o próximos a quedar fuera de servicio.

Más que una técnica específica de mantenimiento, es una “filosofía” o estado de ánimo que inicia desde el momento de diseño del equipo y que determinará su confiabilidad y mantenibilidad hasta su reemplazo, que se establece cuando sus altos costos de mantenimiento lo justifiquen económicamente.

Es el mantenimiento que se ejecuta a los equipos en forma planificada y programada anticipadamente, con base en inspecciones, periódica y económicamente establecidas según la naturaleza de cada equipo y encaminadas a descubrir posibles defectos, que puedan ocasionar paradas intempestivas de los equipos o daños mayores que afectan la vida útil de los mismos.



Figura 12. Rutinas de dique programadas como parte del Mantenimiento Preventivo

Fuente: <http://www.manteniship.com/servicios.php>

Fuente: http://www.uruman.org/5to_congreso/conferencias/German%20%20Aguirrezabala/Presentacion.pdf

Un programa sencillo de Mantenimiento Preventivo deberá incluir:

- 1) Una inspección periódica de las instalaciones, para determinar posibles defectos de los equipos que puedan ocasionar daños mayores.
- 2) La realización del mantenimiento oportuno y adecuado para corregir los defectos anotados, evitando que lleguen a ocasionar daños mayores.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Mantenimiento Preventivo significa realizar acciones para mantener un equipo durable en buena condición de operación y evitar fallas.

Un buen programa de Mantenimiento Preventivo (MP) es el corazón de un mantenimiento efectivo. Se pueden lograr unos costos y un tiempo mínimo de parada, con un balance apropiado entre el mantenimiento preventivo (MP) y el mantenimiento correctivo (MC).

Para lograr los beneficios del MP, un programa mínimo se debe complementar con un buen análisis, planificación y programación de los trabajos; así como también, establecer una documentación operativa mínima y funcional.

Los elementos básicos del Mantenimiento Preventivo son:

- 1) Parte a inspeccionar.
- 2) Instante en que debe inspeccionarse.
- 3) Control sobre el cumplimiento de la inspección.

Es importante tener en cuenta, que en la medida en que los mantenimientos preventivo (MP) y predictivo (MPd) cumplan con los objetivos, se logrará reducir a su mínima expresión los trabajos por fallas imprevistas.



Figura 13. Mantenimiento Preventivo a redes eléctricas

Fuente: <http://www.mppee.gob.ve/inicio/noticias-nacionales/nacionales/corpoelec-realiza-mantenimiento-preventivo-en-varios-circuitos-apureos>

Fuente: <http://www.leanoticias.com/2011/10/07/corpoelec-continua-el-mantenimiento-preventivo-en-las-zonas-rurales-y-foraneas/>

A continuación se muestran las diferencias entre dos organizaciones o empresas, una con mantenimiento preventivo (MP) y la otra sin el mismo, en sus principales dependencias o divisiones:

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 16 A

Sin mantenimiento preventivo	Con mantenimiento preventivo
Producción 1. Se atrasan los programas 2. Posibilidad de detenerse el proceso productivo 3. No cumplen lo programado 4. Materia prima puede dañarse	Producción 1. Se cumplen los programas 2. Se sostiene alta producción 3. Se uniformiza la producción 4. Materiales mejor aprovechados
Mantenimiento 1. Personal trabaja bajo exceso de presión 2. El trabajo es deficiente 3. Aumenta el personal necesario 4. Más horas extras	Mantenimiento 1. Personal trabajo tranquilo 2. Mejora la calidad del trabajo 3. Recurso humano se puede establecer razonablemente 4. Disminuyen horas extras
Almacenes y bodegas 1. Muchas veces no hay el repuesto 2. Pedidos de emergencia elevan los costos y aumentan los disgustos. 3. Excesivo inventario y desorden en pedidos	Almacenes y bodegas 1. Se puede pronosticar el consumo de repuestos 2. Facilita hacer pedidos 3. Menores costos de pedidos e inventarios
Ventas 1. No se cumplen entregas 2. Los clientes se incomodan 3. Desprestigio para la empresa	Ventas 1. Se cumplen las entregas 2. Clientes satisfechos 3. Aumenta prestigio de la empresa
Contabilidad y finanzas 1. Variación en los datos de costos, dificultad para cuantificarlos 2. Con frecuencia se enredan los presupuestos	Contabilidad y finanzas 1. Permite precisar y cuantificar los costos 2. Permite preparar y cumplir los presupuestos
Personal 1. Desmoralización y malestar general 2. Oportunidad de saboteo 3. Imposibilita lograr incentivos 4. Problemas sindicales	Personal 1. Personal a gusto 2. Genera el sentido de pertenencia 3. Se cumpla los incentivos 4. Mejoran relaciones interpersonales

Figura 14. Instituciones sin y con Mantenimiento Preventivo

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

1) Objetivos del Mantenimiento Preventivo

- a) Inspeccionar un equipo o sistema, antes de que una operación defectuosa interfiera con la producción o servicio en aspectos de calidad, cantidad, precio, etc.
- b) Tomar acciones o decisiones antes de que los costos por reparaciones sean altos.
- c) Eliminar o minimizar los riesgos de posibles daños con altos costos por paradas en equipos o sistemas estratégicos o críticos.
- d) Facilitar la ejecución de las reparaciones.
- e) Reducir la carga de trabajo de mantenimiento, con mejor preparación del trabajo y reducción de paradas no programadas o imprevistas.
- f) Eliminar o minimizar la ocurrencia de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.
- g) Mejorar la actitud de los trabajadores. La ausencia de problemas en los equipos mantiene motivadas y con actitud positiva a las personas.

2) Filosofía del Mantenimiento Preventivo (MP)

- a) No espere que un equipo falle inesperadamente, revise periódica y detenidamente, y corrija antes de la falla.
- b) La constancia, la flexibilidad y el factor humano, son condiciones básicas para obtener los mejores resultados del MP. Revise constantemente los planes de inspección trazados.
- c) Los planes del MP deben permitir las inspecciones a los equipos básicos del proceso productivo, así se evitarán las reparaciones por emergencias
- d) El factor humano es un elemento imprescindible en el MP; por consiguiente, debe estar preparado y capacitado en el conocimiento y operación de los equipos, de los riesgos, etc.
- e) El MP debe ser producto de una programación, que debe incluir:
 - (1) Qué equipo y elementos deben inspeccionarse
 - (2) Quién, cuándo y cómo debe hacerse
 - (3) Cómo establecer los controles de cumplimiento
- f) El MP tiene grandes beneficios técnico – económicos

En la mayoría de las empresas o instituciones, se podría aplicar la frase **“es mejor prevenir que reparar”**

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 18 A

- 3) ¿Por qué hacer Mantenimiento Preventivo (MP)?
 - a) Para prevenir las fallas
 - b) Para detectar el comienzo de la falla
 - c) Para descubrir una falla oculta
- 4) ¿Qué se debe tener en cuenta en el Mantenimiento Preventivo (MP)?

La elaboración de un programa eficiente de **MP** que incluyan:

- a) Conocer y estudiar los objetivos de la empresa o institución, para definir los objetivos del plan de mantenimiento.
 - b) Conocer los equipos y, las necesidades y planes de producción
 - c) Conocer las capacidades y habilidades del personal
 - d) Programar los cursos necesarios de entrenamiento
 - e) Fijar los diferentes planes de mantenimiento de cada equipo
 - f) Establecer los respectivos controles
 - g) Evaluar trimestralmente, los beneficios, dificultades y procesos del programa, cumplido o ejecutado.
 - h) De acuerdo con la evaluación obtenida, corregir o modificar el plan inicial
- 5) Factores que afectan la magnitud de un programa de MP
 - a) Costo del programa, en comparación con la reducción de costos de mantenimiento y mejoras en rendimiento al equipo.
 - b) Porcentaje de utilización del equipo al que se le aplica **MP**, varía si sólo se aplica a los equipos críticos de la planta o instalación.
 - c) El programa de **MP** se justificaría si con su implementación se reducen los costos totales de mantenimiento.



Figura 15. Mantenimiento Preventivo de una puerta estanca y sus accesorios a bordo del Buque Escuela ARC "Gloria".

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

El siguiente cuadro muestra algunas ventajas y desventajas de cada uno de estos tres mantenimientos (MC – MP – MPd), los más importantes, conocidos y aplicados.

Mantenimiento	Ventajas	Desventajas
CORRECTIVO (MC)	- Se obtiene hasta el último rendimiento de las partes - No requiere planeamiento - No requiere de un <i>stock</i> cuidadoso de repuestos - Es “relativamente” menos costoso - Si hay planeamiento, la preparación o recuperación de la funcionalidad es rápida.	- No da confiabilidad - No permite planear las paradas de los equipos o planta - Se pueden presentar paradas o daños imprevisibles que afectan la planificación - No se pueden calcular los costos en que se incurrirá cuando una falla se presente - Puede causar daños de partes correlacionados con la avería - No permite planear adecuadamente el recurso humano - Pueden presentarse fallas que afecten el personal y a la producción - Se pueden presentar reparaciones de baja calidad si hay rapidez en la intervención.
PREVENTIVO (MP)	- Confiabilidad - Permite un adecuado planeamiento de recursos - Se puede planear hacia el futuro - Tiene una administración proactiva y no reactiva - El sobretiempo puede ser reducido o eliminado - Las cargas de trabajo se pueden balancear para repartirlas según la demanda sobre los recursos disponibles - Permite parar los equipos cuando se planea y no cuando se dañan - Es más seguro para el personal - Evita daño de partes correlacionadas con la que se somete a mantenimiento - Debido a la naturaleza repetitiva, los procedimientos pueden ser mejorados - Permite un balance en tres dimensiones: entre el MC, el MP y la rentabilidad de la producción	- Se puede desperdiciar tiempo de vida de las partes que se cambian - Cada vez que se toca compromete un equipo, existe la posibilidad de que ocurra un daño por negligencia, por ignorancia por procedimientos incorrectos, etc. - Es “relativamente” costoso - Exige planeación y programación - Exige un <i>stock</i> adecuado de partes y repuestos - Exige una logística adecuada

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 20 A

PREDICTIVO (MPd)	- Es muy confiable - A pesar de requerir altas inversiones iniciales, a largo plazo es más económico - Disminuye las fallas y paradas imprevistos, ya que se monitorea la condición del equipo en tiempo real - Disminuye costos por inspecciones - Obtiene máximo rendimiento de los componentes, sin arriesgar el equipo - Permite una adecuada planeación - Diagnóstico con el equipo en servicio (la mayoría de las veces) - Compara perfil de operación actual con el esperado (de diseño)	- Requiere de equipos de diagnóstico especializados y costosos - Es relativamente costoso - Requiere personal entrenado y con experiencia para la fase de diagnóstico e interpretación de los datos que generan los equipos - No está al alcance de todas la empresas - Su implementación requiere de una gran inversión
-----------------------------	--	--

Figura No. 16 Cuadro comparativo mantenimientos MC – MP y MPd

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

6) Problemas básicos del Mantenimiento Preventivo (MP)

Los factores que afectan la magnitud de un programa de mantenimiento preventivo, son los siguientes, entre otros:

- Indiferencia de las Directivas frente a los beneficios de la planificación, dado que inicialmente se requieren altos recursos.
- Resistencia al cambio.
- Demanda excesiva de producción, temporal o permanente.
- Falta de comprensión y cooperación de la Alta Gerencia.
- Exigencia de resultados inmediatos.
- Creer que el mantenimiento preventivo hace milagros.
- Falta de una correcta justificación económica. Encontrar el punto de equilibrio entre costos de inspección y costos por daños.

e. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Después de la II Guerra Mundial, las industrias japonesas determinaron que para competir en el mercado mundial, tenían que mejorar la calidad de sus productos. Esto los llevó a importar técnicas de manufactura y de administración de los Estados Unidos.

Para mejorar el mantenimiento del equipo, de igual forma, acogieron de los Estados Unidos el concepto de mantenimiento productivo. Posteriormente, tomaron los conceptos de prevención del mantenimiento, Ingeniería de confiabilidad y otros.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Aplicaron lo anterior al ambiente japonés, para formar lo que se conoce como **TPM (Mantenimiento Productivo Total)**.

El **TPM**, algunas veces, es definido como el mantenimiento productivo implementado por todos los trabajadores, basado en la teoría de que la mejora de los equipos debía involucrar a toda la organización, desde los operadores hasta la Alta Dirección o Gerencia.

El término **TPM** fue definido en 1971 por el Japan Institute of Plant Engineers (hoy Japan Institute for plant maintenance), incluyendo las siguientes metas y objetivos:



Figura 17. Pilares del Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Fuente: <http://www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia>

Los pilares del Mantenimiento Productivo Total – TPM – son:

- 1) Mejora enfocada (KOBETSU KAIZEN)
- 2) Mantenimiento autónomo (JISHU HOZEN)
- 3) Mantenimiento planificado (KEIKAKU HOZEN)
- 4) Mantenimiento de calidad (HINSHITSU HOZEN)
- 5) Mantenimiento temprano
- 6) Mantenimiento en áreas administrativas
- 7) Gestión de seguridad, salud y medio ambiente
- 8) Educación y formación

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 22 A

Los requisitos para tener éxito en la implantación del Mantenimiento Productivo Total son:

- 1) Enseñar
- 2) Aplicar técnicas estadísticas básicas en toda la empresa o institución
- 3) Implantar programas de sugerencia o tormenta de ideas
- 4) Desarrollar proyectos *Kaizen* y otros procesos limitados
- 5) Concebir la organización de una manera diferente
- 6) Desarrollar un potente sistema de dirección que integre las ideas de gestión y todas las acciones de mejora que aporten beneficios estratégicos a la organización
- 7) Tener cuidado de comprender la necesidad de realizar un cambio en la forma de pensar de la organización
- 8) Implantación gradual, ordenada y completa de cada uno de los procesos
- 9) Asegurar que el proyecto sea perdurable
- 10) Entender que el aspecto humano y directivo juegan un papel definitivo en el éxito del proyecto
 - a) Una de las principales acciones de la dirección es el decidido apoyo para construir una organización abierta al aprendizaje permanente



Figura 18. Implantación del TPM

Fuente: <http://www.firstconsultinggroup.com.mx/consultoria-tpm.asp>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Los mínimos requerimientos para desarrollar el programa de **TPM** son:

- 1) Mejora en la eficiencia y eficacia del equipo.
- 2) Mantenimiento autónomo por los operadores.
- 3) Programa de mantenimiento planeado y administrado por el Departamento de Mantenimiento.



Figura 19. Trabajo con calidad en equipo

Fuente: <http://spcgroup.com.mx/12-pasos-para-implementar-el-tpm/>

- 4) Entrenamiento para mejorar las actividades de mantenimiento.
- 5) Programa de administración de equipos, para prevenir problemas durante la instalación, arranque y operación de los mismos

Los anteriores requerimientos se convierten en los elementos claves del mantenimiento productivo, ya que de su correcta interpretación y aplicación depende el éxito de los programas del Mantenimiento Productivo Total (**TPM**).

El Mantenimiento Productivo Total, es un paso hacia adelante del Mantenimiento Preventivo. Es realizar un mantenimiento preventivo eficaz.

En este mantenimiento, la idea no es simplemente que el equipo siga en producción, sino que lo haga de la mejor manera posible.

f. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) o Reliability Centered Maintenance (RCM), es un proceso empleado para determinar lo que se debe ejecutar para asegurar que los activos físicos de la Institución, continúen cumpliendo los estándares de funcionamiento deseados.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 24 A

El **RCM** o **MCC** es el proceso más completo de los desarrollados entre los años 60 y 70's en varias industrias americanas, para ayudar a mejorar las políticas para administrar las funciones de los activos físicos y las consecuencias de las fallas.

Un proceso RCM identifica las funciones y fallas funcionales de un activo e identifica los modos de las fallas (causas).

Los programas de mantenimiento preventivo (MP) que se han desarrollado con el transcurrir de los años, incluyen trabajos específicos de mantenimiento, pero también contienen trabajos de dudoso valor para los equipos y sistemas; pero están incluidos en el programa de mantenimiento solo por llevar varios años en ejecución.

Las actividades de filtración son básicas para asegurar un mantenimiento preventivo adecuado, efectivo y lógico.



Figura 20. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Fuente: <http://ingecaf.blogspot.com/>

Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mm/tipos.asp>

La base principal del MCC o RCM la constituyen los trabajos de mantenimiento que garantizan la **función** del equipo. Lo que no contribuye con esta actividad se debe excluir del programa.

Este criterio al igual que la aplicabilidad y la efectividad, deben ser contenidas por las diferentes actividades de mantenimiento.

- I) El criterio de **aplicabilidad** exige que cada actividad de mantenimiento contribuya en la prevención o demora de la presencia de las fallas y que por consiguiente, amplíe el ciclo de vida útil del equipo. Como consecuencia lógica, se reducen los daños secundarios.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- 2) El criterio de **efectividad** establece que se deben ameritar o justificar la ejecución de los trabajos de mantenimiento, es decir, que su valor agregado sea mayor que el costo que implica.

El análisis de cada una de las actividades incluidas en el programa de mantenimiento preventivo, es determinante para definir su inclusión en el programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM o MCC) reconoce tres tipos de actividades de mantenimiento preventivo:

- Por tiempo
 - Por condición
 - Búsqueda de fallas.
- 1) Las actividades establecidas por el tiempo, se programan de acuerdo con la edad del equipo o sistema, esto quiere decir que se programa el mantenimiento a una edad previa al desgaste, que se ejecuta en forma sencilla y que el monitoreo de la condición del equipo no se garantiza (revisiones mayores periódicas, cambios, lubricación, engrase, etc.).
- 2) Los trabajos por condición se ejecutan solo cuando el estado del equipo establece la necesidad de que se tome una acción, de lo contrario, no se podrían evitar las fallas o daños (chequeos, inspecciones, etc.).
- 3) Las actividades de búsqueda de fallas nos garantizan que los equipos o sistemas que no están en servicio no han presentado fallas. A este grupo pertenecen los equipos críticos y los de seguridad.

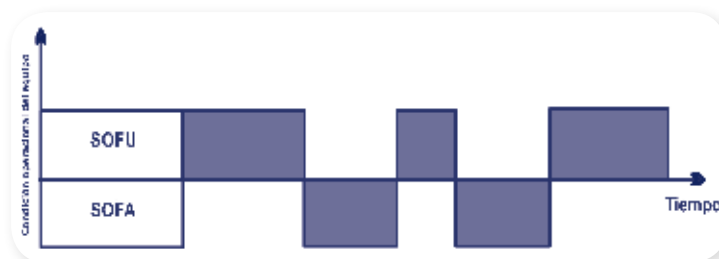
FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

1) Confiabilidad

La medida de confiabilidad de un equipo es la frecuencia a la cual ocurren las fallas en el tiempo. Si no hay fallas, el equipo es 100% confiable; si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad es aceptable; pero si la frecuencia de fallas es muy alta, entonces el equipo no es confiable.

TOMO III MANTENIMIENTO	PÁGINA 26 A
CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO	
Un equipo bien calculado y diseñado, bien montado, correctamente probado y apropiadamente mantenido, no debería fallar nunca; sin embargo, la experiencia ha demostrado que estos parámetros bien aplicados no eliminan completamente la ocurrencia de fallas (Basovsky, 1961: 3).	
La confiabilidad se define como la probabilidad de que un equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las cuales fue diseñado, durante un periodo determinado y bajo las condiciones específicas de operación, ambientales y de entorno.	
La anterior definición, muestra la presencia de cuatro características específicas de la confiabilidad:	
• Probabilidad • Desempeño satisfactorio • Periodo • Condiciones específicas	
a) Probabilidad	
Es la expresión que representa un porcentaje y significa el número de veces que ocurre un evento, dividido por el número total de intentos.	
Por ejemplo, la probabilidad de desempeño eficaz de 0.90 de un compresor de baja presión durante 90 horas, significa que este funcionará bien 90 de 100 intentos durante 90 horas (Blanchard y otros, 1995: 14).	
b) Desempeño satisfactorio	
Indica qué criterios específicos deben ser establecidos para describir lo que es considerado como una operación satisfactoria.	
Hace referencia a otros sistemas que no inciden directamente en la operación de un equipo, por ejemplo, sistema de altavoces, aire acondicionado, calefacción, etc.	
La falla de un sistema se define como un evento que provoca la pérdida de capacidad para ejecutar las funciones requeridas, o para satisfacer los requisitos de desempeño especificados.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

Implica conocer cuándo el equipo falla y no se está desempeñando satisfactoriamente. Un equipo funciona bien o está en falla, fluctuando durante su vida operacional entre **SoFu** y **SoFa**. Los estados del equipo durante su proceso de uso se denominan perfil de funcionalidad (Knezevic, 1996: 20).



SOFU: State of fuction – Estado de funcionamiento

SOFA: State of failure – Estado de falla o parada

Figura 21. Perfil de funcionalidad

Fuente: Ing. Alberto Mora G.

c) Periodo

Es la variable aleatoria de la definición de confiabilidad y se refiere a la duración del funcionamiento o duración de vida. La medida de esta duración puede expresarse de distintas formas: ciclos, kilómetros, rpm, horas, días, meses, años, etc.

d) Condiciones de operación

Son las condiciones en las que se espera que el equipo funcione. Estas incluyen factores como ubicación geográfica, medio ambiente, vibraciones, transporte, almacenamiento, empaque, cantidad de carga (esfuerzos, carga eléctrica, peso levantado, etc.), etc. (Remakumar, 1993: 4).

2) Indicadores de confiabilidad

Los indicadores de confiabilidad deben reflejar las propiedades de operación de un sistema, ser entendidos físicamente, simples de calcular desde el diseño y sencillos de comprobar a la hora de su uso (Gnedenko y otro, 1995: 86).

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO	PÁGINA 28 A
a) Tiempo medio entre fallas- MTBF- (mean time between failures) Es la medida de la tendencia central o valor promedio de distribución de la variable aleatoria tiempo entre fallas, aplicable a ítems reparables (Billinton, 1993: 254). b) Tiempo medio para fallar- MTTF- (mean time to failure) Es la medida de la tendencia central o esperanza matemática de la distribución de vida asignada para la variable tiempo para fallar; la cual expresa el tiempo operado y se emplea para elementos no reparables (Billinton, 1993; 253). c) Tiempo medio entre mantenimientos- MTBM- (mean time between maintenance) Más que un indicador de confiabilidad es un indicador de la frecuencia de los mantenimientos. Es función de la frecuencia de los mantenimientos planeados y no planeados (Blanchard, 1995: 111). 3) Mantenibilidad La mantenibilidad de un equipo se define como la probabilidad de que este sea devuelto a un estado en el que pueda cumplir su misión en un tiempo dado, después de la aparición de una o más fallas y cuando el mantenimiento y/o reparación es efectuado en un periodo de tiempo, al nivel deseado de confianza, con el personal especificado, las habilidades necesarias, el equipo y herramientas indicadas, disponibilidad de datos técnicos, de manuales de operación, taller y mantenimiento, del Departamento de soporte de mantenimiento y bajo condiciones ambientales especificadas (Knezevic, 1996:47- Kapur, 1977: 225- Kacecioglu, 1995: 30 y otros). Las características de la mantenibilidad se determinan usualmente por el diseño del equipo, el cual establece los procedimientos de mantenimiento y la duración de los tiempos de reparación. 4) Indicadores de mantenibilidad Estos indicadores aplican tanto para las actividades de mantenimiento planeado, como para las del no planeado.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

- a) Tiempo medio para reparar – MTTR – (mean time to repair)

También se le denomina tiempo medio de mantenimiento correctivo. Se refiere a la facilidad con que los equipos son restablecidos a su estado de funcionamiento. Es una probabilidad y se mide con base en el tiempo de parada por mantenimiento correctivo.

- b) Tiempo medio de mantenimiento preventivo – MPT– (mean preventive maintenance time)

Constituye el tiempo de las actividades de mantenimiento que permiten mantener el sistema en las condiciones de desempeño específicas, tales como inspecciones, calibraciones, reemplazo de componentes por tiempo y reparaciones mayores. Su principal objetivo es posponer la etapa de desgaste del sistema.

5) Disponibilidad

La disponibilidad se define como la probabilidad de que un equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido, después del inicio de su operación, cuando se usa bajo condiciones estables, donde el tiempo total considerado puede incluir el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo y otros (Ramakumar, 1993: 8 - Blanchard, 1995: 20 y otros).



Figura 22. Disponibilidad de las Unidades a flote de la Armada Nacional
Fuente <http://www.armada.mil.co/content/armada-nacional-189>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO II FASES, NIVELES Y FORMAS DE MANTENIMIENTO

PÁGINA 30 A

6) Indicadores de disponibilidad

Dependiendo de los datos disponibles, se selecciona la opción para determinar la disponibilidad:

a) Disponibilidad genérica

Se emplea cuando solamente se dispone de datos generales de tiempos útiles (UT) y tiempos de daño o falla (DT).

$$A = \frac{UT}{UT + DT}$$

donde: UT = Tiempo medio útil de operación en estado SoFu
DT = Tiempo medio de daño o falla, estado SoFa

b) Disponibilidad inherente

Es la probabilidad de que el sistema opere satisfactoriamente cuando sea requerido en cualquier momento, basado en la distribución de fallas y en la distribución del tiempo de reparación (Ebeling, 1997: 225).

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

donde: MTBF = Tiempo medio entre fallas
MTTR = Tiempo medio para reparar

g. Análisis comparativo de las principales clases de mantenimiento

Cuáles son las ventajas y desventajas de los mantenimientos Correctivo, Preventivo, Predictivo, Productivo y Centrado en Confiabilidad?

Esta pregunta se debe resolver teniendo en cuenta variables importantes, como:

- 1) Nivel de confiabilidad requerido.
- 2) Capacidad económica de la empresa o institución.
- 3) Facilidad para poder detener los equipos, sin que se afecte el proceso productivo.
- 4) Capacidad para mantener repuestos en stock o inventario.
- 5) Otras más..

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____



Figura 23. Disponibilidad de las Unidades de la Armada Nacional garantizada por los mantenimientos

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

SECCIÓN A

FALLAS EN EL MANTENIMIENTO

3.1. DEFINICIÓN

Las fallas se definen como:

- El evento que provoca la pérdida de capacidad para ejecutar las funciones requeridas o para satisfacer los requisitos de desempeño especificados.
- La finalización de la capacidad de una unidad funcional para realizar su función.
- La incapacidad de un sistema para realizar una función entre límites establecidos.
- La inhabilidad de un activo para cumplir un estándar de funcionamiento deseable para los usuarios y los propietarios.

Un componente puede cumplir más de una función. Al detectarse un defecto, es posible que exista una falla.

3.2. CLASIFICACIÓN

Internacionalmente las fallas se clasifican en:

- Críticas
- Degradantes
- Incipientes
- Desconocidas

Dentro del proceso de análisis de fallas, estas se clasifican en:

a. Crónicas

Son eventos frecuentes o repetitivos. Son fáciles de corregir, pero difíciles de controlar o erradicar. Cuando se eliminan o controlan, se logra restaurar la funcionalidad al máximo nivel de desempeño.

Afectan en forma inmediata la producción y la función de mantenimiento. Entre estas fallas están: daños en rodamientos, sellos, correas, engranajes, fallas en sistemas de potencia y control, etc.

b. Esporádicas

Son eventos impactantes, dramáticos y preocupantes para las Directivas. Una vez que desaparecen, todo regresa a la normalidad. No siempre afectan a la producción y a la función de mantenimiento.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En forma más general, las fallas se clasifican en:

- a. Permanentes e intermitentes
- b. Totales y parciales
- c. Abruptas y evolutivas
- d. Precoces, aleatorias y crono-dependientes
- e. Por desgaste, uso inadecuado y debilidad inherente
- f. Catastróficas y por degradación



Figura 1. ¿Cuáles fueron las fallas?

Fuente: <http://www.microsiervos.com/archivo/mundoreal/prioridad-cargueros.html>

Otra clasificación de las fallas es por diseño y construcción:

a. Diseño

- 1) Geometría inadecuada
- 2) Mala estimación o cálculo de esfuerzos
- 3) Material inadecuado

b. Construcción

- 1) Material empleado de forma errónea
- 2) Mal tratamiento térmico
- 3) Inclusiones no metálicas
- 4) Composición química inadecuada
- 5) Fallas o errores en procesos de fabricación
- 6) Técnicas de fundición inadecuadas
- 7) Malos acabados

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 3 A

El proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC o RCM), establece siete interrogantes sobre los activos o sistemas que se revisan:

- ¿Cuáles son las funciones y parámetros de funcionamiento relacionados con el activo en su contexto operacional?
- ¿De qué forma falla en cumplir dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando se presenta cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no existe una acción proactiva adecuada?

Los criterios específicos que los procesos deben cumplir son:

- El contexto operacional de los activos debe estar claramente definido
- Las funciones, primarias y secundarias, deben estar identificadas en forma precisa
- La descripción de las funciones debe ser precisa y clara, y deberá contener un infinitivo.
- Los estándares de desempeño estarán en el nivel esperado por el propietario de los activos.

3.3. FALLAS FUNCIONALES

Para saber de qué maneras pueden los activos dejar de funcionar (fallas funcionales), es necesario identificar los estados de fallas relacionados con cada función.

Si las funciones están definidas, es fácil listar las fallas funcionales. Por ejemplo: si la función de un enfriador de aceite es mantener la temperatura del sistema entre 40 y 60° C, entonces las fallas funcionales serían:

- Incapacidad de mantener la temperatura por encima de 40° C o por debajo de 60° C.
- Incapacidad de mantener la temperatura por encima de la temperatura del medio ambiente.

3.4. MODOS DE FALLAS

El modo de falla hace referencia a lo que causa la falla funcional.

Los modos de falla se clasifican en:

- Falla completa. Se pierde completamente la funcionalidad del equipo.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- b. Falla parcial. El equipo funciona bien, pero con posibles restricciones.
- c. Falla intermitente. Se presenta en forma discontinua, lo que no permite evaluar las posibles causa-raíz.
- d. Falla con el tiempo. Se presentan por el uso, abuso y desgaste del equipo.
- e. Sobre-desempeño de la función. Se opera en forma inadecuada el equipo, en algunas ocasiones por encima o por debajo de sus límites.

Los modos de fallas más frecuentes son:

- a. Deformación plástica o elástica
- b. Cambios de la superficie por cavitación o desgaste
- c. Cambios en el material por corrosión, desgaste o contaminación
- d. Fractura: fatiga, pitting, etc.
- e. Fugas
- f. Desplazamiento
- g. Contaminación

Las principales causas de fallas son:

- a. Fallas de diseño
- b. Material defectuoso
- c. Deficiente proceso de fabricación
- d. Defectos en ensamblaje e instalación
- e. Operación por fuera de los parámetros de diseño
- f. Mantenimiento deficiente
- g. Operaciones inapropiadas



Figura 2. Deformación y posterior rotura del casco

Fuente: <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/se-hunde-el-buque-%E2%80%99Cmol-comfort%E2%80%99D-con-una-carga-de-4-500%C2%A0contenedores/>

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO III FALLAS	PÁGINA 5 A
Los criterios estándar para un proceso al que se le identifican los modos de fallas son: - Deben identificarse todos los modos de fallas que puedan causar fallas funcionales - Método para decidir qué constituye un modo de falla debe ser aceptado por el Mando - Los modos de fallas se deben identificar con las políticas de administración de fallas - Las listas de modos de fallas deben incluir los que se han presentado en otras ocasiones, los que pueden presentarse y los que no se han presentado, pero son susceptibles de suceder - Las listas deben incluir todos los eventos que puedan causar fallas funcionales, incluyendo errores humanos, defectos de diseño, deterioro, etc.	
3.5. EFECTOS DE LAS FALLAS El efecto de las fallas es lo que ocurre cuando estas se presentan y se deben analizar a diferentes niveles: local, subsistema y sistema. Ante la pregunta: ¿Qué se debe hacer para restaurar la función del sistema después de la falla?, surge la posibilidad de pensar que se hace uso del “mantenimiento correctivo”. Esto facilita la comparación de los costos generados por la falla y los de efectuar el mantenimiento. Los criterios para identificar los efectos de las fallas son: - Los efectos de las fallas deben describir lo que ocurriría si no se toman acciones para prevenir, anticiparse a, o detectar las fallas. - Los efectos de las fallas incluyen toda la información que se requiere para dar soporte a la evaluación de las consecuencias de las fallas: evidencias, consecuencias por afectar a las personas, medio ambiente, etc.; consecuencias sobre la producción o procesos, daños físicos, qué hacer para restaurar la función del equipo o sistema, etc.	
3.6. CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS El RCM o MCC evalúa las consecuencias de las fallas de tal forma, que pareciera que no se estuviera haciendo nada acerca de ellas. Las consecuencias de las fallas se miden mediante la evaluación del impacto sobre: - La organización - Sus componentes (daños parciales o totales) - Pérdidas de vidas humanas y pérdidas mayores de materiales - Pérdidas de producción o servicios - Daños en el medio ambiente.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	



Figura 3. Portacontenedores “MOL COMFORT” antes de la rotura del casco

Fuente: http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2013_06_01_archive.html



Figura 4. Deformación y posterior rotura del casco

Fuente: <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/se-hunde-el-buque-%E2%80%99Cmol-comfort%E2%80%99D-con-una-carga-de-4-500%C2%A0contenedores/>



Figura 5. Mitad posterior del portacontenedores después de la rotura del casco

Fuente: http://tecnologia-maritima.blogspot.com/2013_06_01_archive.html

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 7 A

De igual forma, el RCM o MCC evalúa las consecuencias de estas, asignando cada modo de falla (causa) a una de las siguientes categorías:

- Las consecuencias de fallas ocultas normalmente no inciden directamente, pero pueden ocasionar paradas grandes y catastróficas. Casi siempre aparecen en los sistemas de protección.
- Las consecuencias ambientales y de seguridad física y humana hacen referencia a Normas, Leyes, contaminación, violaciones a procedimientos estándares, seguridad, accidentes graves y fatales, etc.
- Las consecuencias operacionales afectan la calidad, cantidad, seguridad, atención al cliente, puntualidad en la entrega, desperdicios, tiempo para reparar, etc.
- Las consecuencias no operacionales solo implican recursos para reparar o restaurar el activo a su condición operacional.

Hasta finales de 1978, la gente no era consciente de los daños que se le causaba al medio ambiente; las consecuencias por afectarlo eran solamente económicas (multas) y las empresas así lo aceptaban. Pero accidentes industriales, con consecuencias desastrosas para el medio ambiente, como las causadas por el buque-cisterna “Exxon-Valdez” y en Chernobyl, hicieron que se aumentara la severidad de las sanciones. Un accidente de tal magnitud, hace que las empresas sean cerradas completamente y sus propietarios vayan a la cárcel.



Figura 6. Derrame de hidrocarburos causado por el Buque-tanque “Exxon Valdés”
Fuente: <http://delamarylosbarcos.wordpress.com/2013/01/25/costes-de-limpieza-estimados-por-derrames-de-petroleo/>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO III	FALLAS
	PÁGINA 8 A
	Las consecuencias por afectar el medio ambiente están al mismo nivel que las de la seguridad industrial. El criterio para los procesos que identifican las consecuencias de las fallas es “ejecutar la evaluación como si no se estuvieran tomando acciones para detectar o prevenir las fallas” Las consecuencias se clasifican en: - Separar los modos de fallas ocultas de los evidentes - El proceso distinguirá los eventos que puedan tener consecuencias en el medio ambiente y seguridad individual, de aquellos que solo presentan consecuencias económicas (operacionales o no operacionales). 3.7. TAREAS PROACTIVAS Son las acciones o actividades que deben efectuarse para predecir o prevenir las fallas. Estas acciones pueden establecerse en dos grupos: - Las de escoger políticas de administración de fallas - Tareas programadas y sus respectivas frecuencias Las políticas de administración de fallas deben efectuarse como si nada se estuviera haciendo, y las tareas programadas solamente deben efectuarse si son factibles y si vale la pena desarrollarlas. 3.8. ACCIONES POR OMISIÓN Qué hacer si no se puede encontrar una acción proactiva adecuada (acciones por omisión)?. Estas actividades están incluidas en los trabajos programados (localización de fallas) y en las políticas de administración de fallas no programadas; por ejemplo: dejar que un activo funcione hasta que falle o la decisión de cambiar algo en el contexto operacional de un activo (diseño, operación, etc.). 3.9. SECUENCIAS Y SOLUCIÓN Reparar daños o solucionar fallas, no implica solamente cambiar la parte afectada; también conlleva un proceso de estudio, análisis e investigación de las causas que provocaron esta situación, los efectos, las consecuencias y la solución de las mismas; es decir, la restauración o recuperación del equipo o sistema. Todo el esquema de solución de fallas es responsabilidad de cada uno de los Jefes de Departamento de a bordo.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 9 A

Una secuencia lógica al ocurrir una falla o daño, se puede visualizar en la Figura 7 y a continuación se detallan sus distintos pasos o etapas:

a. Ocurre la falla o daño. Normalmente es imprevisible. Se debe elaborar un informe de averías con datos básicos como:

- 1) Condiciones de operación
- 2) Secuencia o número de la falla
- 3) Horas de operación
- 4) Relación con otras fallas ya presentadas
- 5) Circunstancias de tiempo, modo y lugar
- 6) Medidas tomadas para prevenir las fallas
- 7) Medidas tomadas para normalizar la situación
- 8) Otros datos que puedan aportar información

Con esta información se busca ilustrar el proceso de análisis de la falla, solución de la misma y alimentar datos estadísticos.



Figura 7. Secuencia de presencia de fallas y su solución

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

b. Normalización del proceso. Mediante el empleo de equipos o sistemas alternos, reemplazo de partes o módulos, etc. se debe buscar que el proceso productivo o la disponibilidad del equipo se garantice.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO III	FALLAS
	PÁGINA 10 A
	c. Recopilación de información. Se debe hacer uso de toda la información disponible, con el fin de efectuar un detallado análisis. d. Elaboración de las órdenes de trabajo (OT). El fin de las mismas es asignar los recursos, personal y tiempo para recuperar el equipo o sistema. e. Análisis de la falla. Este proceso nos facilita conocer la causa raíz del problema o falla y de esa forma, solucionarlo oportuna y definitivamente. Como ya se expuso anteriormente, por lo menos se deben seguir los siguientes puntos: 1) Conformación del grupo de análisis y/o caza-fallas 2) Elaboración de pruebas técnicas y de laboratorio (destructivas y no destructivas), para determinar las posibles causas 3) Estudio de información disponible 4) Tormenta de ideas 5) Análisis mediante alguna técnica, por ejemplo: diagrama de causa-efecto 6) Definición de posibles causas 7) Propuestas de solución 8) Selección de la más factible 9) Análisis de la propuesta 10) Aprobación e implementación f. Análisis de los costos. Se deben relacionar e incluir todos aquellos costos en que se incurrió. Esta información sirve para el proceso estadístico. 1) Repuestos 2) Mano de obra 3) Revisiones especializadas 4) Pruebas de laboratorio 5) Asesorías y consultorías 6) Costos administrativos 7) Costos indirectos 8) Lucro cesante 9) Otros g. Difusión. Es importante que todo el personal que participa en el proceso y todos los que hagan parte de la gestión de mantenimiento, conozcan el análisis del caso presentado para que sirva de “lección aprendida” y para prevenir futuras fallas.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO III FALLAS	PÁGINA 11 A
La gestión de mantenimiento, como consecuencia de la falla presentada y el análisis efectuado, debe obtener suficiente información para tomar acciones correctivas y aplicarlas a: 1) Entrenamiento. Modificarlo o intensificarlo en caso de detectar errores humanos por mala operación, desconocimiento, etc. 2) Modificaciones al equipo. En caso de detectarse fallas de material y que se puedan someter a rediseño. 3) Revisión de procedimientos. En caso de perderse actualidad o vigencia, bien por obsolescencia o por modificación de las condiciones de operación. 4) Revisión de materias primas. En caso de detectarse diferencias con la calidad establecida. 5) Modificación de los planes de mantenimiento. Como consecuencia de la falla y los resultados del análisis efectuado, en donde se concluya que se deben modificar las frecuencias y las técnicas de mantenimiento. h. Validación de las decisiones tomadas. Mediante un seguimiento detallado y la respectiva toma de datos, se debe demostrar que el proceso fue objetivo y lógico al presentarse nuevamente la falla. 3.10. ANÁLISIS DE FALLAS Sobresalen dos formas para ahorrar en gastos de mantenimiento: a. Ampliar los periodos entre mantenimientos planeados b. Aplicación del análisis de fallas, que sirve para controlar o eliminar fallas reales o potenciales en los equipos o sistemas. Esta es la forma más exitosa de lograr grandes ahorros. El concepto general de mantenimiento, es asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios desean que hagan. El proceso de análisis de fallas es una manera eficiente para implementar y desarrollar el mantenimiento, y lograr la operabilidad de los equipos o activos. El Análisis de Fallas lo constituyen todas aquellas actividades tendientes a investigar las causas y consecuencias de incidentes y fallas, con el fin de identificar factores causales y raíces, y los posibles mecanismos para evitar su ocurrencia.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

El Análisis de Fallas se inicia hacia 1950 en la industria militar norteamericana y posteriormente, hacia 1988, se implanta en empresas automotrices como la Ford, General Motors y la Chrysler.

Por medio del Análisis de Fallas se pueden detectar, en forma preventiva o anticipada, anomalías que pueden afectar la funcionalidad del equipo o activo.

Permite identificar fallas potenciales o reales de diseño, de funcionamiento y de proceso, antes de que ocurran; con el propósito de eliminarlas o controlarlas, para minimizar los riesgos asociados con ellos.

Así mismo, facilita la programación de actividades proactivas y correctivas para controlar las fallas. **“El análisis de fallas es un proceso de acción permanente en el tiempo”.**

Los procesos de análisis de fallas se originan en las personas y se desarrollan a partir de las ideas que aportan los miembros del **“grupo caza- fallas”**. Este grupo se reúne en forma periódica y debe llevar un registro activo en forma real de todos los hechos, acciones, análisis de fallas, evidencias, controles, registros, datos, etc.



Figura 8. Incendio a bordo del Ex -ARC “Río Hacha” por concentración de vapores de gasolina
Fuente <http://seccionquinta.blogspot.com/2011/03/explosion-en-buque-de-la-armada.html>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 13 A

Los principales objetivos de los procesos de análisis de fallas son:

- Prevenir fallas futuras
- Garantizar la seguridad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos durante su ciclo de vida, por medio de:
 - Especificaciones del proceso de diseño
 - Diseño, fabricación y pruebas originales en equipos
 - Transporte y almacenamiento
 - Procesos de instalación y montaje
 - Operación y mantenimiento
 - Operaciones apropiadas

Un proceso de análisis de fallas sigue los siguientes pasos:

- Recolección de la información inicial
- Análisis de factores causales
- Investigación y análisis de los procesos y materiales involucrados
- Elaboración de reportes preliminares. Esto debe hacerse en un tiempo no mayor a 48 horas después de ocurrida la falla o incidente
- Retroalimentación constructiva
- Formulación de acciones correctivas
- Reporte final



Figura 9. Pasos en los procesos de Análisis de Fallas

Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

El proceso de análisis de fallas debe ser proactivo, facilitando la participación del personal de la organización, con el propósito de obtener los objetivos propuestos.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Un adecuado proceso de análisis de fallas, puede hacer modificar procesos operativos y de mantenimientos establecidos, cambiar objetivos y políticas organizacionales con respecto a la seguridad industrial y medio ambiente, replantear programas de capacitación, modificar frecuencias de inspección y reasignar patrones de fallas en componentes de activos.

Los siguientes procesos o actividades del Programa de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, pueden ser afectados positivamente por el Análisis de Fallas:

- a. Identificación de funciones y fallas funcionales
- b. Análisis de modos de fallas y sus efectos
- c. Análisis de consecuencias de fallas
- d. Identificación de actividades o tareas preventivas y proactivas
- e. Identificación de actividades o tareas predictivas
- f. Tareas de búsqueda de fallas
- g. Jerarquización de activos
- h. Análisis de error humano

La forma de maximizar la eficiencia, la eficacia, la efectividad y la productividad de los activos, es mediante el conocimiento y la aplicación de leyes que sostienen la relación producción-mantenimiento.

SECCIÓN B

ANÁLISIS DE CRITICIDAD

3.11. DEFINICIÓN

No todos los equipos y sistemas de una organización o los instalados a bordo de una Unidad a flote, tienen la misma importancia.

Como los recursos asignados para mantenimiento, en la mayoría de las ocasiones, son limitados; entonces se debe destinar la mayor parte de ellos a los equipos más importantes; dejando una pequeña parte, y en algunas ocasiones reprogramados, a los equipos o sistemas que menos puedan inferir en la producción o en las operaciones.

Cuando analizamos la incidencia de los equipos/sistemas en los resultados de la producción o del cumplimiento de una operación; es decir, buscándose las diferencias entre ellos, estamos haciendo un **Análisis de Criticidad** de los equipos y sistemas de una organización o de una Unidad a flote.

Los equipos y/o sistemas se pueden dividir en 3 grupos:

- a. **Equipos o sistemas críticos.** Son aquellos cuya parada o mala operación afectan significativamente los resultados finales
- b. **Equipos o sistemas importantes.** Son aquellos cuya parada, falla o mala operación, afectan los resultados (producción u operación), pero las consecuencias son admisibles o manejables.
- c. **Equipos o sistemas prescindibles.** Son aquellos con poca incidencia en los resultados. Normalmente generan incomodidad, algún cambio o modificación de mínima trascendencia o una asignación adicional de recursos

3.12. CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS Y EQUIPOS

Se definen como **sistemas y equipos críticos** aquellos que:

- a. Retardan o no permiten el cumplimiento de una operación.
- b. Su parada interrumpe el flujo normal de producción.
- c. Generan problemas al medio ambiente y, a la seguridad del personal y de la organización.

- d. Su parada ocasiona retardos en la entrega de pedidos.
- e. Ocasianan reparaciones constantes.
- f. Causan desperdicios de energía y otros insumos.
- g. Sus repuestos son de difícil consecución.
- h. Son costosos de reparar y mantener.
- i. Otros.



Figura 1. Algunos de los sistemas y equipos críticos a bordo de los buques

Fuente: <http://www.solocruceros.com/propulsioncruceros.asp>

Fuente: <http://www.headhunterinc.com/products/wastewater/sewagetreatment.html>

Fuente: <http://www.heconomia.es/volatil.asp?o=-1429013559>

El análisis de criticidad es una herramienta que permite identificar y jerarquizar, por importancia y trascendencia, los equipos o sistemas de una instalación fija o móvil, y sobre los cuales se deben dirigir prioritariamente los recursos (humanos, económicos y tecnológicos).

Es una metodología que permite establecer prioridades de los procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilite la toma acertada y efectiva de decisiones, direccionando los recursos y los esfuerzos hacia las áreas más importantes y donde sea necesario mejorar la confiabilidad operacional.

¿Cómo establecer que una planta, departamento, proceso, sistema o equipo, es más crítico que otro? ¿Qué criterio se debe seguir? ¿Todos los que toman decisiones, emplean el mismo criterio?.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 3 B

El análisis de criticidad da respuesta a éstos y a otros interrogantes, teniendo en cuenta que genera una lista ponderada desde el equipo o elemento menos crítico, hasta el más crítico del total analizado; estableciendo tres zonas de clasificación: alta, media y baja criticidad; equivalen a los equipos críticos, importantes y prescindibles respectivamente.

Al identificar estas zonas, es más fácil diseñar una estrategia para realizar estudios que mejoren la confiabilidad operacional.



Figura 2. ¿Falló algún equipo o sistema crítico?

Fuente: <http://www.rtve.es/alacarta/videos/programa/barcos-encallados-estrecho-siguen-contaminando/313655/>

Fuente: <http://www.taringa.net/posts/juegos/16976057/Simulador-naval-de-gran-realismo-exito-seguro.html>

Los criterios para desarrollar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, frecuencia de fallas y tiempo de reparación.

Para efectuar un análisis de criticidad se debe:

- Definir alcance y propósito para el análisis.
- Establecer los criterios de evaluación.
- Escoger un método de evaluación para jerarquizar la selección de los sistemas o equipos, objeto del análisis.

Desde el punto de vista matemático, la criticidad se expresa como:

CRITICIDAD = FRECUENCIA X CONSECUENCIA

La frecuencia está asociada al número de fallas que presente el equipo o sistema evaluado y, la consecuencia está relacionada con el impacto y flexibilidad operacional, costos de reparación y los impactos en seguridad y ambiente.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO III	FALLAS PÁGINA 4 B
Se establecen los siguientes criterios para efectuar un análisis de criticidad, teniendo en cuenta lo anteriormente referido: a. Frecuencia de falla. Hace referencia a las veces que falla cualquier elemento o componente de un sistema b. Impacto operacional. Es el porcentaje de producción afectado por la presentación de la falla o la afectación de una orden de operaciones por parte de una Unidad c. Nivel de producción manejado. Es la capacidad dejada de producir por la ocurrencia de la falla o los objetivos no alcanzados al no dar cumplimiento a la orden de operaciones d. Tiempo promedio para reparar. Es el tiempo para reparar la falla e. Costo de producción. Se refiere al costo de la falla f. Impacto en seguridad. Es la posibilidad de ocurrencia de eventos no deseados con daños en personas g. Impacto ambiental. Es la posibilidad de ocurrencia de eventos con daños en el medio ambiente Los anteriores criterios básicos, se relacionan con una ecuación matemática, que genera un valor para cada elemento evaluado. Para la respectiva selección del método de evaluación se toman criterios de ingeniería y, factores de ponderación y cuantificación. Se justifica el análisis de criticidad cuando se obtiene la aplicabilidad y cuando se identifican las necesidades: a. Administración de reducidos recursos b. Creación de valor c. Establecer prioridades en sistemas o instalaciones complejas d. Determinar el impacto en el negocio e. Aplicación de metodologías de confiabilidad operacional El análisis de criticidad es aplicable a cualquier proceso, sistema, equipos o plantas, y se orienta a establecer programas de implantación y prioridades en: a. Mantenimiento. Establece la prioridad de los planes y programas de mantenimiento de tipo preventivo, correctivo y predictivo; así mismo, establece prioridad en la programación y ejecución de órdenes de trabajo.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 5 B

- b. Inspección.** Facilita la implementación de un programa de inspecciones, ya que señala los puntos críticos para realizarlas y facilita la selección de los tipos e intervalos requeridos tanto en los sistemas de control y protección, como en los equipos y estructuras.
- c. Repuestos e inventarios.** Facilita la toma de decisiones acertadas sobre los equipos, componentes y piezas de repuesto, herramientas y materiales de los diferentes sistemas y equipos.
- d. Disponibilidad de planta.** Dirige la programación y ejecución de proyectos, teniendo en cuenta el impacto total sobre el proceso.
- e. Personal.** Desarrolla el entrenamiento y habilidades del personal, mediante el diseño de planes de formación técnica y crecimiento personal, teniendo en cuenta las necesidades de la empresa o institución en sus puntos o áreas más críticas.

La información requerida para el análisis de criticidad estará referida con la frecuencia de las fallas y sus consecuencias.

El primer paso para la obtención de información es conformar un equipo de trabajo multidisciplinario y que forme parte de las distintas áreas involucradas en el análisis. Luego se debe nombrar un facilitador, quien dirigirá este grupo y garantizará que todo el personal entienda los objetivos del trabajo o análisis de criticidad.

EQUIPO: EVAPORADORAS O DESALINIZADORAS

Criterios	Valor Estimado	Coeficiente	Puntos	Puntos Máximos
1. Complejidad tecnológica	1	1	1	2
2. Importancia en el proceso	0	1	0	2
3. Funcionamiento (tasa de marcha)	1	1	1	2
4. Costos de mantenimiento	1	1	1	2
5. Valor de reemplazo por otro igual	1	1	1	2
6. Costos por pérdida de producción	1	1	1	2
TOTALES			5	12

Figura 3. Criticidad de sistemas y equipos

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

A pesar de ser una evaluación subjetiva, esta nos permite tener una aproximación a las prioridades para atender y mantener un equipo o sistema y para obtener la mejor confiabilidad de operación.

Los equipos o sistemas con índices $i > 17$, se catalogan como **críticos** y se atienden prioritariamente; con valores $12 > i > 16$, se consideran de **media criticidad** y por consiguiente de prioridad media, y finalmente, con valores $0 > i > 11$, se catalogan como de **poca criticidad** y tendrán baja prioridad.

Método de los factores ponderados

Este método fue desarrollado por el grupo de consultoría inglesa “The Woodhouse Partnership Limited”.

Es un método sencillo y práctico, basado en el concepto de riesgo: frecuencia de fallas X consecuencias, lo que nos permite determinar la criticidad de un equipo o sistema.

CRITICIDAD TOTAL = Frecuencia X Consecuencia de fallas

Frecuencia: rango de fallas en un periodo de tiempo determinado (fallas/año).

Consecuencias: (Impacto operacional X Flexibilidad) + Costos de mantenimiento + Impacto SHA (*)

(*) SHA= Seguridad, Higiene (salud) y Ambiente.

En la siguiente tabla, se presentan los factores ponderados de cada uno de los criterios a evaluar por la expresión del riesgo.

- Frecuencia de fallas
 - Pobre mayor a 2 fallas/año 4
 - Promedio 1 a 2 fallas/año 3
 - Buena 0.5 a 1 falla/año 2
 - Excelente menos de 0.5 falla/año 1
- Impacto operacional
 - Perdida de todo el despacho 10
 - Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros 7
 - Impacta en niveles de inventario y calidad 4
 - No genera efectos significativos sobre operaciones y producción 1

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO III FALLAS	PÁGINA 7 B
• Flexibilidad operacional - No existe opción de producción y no hay función de repuesto 4 - Hay opción de repuesto compartido/almacén 2 - Función de repuesto disponible 1 • Costo de mantenimiento - Mayor o igual a 20.000 unidades monetarias 2 - Menor de 20.000 unidades monetarias 1 • Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA) - Afecta la seguridad humana, externa e interna, y requiere de la notificación a entes externos a la organización 8 - Afecta el ambiente/instalaciones 7 - Afecta las instalaciones causando daños severos 5 - Provoca daños menores (ambiente y seguridad) 3 - No provoca ningún tipo de daño a las personas, instalaciones y ambiente 1	
Los anteriores factores se evalúan en grupos de trabajo, conformados por personas de las distintas dependencias con función operacional (operaciones, procesos, mantenimiento, seguridad y ambiente). Una vez establecidos los respectivos valores acuerdo referencias, se aplican a la fórmula: CRITICIDAD = Frecuencia X Consecuencia de fallas Para determinar el nivel de criticidad de cada sistema o equipo, se toman los valores individuales de los dos factores principales, frecuencia y consecuencia, y se ubican en la matriz de criticidad (Figura 4), la cual nos facilita la jerarquización de los equipos en tres áreas: - NC--- Área de sistemas no críticos - MC--- Área de sistemas de mediana criticidad - C --- Área de sistemas críticos	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

4	MC	MC	C	C	C
3	MC	MC	MC	C	C
2	NC	NC	MC	C	C
1	NC	NC	NC	NC	C
	10	20	30	40	50

FRECUENCIA

CONSECUENCIA

Figura 4. Matriz general de criticidad
Fuente: Ing. Javier Eduardo Murcia Gómez

El máximo valor de criticidad que se puede obtener es 200.

Ejemplo de aplicación:

Planta: Refinería Cartagena de Ecopetrol: Esferas GLP

Subsistema evaluado: Instrumentación y Control

- Frecuencia de fallas : 2
- Impacto operacional : 7
- Flexibilidad : 4
- Costos de mantenimiento : 2
- Impacto en SHA : 8

Se aplican estos valores en la ecuación de criticidad:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia de fallas} \quad (*)$$

En donde: **Frecuencia = 2**

$$\text{Consecuencias} = (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costos mantenimiento} + \text{Impacto SHA}$$

$$\text{Consecuencias} = (7 \times 4) + 2 + 8 = 38$$

Reemplazando estos dos valores en la ecuación (*) se obtiene una criticidad con valor de 76.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO III FALLAS

PÁGINA 9 B

Los valores de dos (2) en la frecuencia y de treinta y ocho (38) en las consecuencias, se grafican en la Figura 5 - Matriz general de criticidad- y se obtiene una categoría crítica.

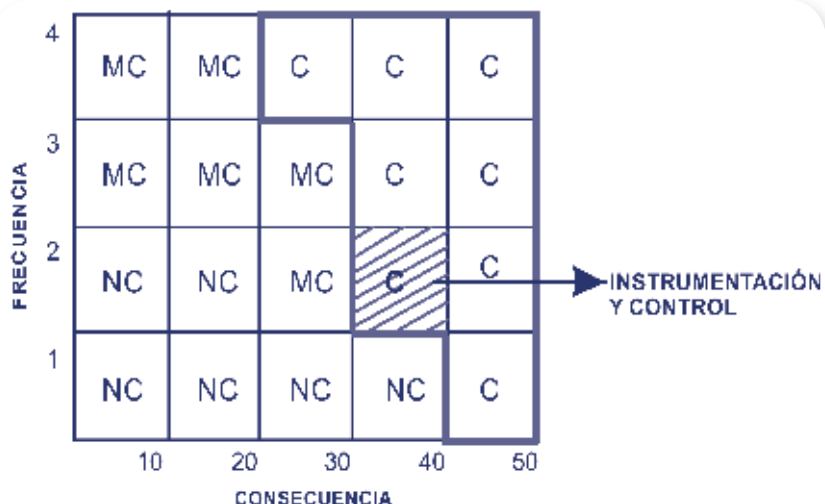


Figura 5. Matriz general de criticidad

SECCIÓN A

LUBRICACIÓN Y ENGRASE EN EL MANTENIMIENTO

4.1. GENERALIDADES

El hombre necesita controlar la fricción y el desgaste, no importando si pertenece a una civilización primitiva o a una altamente tecnificada.

Todas las acciones o rutinas diarias como levantarnos, caminar, alzar nuestros hijos, encender el vehículo, etc., requieren de la existencia de un roce o fricción controlada y la carencia total de este factor, impediría desarrollar esa y cualquier otra actividad.

El desarrollo tecnológico ha tenido como objetivo fundamental reducir la fricción, con el fin de extender la vida útil de los equipos y sistemas.

Reducir la fricción y el desgaste, han sido metas del hombre para lograr el incremento de la productividad, garantizar la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos que forman parte de un proceso o un servicio, y asegurar y/o prolongar el ciclo de vida útil de éstos.

Las estrategias convencionales de “reparar cuando se produzca la avería” ya no se emplean. Fueron funcionales en otras épocas, hoy se considera que esperar a que ocurran las averías o daños para intervenir es permitir que se incurran en costos excesivos, se presenten paradas no programadas, pérdida de disponibilidad y en algunos casos, accidentes personales y daños mayores. Son estas razones, y otras más, las que han hecho que se implanten procesos de prevención de averías mediante adecuados programas de mantenimiento.

En la amplia y variada geografía colombiana, convergen factores geopolíticos que son agudizados por las nuevas tendencias de globalización y por el accionar delictivo transnacional de organizaciones narcoterroristas.

De aquí surgen nuevos desafíos, que deben ser enfrentados decididamente por la Armada Nacional en casi un millón de kilómetros cuadrados de espacio marítimo, fluvial y terrestre, bajo su responsabilidad.

La Institución para el cumplimiento de la misión contenida en la Constitución Política, cuenta con diferentes unidades aéreas, marítimas, fluviales y terrestres, que le permiten ejecutar variadas operaciones.

El avance tecnológico ha hecho que los sistemas estén dotados de componentes sofisticados, los cuales son delicados en su composición y operación.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 2 A

La gestión de mantenimiento se constituye en un elemento fundamental para garantizar la disponibilidad y operatividad de las Unidades de la Armada Nacional.

Dentro de las actividades de esta gestión, está la lubricación y el engrase de los componentes de algunos equipos y sistemas instalados a bordo.

La diversidad y sofisticación de equipos instalados en cada una de las Unidades, la variedad de fabricantes, las múltiples recomendaciones de mantenimiento y aplicación de grasas y aceites, la no disponibilidad de proveedores para estas últimas en las áreas de operaciones y ante todo, la permanente operatividad o movilidad de las Unidades a flote ocasionada por el accionar delincuencial, hacen que las rutinas de mantenimiento y entre ellas las actividades de lubricación y engrase, se salgan de cualquier contexto de planeación y programación, presentándose por consiguiente, la necesidad de reprogramación.

4.2. DEFINICIÓN Y ALCANCE

La **lubricación**, es el proceso para reducir la fricción existente entre dos superficies y el material empleado para lograr este objetivo, se conoce como **lubricante**. El lubricante provee una película para separar superficies y facilitar movimiento o contacto entre ellas.



Figura 1. Lubricación

Fuente: <http://jhoanchaguendo.blogspot.com/2009/04/aceites-y-lubricantes.html>

No se puede considerar a la lubricación como una ciencia independiente, ya que está directamente relacionada con los factores que participan en el diseño, la fabricación y mantenimiento de equipos, componentes y sistemas.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 3 A
La adecuada y correcta operación de un equipo dentro de un proceso, busca una mejor productividad u operatividad y para lograrla involucra diferentes clases de mantenimiento, y dentro de las actividades de este último sobresalen la lubricación y el engrase. La lubricación como ciencia, está íntimamente relacionada con la tribología y las dos, juegan un papel protagónico y definitivo en el diseño y fabricación de máquinas. El conocimiento y aplicación de estas dos ciencias, hace que los fabricantes y usuarios de equipos cubran todas sus expectativas y alcancen sus objetivos propuestos. El mantener la disponibilidad y operatividad de los diferentes sistemas con que están dotadas las Unidades a flote y aéreas, le facilitan y garantizan su inmediata y segura reacción a la Armada Nacional. Uno de los aspectos básicos para lograrlo, es mantener y cumplir un correcto programa de lubricación y engrase de la maquinaria, equipos y sistemas instalados a bordo. Existen programas de lubricación que no garantizan extender el ciclo de vida útil establecido por los fabricantes; sin embargo, optimizando al máximo la calidad de los mantenimientos, empleando repuestos originales, capacitando al personal continuamente e implantando un control de calidad a los procesos, se garantiza no solo este factor, sino además, la disponibilidad, la mantenibilidad, operatividad y reacción inmediata. El garantizar los anteriores parámetros, hace que los tripulantes y Oficiales que le dan vida a los aceros fríos e inermes de que están hechas las Unidades aéreas y a flote, convierten la lubricación y el engrase en un programa bandera. El sentido común y un criterio bien estructurado por parte de los Comandantes y responsables del mantenimiento de estas Unidades, son la clave para operarlas correctamente y efectuar los mantenimientos y cambios de aceites en los momentos oportunos o cuando la situación lo permita. Los conceptos y parámetros que encierra la lubricación como ciencia, son amplios y claros. Su conocimiento y aplicabilidad, facilitan el correcto empleo y selección de lubricantes y grasas. No siempre, en todos los modos de tiempo y lugar, están disponibles a primera mano estos parámetros y conceptos. En una ocasión, la famosa escritora inglesa Virginia Wolf expresó: “<i>Si no está escrito, no existe</i>”. Es por eso que en esta Doctrina, se ha querido incluir todo lo que se consideró útil y oportuno de disponer en alta mar.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 4 A

“Lo que se guarda en la memoria es de gran utilidad hoy, pero se pierde cuando se deja de existir. Lo que se deja escrito es de gran utilidad para hoy, mañana y sobre todo, para las futuras generaciones”.

El control de los aceites, al igual que el control y análisis de vibraciones y temperaturas, son herramientas que facilitan la toma de una decisión acertada.

Una de las fases del mantenimiento, como ya se expresó, la constituye la lubricación y engrase de algunos componentes de equipos y sistemas, específicamente los que están sometidos a movimiento y por consiguiente, a la fricción y el desgaste.

No es posible examinar elementos de trabajo de un equipo complejo que se encuentra en operación, como tampoco es conveniente desmontar la máquina. Esto afecta la operatividad de cualquier Unidad o el proceso productivo de una empresa, y serían señales de improvisación y falta de planeación si no son paradas programadas.



Figura 2. Lubricación programada

Fuente: [http://www.total-chile.cl/lub/lubchile.nsf/V\\$OPM/C391543B7D27F712C1257BA9005A064A?OpenDocument](http://www.total-chile.cl/lub/lubchile.nsf/V$OPM/C391543B7D27F712C1257BA9005A064A?OpenDocument)

El aceite que fluye a través de los circuitos de un equipo, muestra las condiciones en que se encuentran los componentes interiores con los cuales tiene contacto. El análisis de aceite y alguna partícula que arrastre, permite controlar el estado del equipo.

4.3. LUBRICACIÓN

En todo proceso productivo, se busca incrementar el ciclo de vida útil de los equipos, sistemas y mecanismos, y con ello se garantiza la productividad con calidad y cumplimiento.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Para alcanzar estos objetivos, son determinantes los correctos diseños, fabricación, montaje, operación y mantenimiento de los equipos y mecanismos. De otra forma, no se podría calcular y garantizar el respectivo ciclo de vida útil o a la fatiga por parte de los fabricantes y no habría, por consiguiente, seguridad en el usuario para adquirir y explotar citados equipos en determinado proceso. De igual forma, no habría certeza en determinantes básicos como la mantenibilidad, disponibilidad y operatividad de los mismos.

Múltiples condiciones o parámetros intervienen en este complejo proceso, sin embargo, uno de ellos es fundamental y su desconocimiento podría llevar al fracaso y a grandes pérdidas a cualquier empresa o institución.

El mantener y garantizar, con seguridad y eficiencia, la disponibilidad y operatividad de los diferentes equipos y sistemas con que están dotadas las diferentes Unidades de la Armada Nacional, se convierten en retos de las tripulaciones que las mantienen y operan. Sólo así, se facilitaría y garantizaría la reacción inmediata de cualquiera de ellas, no importando los modos de tiempo y lugar. Este factor determinante lo constituye la lubricación.

Cualquier procedimiento que se emplee para controlar la fricción y reducir el desgaste entre dos superficies móviles, es denominado lubricación. A cualquier sustancia o material que se coloque entre estas superficies para lograr citados objetivos, se le llama lubricante.

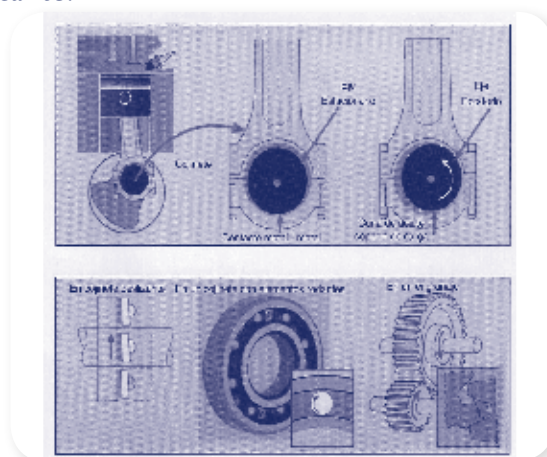


Figura 3. La lubricación

Fuente <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

Sin el empleo de esa sustancia lubricante entre dos superficies que se desplazan en movimiento relativo, sería imposible mantener en operación un equipo, ya que en un momento determinado y por efectos de la elevada temperatura, fricción, desgaste y presencia de residuos metálicos, sus componentes y mecanismos se fundirían generándose pérdidas y paradas de los procesos productivos de los cuales forman parte. Es claro, que todo proceso al final entrega un producto o un servicio. La Armada Nacional entrega a los colombianos deferentes servicios, entre ellos sobresalen la seguridad y la soberanía.

a. Funciones de la lubricación

Los lubricantes no solamente deben lubricar; también cumplen otras funciones que no son menos importantes que la de reducir la fricción. El conocimiento de las propiedades físico-químicas y una correcta selección, hacen definitiva la operación y mantenibilidad de los mecanismos y equipo. De ahí la importancia que tiene la capacitación y actualización permanente del personal que conforma las tripulaciones de las diferentes Unidades a flote de la Armada Nacional.

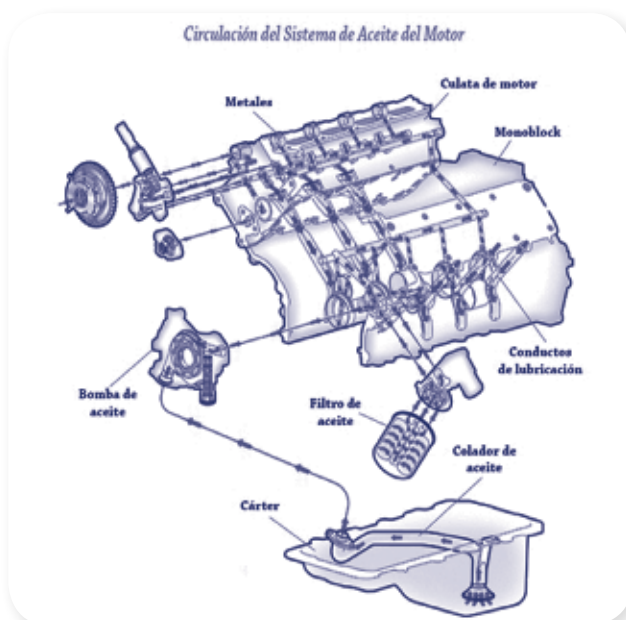


Figura 4. Circuito de aceite de un motor

Fuente: http://e-auto.com.mx/manual_detalle.php?manual_id=195

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

1) Función principal

La principal función de un aceite lubricante es mantener separadas dos superficies en movimiento, evitando el contacto entre ellas. Sólo debe estar presente el rozamiento entre las capas que forman la película, en donde las capas externas, superiores e inferiores, se adhieren a las dos superficies.

A medida que una de las superficies se mueve con respecto a la otra, las capas externas permanecen adheridas, mientras que las internas son forzadas a deslizarse. Esto se conoce como fricción fluida.

La resistencia al movimiento, no está gobernada por la fuerza necesaria para separar las rugosidades de las superficies opuestas y permitir el movimiento de una sobre otra, sino por la fuerza requerida para deslizar las capas de lubricante unas sobre otras. Esta última fuerza es normalmente mucho menor que la requerida para superar la fricción entre dos superficies sin lubricar.

2) Funciones básicas

a) Refrigeración

Cualquier sustancia que reduzca la fricción actuará también como refrigerante, ya que reduce la cantidad de calor generada cuando dos superficies rozan una contra otra. Un eficiente flujo o circulación de lubricantes, ayuda a controlar la temperatura. A veces son empleados para prevenir el sobrecalentamiento, transfiriendo calor de las áreas más calientes a otras con menor temperatura.

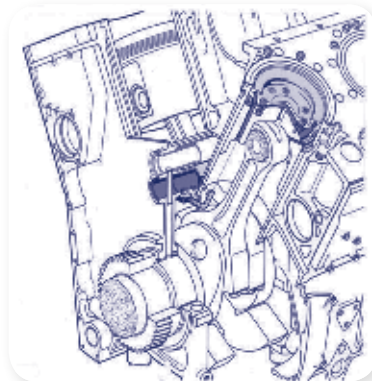


Figura 5. Refrigeración del pistón

Fuente: MTU de Colombia

La refrigeración de la parte interior de los pistones de un motor, es un claro ejemplo de esta función.

b) Protección contra la corrosión

La lubricación efectiva minimiza el desgaste mecánico, reduciendo la fricción o contacto entre las superficies móviles. Sin embargo, el desgaste químico o corrosión se puede presentar. Desde luego que un lubricante no debe causar corrosión, debe proteger activamente las superficies que lubrica, inhibiendo cualquier daño que pueda ser causado por el agua, ácidos u otros agentes contaminantes.

Los lubricantes deben proteger contra la corrosión en dos formas diferentes: cubrir las superficies y suministrar una barrera física contra cualquier ataque.

Algunos lubricantes se formulan con agentes inhibidores, los cuales reaccionan y neutralizan los químicos corrosivos.

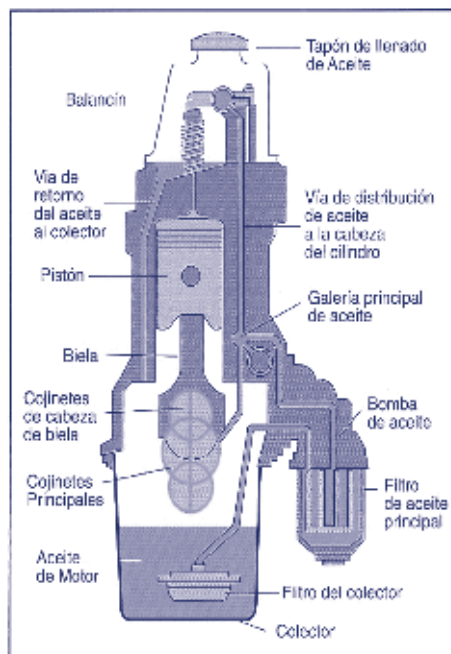


Figura 6. Limpieza y protección contra corrosión interior
Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

c) Mantenimiento de la limpieza interna

La eficiencia con que funciona un mecanismo o equipo, se puede reducir si éstos se contaminan con impurezas de tipo orgánico o metálico; por ejemplo, polvo, arena, productos de desgaste, corrosión, etc.

Estas partículas contaminantes pueden incrementar el desgaste, promover más corrosión y bloquear filtros y tuberías de circulación. Los lubricantes ayudan a mantener limpias y operando correctamente las máquinas y mecanismos, mediante el lavado que hacen en su constante circulación.

Algunos lubricantes contienen aditivos que suspenden las partículas y dispersan los contaminantes solubles en el aceite. Esto evita la acumulación y depósito de partículas sobre las superficies de trabajo.

d) Otras funciones

Los lubricantes empleados para aplicaciones particulares, como las anteriormente relacionadas, pueden requerir otras funciones, como por ejemplo:

(1) Sellamiento.

El aceite empleado en motores de combustión interna, debe proveer un sellado efectivo entre los anillos del pistón y las paredes de los cilindros o camisas. El sellado es también importante en la lubricación de bombas y compresores.



Figura 7. Sellamiento con retenedores y aceite

Fuente: <http://www.vdc.com.co/site/productos/informacion-tecnica/>

Fuente: <http://www.tripleimpacto.com.ec/categoria/anuncio/?id=189745>

- (2) Transmisión de potencia.
Los aceites hidráulicos son empleados para transmisión y control de potencia; así mismo, lubrican las superficies de trabajo de los sistemas hidráulicos.

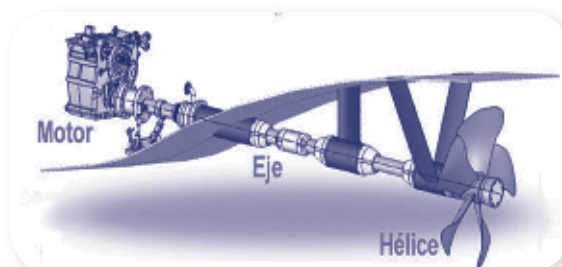


Figura 8. Sistema transmisión de potencia

Fuente: <http://www.solocruceros.com/propulsioncruceros.asp>

- (3) Aislamiento.
Los aceites de aislamiento son empleados en los transformadores eléctricos e interruptores de potencia.



Figura 9. Transformador de potencia

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/cg-power-systems/transformadores-potencia-reactores-shunt-13988-692833.html>

b. Lubricación de equipos o sistemas específicos

En este ítem, se relacionan algunas propiedades y funciones que deben cumplir los aceites para propósitos específicos determinantes.

- 1) Aceites para motores de combustión interna. Estos aceites son fabricados para que efectúen funciones de lubricación, refrigeración, protección contra la corrosión, sellado y limpieza

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

A estos aceites se les incluyen aditivos con el fin de mejorar su desempeño y proteger el lubricante y las superficies lubricadas:

- a) Mejoradores de índice de viscosidad: para reducir el adelgazamiento presentado durante operación a altas temperaturas
- b) Depresores del punto de fluidez: para facilitar el arranque en ambientes o medios fríos.
- c) Aditivos antidesgaste: para mejorar condiciones en lubricación límite.
- d) Detergentes y dispersantes: para controlar y prevenir la formación de depósitos, suspender contaminantes de la combustión, evitar el taponamiento de filtros y tuberías de circulación.
- e) Inhibidores de corrosión: para neutralizar los ácidos formados durante la combustión.
- f) Inhibidores de herrumbre: para proteger las superficies lubricadas.
- g) Agentes antiespuma: previniendo la formación de espuma.
- h) Agentes antioxidantes: para prevenir la oxidación y formación de lodos.

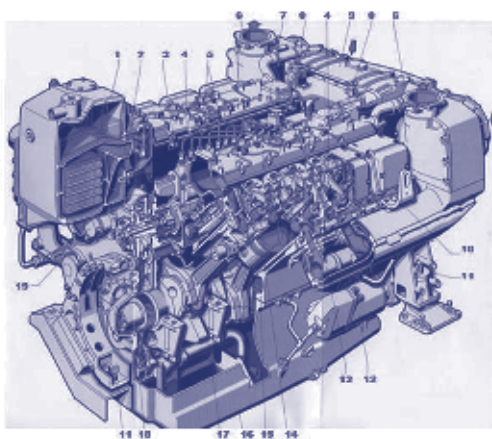


Figura 10. Motor de combustión interna

Fuente: MTU de Colombia

2) Funciones de los lubricantes para motores diesel

Un aceite para motores diesel está diseñado para prolongarle la vida y reducir los costos de operación. Este lubricante cumple unas funciones básicas:

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 12 A

- a) Lubricación. Los motores, a pesar de estar bien lubricados, gastan el 20% de su potencia de salida en vencer la fricción, siendo esta la función más importante del lubricante.

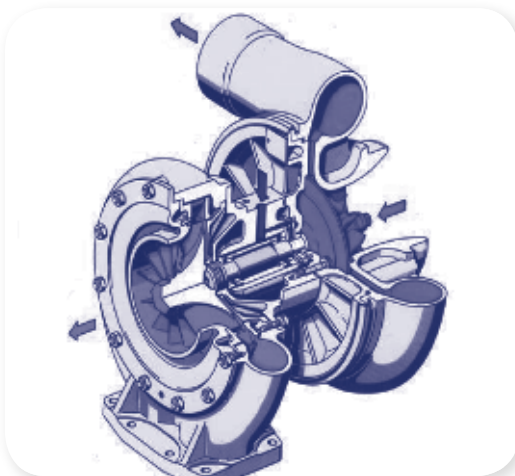


Figura 11. Lubricación en turbo-cargadores

Fuente: Mtu de Colombia

El aceite lubricante debe suministrar una película efectiva entre las camisas del cilindro y anillos del pistón, superficies móviles del tren de válvulas, tren de engranajes, conexiones de bielas y cojinetes del cigüeñal, gobernador, turbo-cargador, etc..

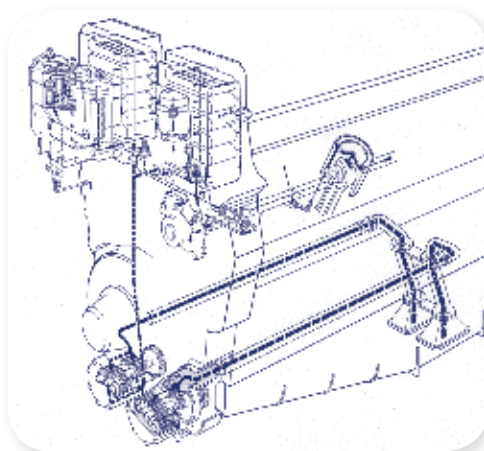


Figura 12. Lubricación y enfriamiento de componentes internos

Fuente: Mtu de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 13 A
	b) Refrigeración. Un gran porcentaje del calor generado por los motores diesel se escapa o pierde en los gases de exhosto y otros se transfiere al sistema de refrigeración. Un porcentaje entre el 5 y 10% de la energía generada por la combustión del combustible se transfiere al lubricante del motor, por lo que este debe cumplir funciones de refrigerante. c) Sellado. Durante el tiempo de compresión se generan presiones de hasta 50 bares en los cilindros de algunos motores diesel. Para mantener esa potencia, el aceite lubricante debe sellar el espacio entre los pistones y las camisas, evitando la fuga de gases. d) Limpieza. Cuando se efectúa una combustión incompleta se presenta el hollín y otros residuos insolubles, de igual forma, se pueden presentar contaminantes sólidos como consecuencia de la corrosión y el desgaste. Lo anterior puede bloquear los filtros y conductos de lubricación, causar desgaste e impedir el movimiento libre de los componentes móviles. Para evitar esto, los aceites empleados deben mantener en suspensión éstos contaminantes. e) El contenido de aditivos en los lubricantes, entre 16 y 18%, ayudan a solucionar estos problemas f) Protección contra la corrosión. Una función del lubricante es prevenir la corrosión de los componentes internos del motor. Las altas temperaturas ayudan a acelerar este proceso. g) Aceite para engranajes reductores. h) Aceites viscosos en engranajes abiertos, para que en altas velocidades no se salgan o salgan despedidos. Normalmente contienen aditivos antiadherentes. i) En engranajes cerrados que operan a altas velocidades, se emplean aceites con bajas viscosidades con contenido adicional de agentes antiespuma y antioxidantes. j) En engranajes que operan a altas cargas, se emplean aceites con aditivos de extrema presión (EP). 3) <u>Funciones de los lubricantes para engranajes reductores</u> La eficiencia con la cual opera un engranaje reductor, depende no sólo de la forma como se les emplee, sino también del aceite lubricante y grasa que le sea aplicado. Al igual que para los motores diesel, los lubricantes también cumplen funciones específicas en los engranajes reductores.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 14 A

Dentro de estas funciones están:

- Prolongar la vida de sus componentes y del engranaje en sí.
- Reducir costos de operación.
- Lubricación.
- Protección contra corrosión y herrumbre.
- Limpeza.

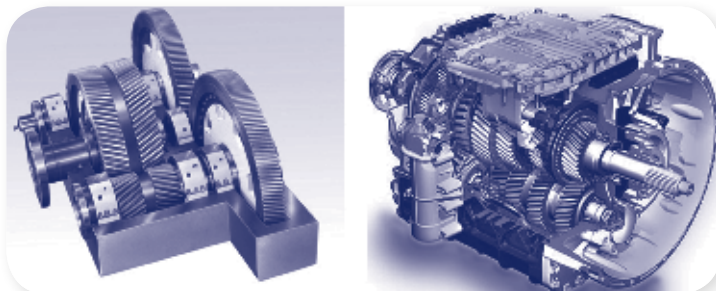


Figura 13. Lubricación de engranajes y transmisiones

Fuente: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6445/1/CD-4977.pdf>

Fuente: <http://www.gearboxeschina.es/1-drive-gearbox-1.html>

- Lubricación de cojinetes. La función del aceite es reducir la fricción y refrigerar. Normalmente se les adicionan agentes antioxidantes e inhibidores de corrosión.



Figura 14. Lubricación cojinetes

Fuente: RENK

- Aceites hidráulicos. El aceite en sistemas hidráulicos es empleado para lubricación y transmisión de potencia; por lo tanto, debe ser lo suficientemente viscoso para lubricar las partes móviles y delgado para actuar como refrigerante.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Deben tener excelentes propiedades de liberación de aire, resistencia a la espuma, demulsibilidad o separación de agua y antidesgaste. De igual forma, y con el fin de prevenir la corrosión interna, se deben emplear agentes o aditivos antioxidantes e inhibidores de corrosión.

En un sistema hidráulico se aplica una presión a un fluido, la cual es transmitida a través del mismo para efectuar trabajos. Los sistemas hidráulicos amplifican fuerzas pequeñas a grandes.

Los sistemas hidráulicos más empleados en la Armada Nacional son:

- a) Servomotores o sistemas de gobierno (timón)
- b) Aletas estabilizadoras
- c) Sistema de hélice de paso variable
- d) Bombas de pistón para achique de sentinas, grúas, etc.
- e) Sistemas de armas

c. Consecuencias de la lubricación

Al minimizar la fricción, la lubricación reduce el desgaste y los consumos de energía. Sin embargo, aunque se empleen los mejores lubricantes o aceites sintéticos, nunca se podrá eliminar totalmente la fricción.

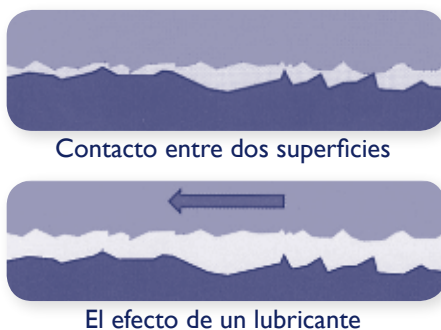


Figura 15. Efectos de la lubricación

Fuente <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

1) Principios básicos

La película de lubricante debe cumplir determinadas características o propiedades, las cuales hacen que cumplan la función u objetivo propuesto. Entre estas propiedades están: la viscosidad, espesor, adhesividad o adherencia y contenido de aditivos.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 16 A

Una película demasiado gruesa es tan perjudicial como una delgada, ya que esta última puede dar paso a un contacto metal-metal en las superficies (desgaste adhesivo) si llegase a romper la película límite. Si es demasiado gruesa se presenta fricción fluida, lo que genera calor y de igual forma, puede ocasionar desgaste adhesivo.

El espesor de la película depende del acabado superficial o rugosidad, es decir, entre mejor sea el acabado sólo se requiere película delgada, pero si por el contrario, tiene mal acabado, entonces se requeriría película gruesa. Esto se muestra en la siguiente figura.



Figura 16. Influencia del acabado superficial en espesor de película aceite

Fuente: Ing. Pedro Albarracín Aguillón.

Entre los principios básicos de lubricación están:

- Cada mecanismo o máquina requiere de una lubricación específica, de acuerdo con las condiciones de funcionamiento.
- Los lubricantes seleccionados, deben cumplir con las propiedades físico-químicas referidas por los fabricantes de los equipos o sistemas, para operarlas correctamente.
- Lubricantes de propiedades parecidas, diferentes y de distintos fabricantes no deben mezclarse, ya que los aditivos empleados son diferentes y pueden afectar los mecanismos y demás partes internas de las máquinas o equipos.

d. Comportamiento de la lubricación

Al emplear un equipo, máquina o sistema, se presentan dos situaciones bien definidas con respecto al movimiento, una al iniciarse (arranque) y la otra cuando se mueve con velocidad uniforme.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 17 A

1) Movimiento inicial

Una superficie inicia su movimiento sobre otra y el poco lubricante existente empieza a deformarse en pequeñas laminillas, unas sobre otras al inicio. Estas laminillas son paralelas y se presenta contacto metal-metal, al no existir una adecuada separación entre las superficies.

2) Movimiento uniforme

A medida que la superficie móvil va alcanzando su velocidad de operación, se incrementa la presión de aceite hasta alcanzar un flujo adecuado, que permite la separación completa de las superficies.

e. Regímenes de lubricación

La lubricación siempre mejora y facilita la suavidad del movimiento de una superficie con respecto a otra. Esto puede lograrse de diferentes formas. Los variados tipos de lubricación normalmente son denominados **regímenes de lubricación**. Durante el ciclo operacional de las máquinas, se presentan transiciones entre los diferentes regímenes.

Las mejores condiciones de lubricación existen cuando las dos superficies móviles están completamente separadas por una película de aceite de suficientes capas o láminas.

Esta forma de lubricación es conocida como **hidrodinámica** o **lubricación de película gruesa**. El espesor mínimo de la película de lubricante es superior a la suma promedio de las irregularidades que presentan las dos superficies, y la resistencia al movimiento está reflejada por la fricción que presentan las capas de lubricante.

En este caso, las condiciones de lubricación son ideales y los equipos funcionarán sin ningún contratiempo. Este tipo de lubricación requiere de un adecuado flujo de lubricante, para mantener separadas las superficies, lo que se muestra en la figura 12.

Existen factores que afectan la película fluida o hidrodinámica del lubricante. Entre éstos están:

- 1) Viscosidad.
- 2) Velocidad.
- 3) Carga.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 18 A

- 4) Acabado superficial.
- 5) Diámetro, longitud y tolerancias.
- 6) Suministro o flujo de lubricante.

El espesor de la película de aceite depende principalmente de la viscosidad que este tenga. Este parámetro, es la medida del espesor o de la resistencia a fluir.

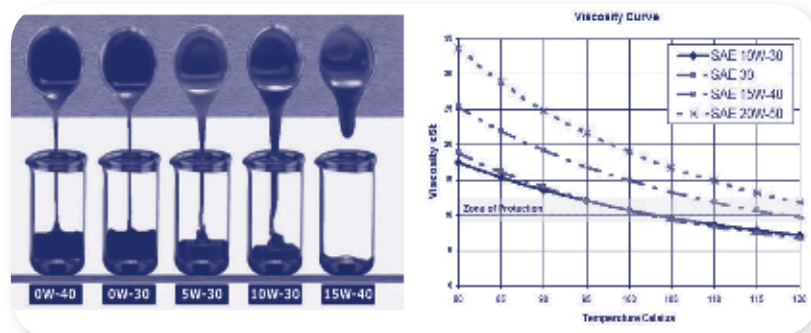


Figura 17. Viscosidad del aceite

Fuente: <http://www.todoelcolor.cl/2013/08/tuning/mecanica-que-es-la-viscosidad-del-aceite-lubricante/>

Fuente: <http://www.widman.biz/boletines/58.html>

La lubricación es menos eficiente y más insegura, cuando la película es tan delgada entre las dos superficies que al contacto entre estas, es equivalente o casi igual a la condición en que no existiera lubricante. Estas condiciones definen la **lubricación límite** que se muestra en la Figura 18.

La carga es soportada por pequeñas láminas o capas de lubricante adyacentes o adheridas a las superficies de los dos cuerpos. La fricción, en este caso, es menor que en superficies completamente sin lubricar y está determinada por la naturaleza química del lubricante.

Bajo condiciones normales de operación, el régimen de lubricación límite no debe existir; de lo contrario, hubo una mala selección del lubricante, se presentó una contaminación que afectó su viscosidad o se variaron las condiciones de operación de la máquina y sus mecanismos se someten a presiones o cargas mayores.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____



Figura 18. Lubricación hidrostática, límite e hidrodinámica

Fuente: <http://mantenimientoindustrial.wikispaces.com/>

Lubricación en motores alternativos de gas

Entre los extremos de las lubricaciones límite e hidrodinámica, se presentan dos regímenes; uno es la lubricación mixta o de película delgada y el otro es la lubricación elastohidrodinámica (EHL o EHD).

La **lubricación mixta o de película delgada**, se presenta cuando las superficies móviles están separadas por una película de lubricante continua, con un espesor comparable a la rugosidad de las superficies. En la anterior figura se observa esto.

Este tipo de lubricación representa una condición intermedia entre las lubricaciones límite e hidrodinámica, y todo mecanismo pasa por ella antes de alcanzar la condición última, es decir, la hidrodinámica.

La carga es soportada por una mezcla de presión de lubricante y los contactos de las rugosidades o asperezas entre las superficies, es decir, una parte de la carga es soportada por las acciones hidrodinámicas y la otra, por la película límite que recubre las irregularidades existentes entre las superficies.

Las propiedades de este régimen de lubricación, son una combinación de lubricación hidrodinámica y límite.

Una selección incorrecta del aceite o una disminución de la viscosidad, pueden ocasionar que un mecanismo o equipo quede operando en esta condición, y el espesor de la película de lubricante sería igual al promedio de las rugosidades o esfuerzos de las dos superficies y no se logra un flujo laminar.

La **lubricación elastohidrodinámica** (EHL o EHD), es un tipo especial de lubricación hidrodinámica, la cual se puede desarrollar en ciertos contactos con altas cargas, como cojinetes y algunos tipos de engranajes. En estos mecanismos, el lubricante es arrastrado hacia el área de contacto y luego, sometido a altas presiones a medida que es comprimido bajo carga pesada.



Figura 19. Lubricación elastohidrodinámica

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

El incremento de la presión tiene dos efectos:

- 1) Genera aumento de viscosidad del lubricante, y por consiguiente, aumento en su capacidad de soportar cargas.
- 2) La presión deforma las irregularidades de las superficies sometidas a carga y distribuye la carga sobre un área mayor.

El aumento de la viscosidad del aceite, debido a la presión, y el aplastamiento de la superficie, se combinan para “atrapar o retener” el lubricante en el momento en que este penetra en la zona de contacto, lo cual se observa en la figura anterior

El espesor de la película lubricante, es función de tres parámetros: carga, velocidad y coeficiente de piezo-viscosidad. Eso debe ser limitado, ya que si es muy grande, incrementa la fricción entre las capas de lubricante, generándose aumento de la temperatura y por consiguiente, una disminución de la viscosidad del aceite. Finalmente, el espesor de la película lubricante entre las dos superficies también disminuye.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Existe otro tipo de lubricación, **la hidrostática**, que consiste en bombear lubricante a presión entre dos superficies, con el fin de separarlos de tal forma, que no se requiera del movimiento relativo entre ellas para mantener la película de lubricante.

Se emplea en cojinetes de empuje que soportan ejes verticales y reciben el nombre de cojinetes hidrostáticos. El aceite se suministra a presión en un resalto o bolsillo ubicado en la cara inferior del eje. Si la presión aplicada es suficiente, el eje se levanta y flota sobre la película del lubricante. (Ver Figura 14)

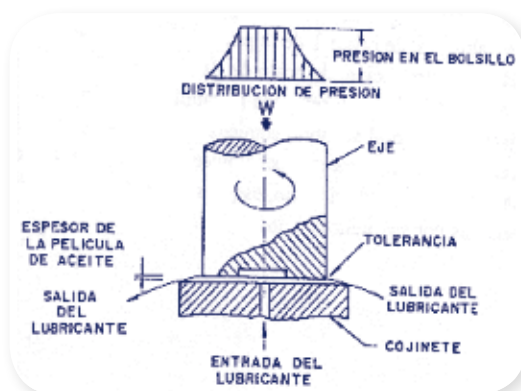


Figura 20. Cojinete de empuje hidrostático

Fuente: Ing Pedro Albarracín Aguillón

Casi siempre, la lubricación hidrostática genera coeficientes de fricción fluida muy bajos, con valores entre 0.00046 y 0.00000075. Estos valores se deben a la baja velocidad, ya que la fuerza de rozamiento a estas velocidades es muy pequeña.

f. Factores que afectan la lubricación

Existen diferentes factores que afectan la acción de los lubricantes. Estos se clasifican en dos grupos: de diseño y de operación.

- I) De diseño. Estos factores deben tenerse en cuenta antes de fabricar el mecanismo, máquina o equipo, y son:
 - a) Proyecto, cálculo y fabricación.
 - b) Materiales empleados en la fabricación.
 - c) Acabado superficial.
 - d) Diseño del sistema de lubricación.

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 22 A
2) De operación. Durante el diseño, estos factores se tuvieron en cuenta para poder determinar los límites máximos de los mecanismos o máquinas: • Velocidad. • Carga. • Temperatura. • Sistemas de aplicación. • Contaminación. a) Si la velocidad es alta se deben emplear aceites de baja viscosidad, para que permita la acción de bombeo y la formación de la cuña de aceite. Cuando es baja, se debe compensar la deficiencia en la formación de la cuña de aceite con un lubricante de alta viscosidad. b) Un aceite soportará mejor las cargas altas si es más viscoso, ya que evitará el contacto metálico entre las superficies y cuando es baja, un aceite delgado será suficiente para separarlas completamente y reducir al mínimo, las pérdidas de potencia por fricción fluida. c) La temperatura afecta en forma inversamente proporcional a la viscosidad; así, cuando un aceite se calienta, su viscosidad disminuye y por el contrario, cuando se enfría, el aceite se espesa hasta un punto tal que puede dejar de fluir. d) La contaminación y los sistemas de aplicación de los lubricantes, son dos factores que afectan la acción de los aceites y que por consiguiente, pueden afectar o averiar los mecanismos o máquinas. La contaminación se puede presentar en diferentes formas: (I) Por agua. Es perjudicial para los lubricantes y para las superficies metálicas. Todo lubricante debe tener excelentes propiedades antiemulsionantes; esto hará que el agua se separe rápidamente y que se forme una película protectora entre las superficies y el medio circundante, con lo cual se previene la corrosión y la herrumbre. Este tipo de contaminación se presenta por condensación: El agua se puede presentar cuando las máquinas o mecanismos dejan de operar y se enfrían, y se debe a la condensación de los vapores de agua presentes en la atmósfera.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 23 A

También puede presentarse por:

- (a) Ruptura del enfriador.
 - (b) Subproductos de la combustión.
 - (c) Empaquetaduras en mal estado o mal instaladas.
 - (d) Agua del proceso (enfriamiento).
 - (e) Contaminación con refrigerantes.
 - (f) Tambores de aceite mal almacenados.
 - (g) Tambores almacenados a la intemperie. Aquí, los procesos de expansión y contracción de la caneca o tambor metálico permiten la entrada del agua a través del tapón y de la tapa.
- (2) Con sílice. Se puede ocasionar por:
- (a) Ambiente muy contaminado.
 - (b) Filtración defectuosa.
 - (c) Filtros inadecuados o de mala calidad.
 - (d) Limpieza inadecuada de los filtros de aire.
 - (e) Manejo deficiente del lubricante en los rellenos o cambios.
 - (f) Contaminación durante los mantenimientos y/o reparaciones.
- (3) Con sólidos provenientes de:
- (a) Material del proceso (vidrio, plástico, harina, azúcar, asbesto, bagazo, etc.).
 - (b) Carbón y/o hollín.
 - (c) Residuos de retenedores y empaquetaduras.
 - (d) Partículas metálicas del desgaste.
 - (e) Aditivos sólidos externos.
 - (f) Polvo o material particulado.
- (4) Combustibles y disolventes. La contaminación con combustibles se puede presentar por defectos o ruptura de las bombas de inyección, mala inyección de combustible y defectos en los sellos o anillos de los pistones, etc.
- De igual forma, se puede presentar contaminación con combustibles y disolventes empleados en los procesos de limpieza y desengrase de mecanismos y accesorios.
- (5) Con lubricantes. Cuando se emplean lubricantes de diferentes marcas, viscosidades, empleo o destinación, entre otras.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 24 A

Así mismo, se puede causar contaminación si la aplicación de este no se hace correctamente, en la cantidad requerida, en el sitio adecuado y con los procedimientos y herramientas o accesorios establecidos.

g. Características de los lubricantes

Los lubricantes no solamente deben lubricar, en muchos otros casos deben refrigerar, sellar, proteger, transmitir potencia y otras funciones.

La lubricación hidrodinámica es la lubricación más eficiente, y se obtiene cuando la película de aceite que se genera es mayor que las rugosidades de las superficies. Si la película de aceite es demasiado delgada, las superficies entran en contacto, la fricción aumenta, se genera calor y se presenta el desgaste.

Hay varios factores que influyen en la formación de la película de aceite y por consiguiente, en la eficiencia de la lubricación. Estos factores son:

- 1) Viscosidad.
- 2) Adhesividad.
- 3) La carga.
- 4) Diseño del mecanismo.
- 5) Movimiento relativo entre las superficies.
- 6) Velocidad de operación.
- 7) Acabado superficial.
- 8) Temperatura de operación y del medio ambiente.
- 9) Suministro o flujo de lubricante.

De acuerdo con la función que deben cumplir los lubricantes y a los factores que influyen en la eficiencia que se requiera, éstos se clasifican en cuatro grupos o tipos por estado físico, a saber:

- Líquidos.
- Sólidos.
- Grasas o semisólidos.
- Gaseosos.

1) Líquidos

Diferentes líquidos pueden ser empleados como lubricantes, tales como el agua, los aceites vegetales, animales y minerales; pero los más utilizados son los basados en **aceites minerales derivados del petróleo crudo**. Estos están constituidos por una base lubricante y un conjunto de aditivos.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 25 A
	Los aceites minerales son ampliamente usados por sus propiedades diversas: a) Adecuadas características de viscosidad. b) Refrigerantes efectivos por su alto calor específico y alta conductividad térmica. c) Protección contra la corrosión. d) Estables al calor y a la descomposición térmica. e) Pueden mezclarse con otros aceites y aditivos para modificar sus propiedades o mejorarlas. f) Compatibles con la mayoría de los componentes empleados en los sistemas y dispositivos de lubricación. g) Poco peligrosas y nocivos. h) Costo bajo. Otros aceites empleados como lubricantes incluyen los aceites naturales (aceites animales o vegetales) y los aceites sintéticos. <u>Los naturales</u> son excelentes lubricantes, pero se degradan más rápidamente que los minerales. Se ha generado un creciente interés sobre posibles aplicaciones de los aceites vegetales como lubricantes. Son biodegradables, no tóxicos y menos nocivos o contaminantes del medio ambiente. <u>Los aceites sintéticos</u> son fabricados a través de procesos químicos costosos. Se usan cuando se requiere una propiedad específica, tal como la resistencia a altas temperaturas, más horas de operación para disminuir paradas en los equipos por cambios de esto. Un ejemplo claro de esto, son los requerimientos de la aviación. A temperaturas normales de funcionamiento, los aceites en forma o estado líquido fluyen libremente suministrando una lubricación efectiva a las partes móviles o mecanismos de las máquinas y extrayendo el calor y las partículas producto del desgaste. Así mismo, desalojan los espacios lubricados impidiendo el sellado contra la humedad y las suciedades. 2) Sólidos Dan origen a películas lubricantes que se adhieren fuerte y firmemente a las superficies metálicas. Los materiales empleados como lubricantes sólidos son el grafito, silicona, bisulfuro de molibdeno, de flúor, boro, el politetrafluoroetileno (PTFE o teflón), etc.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 26 A

Estos compuestos dan lugar a coeficientes de fricción muy bajos y se emplean en menor escala que los líquidos y las grasas. Son invaluable para aplicaciones especiales y en condiciones en donde los líquidos y grasas no pueden ser tolerados. Se usan en condiciones extremas de temperatura y en ambientes de reactivos químicos.

3) Semisólidos o grasas

Son lubricantes semifluidos, elaborados generalmente con aceites minerales y agentes espesantes (jabón o arcilla), que permiten retener el lubricante por más tiempo en las superficies lubricadas.

Protegen a las superficies de la contaminación externa, sin embargo y debido a que no fluyen libremente como los aceites, son menos refrigerantes que éstos y más difíciles de aplicar cuando los equipos están en operación.



Figura 21. Lubricante semisólido o grasa

Fuente <http://autofan.mx/2012/02/14/que-es-una-grasa-lubricante/>

Fuente <http://www.atmosferis.com/lubricantes/>

4) Gaseosos

El aire y otros gases pueden ser empleados como lubricantes, pero son usados para propósitos especiales.

El aire se emplea a presión y forma un colchón entre los elementos en movimiento. Su principal aplicación es en pequeños cojinetes lisos que giran a altas velocidades (± 100.000 rpm) en donde un lubricante convencional no serviría. Su capacidad de soporte de carga es muy baja, aproximadamente 10 psi o 0.70 Kg/cm².

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Las pérdidas por rozamiento de los gases, son solo una fracción de los valores correspondiente a los lubricantes líquidos. Se emplean especialmente en las fresas de los consultorios odontológicos.

En la siguiente figura, se comparan algunas propiedades de los cuatro tipos de lubricantes anteriormente referidos:

PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	ESTADO LUBRICANTES			
	Líquido	Semisólido	Sólido	Gaseoso
1. Refrigeración	Excelente	Regular	No aplicable	Bueno
2. Facilidad en suministro o aplicación	Muy bueno	Regular	No aplicable	Muy bueno
3. Protección contra la corrosión	Muy bueno	Bueno	Bueno	No aplicable
4. Protección contra la contaminación	Regular	Muy bueno	Bueno	Regular
5. Permanencia o adherencia	Regular	Muy bueno	Sobresaliente	Regular
6. Rango de temperatura de operación	Bueno	Bueno	Excelente	Muy bueno
7. Desempeño con lubricación límite	Bueno	Bueno	Muy bueno	No aplicable
8. Desempeño con lubricación hidrodinámica	Excelente	Regular	No aplicable	Muy bueno

Figura 22. Comparación tipos de lubricantes acuerdo estado

Fuente: Shell de Colombia

h. Propiedad de los lubricantes

Durante la selección de un lubricante y para asegurar que este continuará lubricando, refrigerando, protegiendo contra la corrosión y suciedad, sellando, aislando y otras funciones más durante un largo periodo de tiempo, y con seguridad y confiabilidad, se deben tener en cuenta distintos factores, propiedades y características.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 28 A

Un lubricante no debe seleccionarse por marcas ni nombres, sino por sus propiedades físico-químicas. Son estas las que garantizan un desempeño o trabajo eficiente, continuo y constante. Diversas clases de lubricantes con nombres iguales o similares, pueden tener diferentes empleos.

1) Viscosidad

Es la resistencia de un líquido a fluir, como consecuencia de la fricción interna de sus moléculas (cohesión).

Bajo las mismas condiciones de presión y temperatura, un líquido con una baja viscosidad como el agua o un aceite hidráulico, fluirá más rápido que un líquido con alto valor de viscosidad.

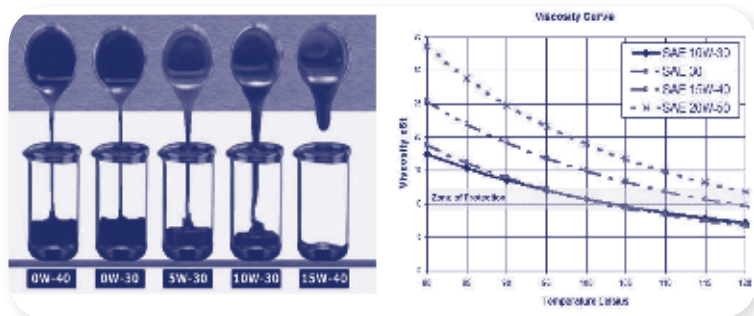


Figura 23. Viscosidad del aceite

Fuente: <http://www.todoelcolor.cl/2013/08/tuning/mecanica-que-es-la-viscosidad-del-aceite-lubricante/>

La viscosidad tiene injerencia o influencia en:

- Formación de la película lubricante.
- Generación de calor.
- Propiedades de sellado.
- Facilidad de arranque con bajas temperatura.
- Adherencia y permanencia de la película en el tiempo.
- Rata de consumo de lubricante.
- Otros

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

El valor de la viscosidad del lubricante empleado debe ser el recomendado por el fabricante, ya que este obedece a cálculos establecidos durante el diseño y fabricación de los mecanismos o equipos, es decir, debe ser el valor adecuado o fijado de antemano.

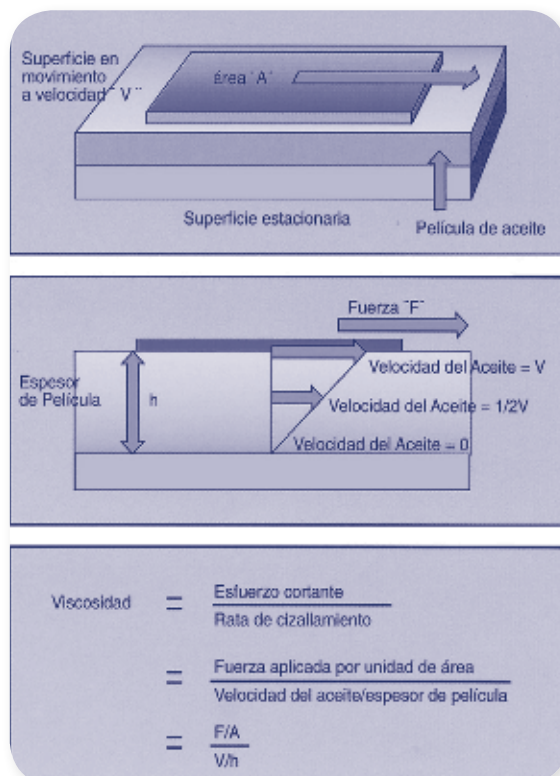


Figura 24. La viscosidad
Fuente: Shell de Colombia

Una mala selección o empleo incorrecto de la viscosidad afecta:

- Alta viscosidad
- Incremento de la temperatura.
- Aumento de la resistencia a fluir
- Incremento del consumo de potencia
- Baja Viscosidad
- Pérdida o disminución de presión
- Aumento de la fricción y desgaste
- Aparición o incremento de fugas
- Pérdida de precisión.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 30 A

Dentro de la lubricación se encuentran los siguientes tipos de viscosidad:

- a) Viscosidad dinámica o absoluta. Es una función de la fricción interna del fluido. Es empleada por los ingenieros en cálculos de diseño de cojinetes. Se expresa en **poise** en honor al físico francés Poiseuille. Se emplea con más frecuencia el **Centipoise** (cps)

$$1 \text{ Poise} = 1 \frac{\text{dina.s}}{\text{cm}^2} \quad 1 \text{ Centipoise} = 1,019 \times 10^{-8} \text{ kgf.s/cm}^2$$

- b) Viscosidad cinemática. Los usuarios y fabricantes de lubricantes utilizan más frecuentemente el término viscosidad cinemática, la cual es una función de resistencia por la fricción interna y por la densidad del fluido.

Es la viscosidad dinámica o absoluta dividida por la densidad del fluido. Se expresa en **centistokes (cst)**.

El agua a temperatura ambiente tiene una viscosidad aproximada a 1 cst y la de la mayoría de las lubricantes a temperatura de operación oscila en el rango de 10 a 100 cst.

$$1 \text{ centistoke} = 1 \frac{(\text{centipoise})}{\square (\text{gr/cm}^3)} \quad \square \square = \text{densidad}$$

Los lubricantes y grasas se clasifican por su viscosidad de acuerdo con el tipo de servicio que desempeñarán. Estos lubricantes y grasas se dividen en industriales y automotores.

Se presentan para tal fin dos Normas:

SAE

- Aceite para engranaje
- Aceite para motores

ISO

- Aceite industriales

- a) Sistema o Norma SAE

En la clasificación de los lubricantes para motores y engranajes, intervienen tres organismos con funciones específicas:

- (1) **SAE**. (Sociedad Americana de Ingenieros Automotrices), definiendo la necesidad

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- (2) **API.** (Instituto Americano del Petróleo), desarrollando el lenguaje al consumidor.
- (3) **ASTM.** (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales), definiendo los métodos de evaluación y los objetivos de la calidad.

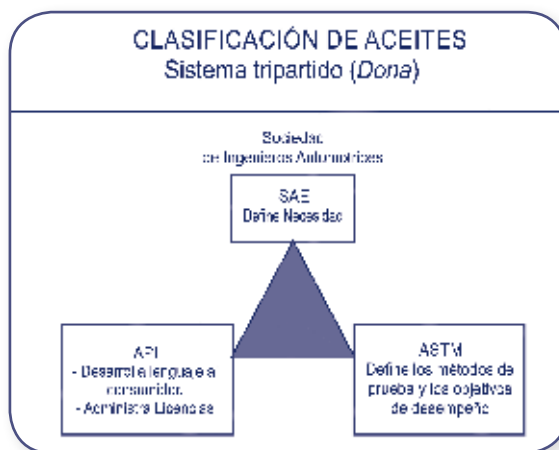


Figura 25. Clasificación de los aceites
Fuente: ChevronTexaco

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 son:

- SAE 0W 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.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 32 A

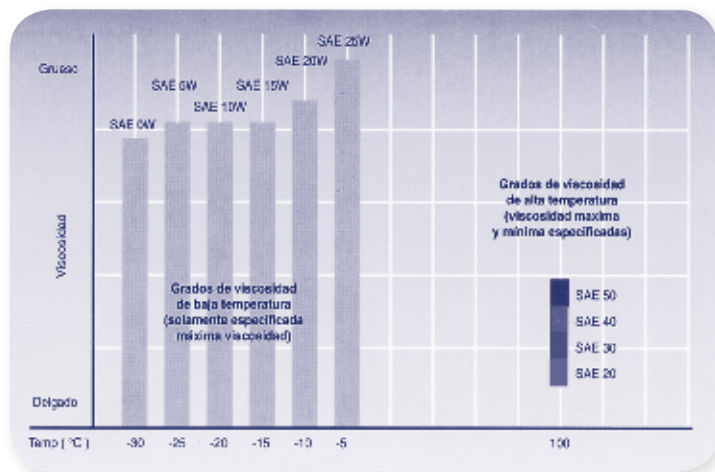


Figura 26. Grados de viscosidad a altas y bajas temperaturas
Fuente: Shell de Colombia

Los otros seis están basados en las medidas de viscosidad a 100°C y en orden de incremento de viscosidad son:

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

Los aceites lubricantes para motores y engranajes, que sólo pueden ser clasificados en uno de los dos grados o grupos anteriormente relacionados, se conocen como **aceites monógrados**, es decir, sólo tienen un grado de viscosidad; por el contrario, los aceites que tienen un alto índice de viscosidad y que cumplen los requerimientos de los dos grados o grupos simultáneamente, se denominan **aceites multigrados**.

Por ejemplo, el aceite 20W 40 significa que a bajas temperaturas (mayores de -15°C) se comporta como un aceite delgado SAE 20W y a altas como un aceite grueso SAE 40.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Los grados SAE además de definir los grados de viscosidad, también definen la temperatura límite de bombeabilidad (BPT) para los grados “W” del lubricante.

La temperatura límite de bombeabilidad, está definida como la temperatura más baja a la cual un aceite de motor puede ser continua y adecuadamente suministrado a la bomba de aceite del motor o del equipo.

Las ventajas de emplear aceites monógrados o multigrados, han generado discrepancias entre los distintos fabricantes de motores diesel; sin embargo, se ha demostrado, en la mayoría de los casos y ensayos, que los aceites multigrados tienen más ventajas que los monógrados.

Entre las ventajas de los aceites multigrados sobre los monógrados están:

- (1) Mejores características de flujo.
- (2) Arranque en frío más fácil.
- (3) Menor desgaste en los mecanismos.
- (4) Menor consumo de combustible.
- (5) Se reduce el tiempo en llegar a las partes críticas de los motores.
- (6) Menores costos de inventario y de mantenimiento.

A bajas temperaturas, el aceite monógrado tiene mayor viscosidad que el multigrado, esto genera que en el momento del arranque, (lubricación inicial del motor), el lubricante demore más tiempo en llegar a los puntos críticos. Por el contrario, el aceite multigrado por tener menor viscosidad, fluye más rápido hacia esas partes.

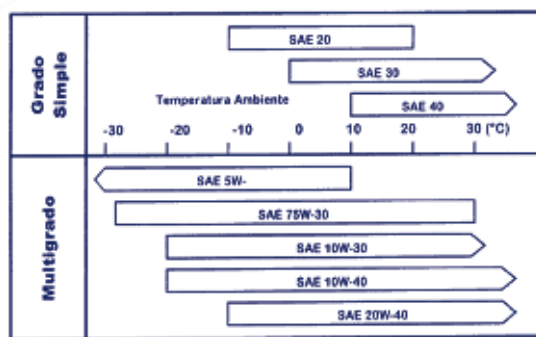


Figura 27. Cuadro comparativo aceites monógrados y multigrados

Fuente: <http://www.corollaversoclub.org/phpbb/viewtopic.php?f=6&t=1629>

Para un determinado rango de temperatura, la película de lubricante multigrado es más estable.



Figura 28. Selección de viscosidad

La selección adecuada de la viscosidad del aceite, puede asegurar un flujo inmediato del lubricante al arrancar el motor. En la anterior figura se presenta una guía para seleccionar en forma aproximada, el grado SAE para una aplicación en particular de un aceite de acuerdo con la temperatura del medio ambiente.

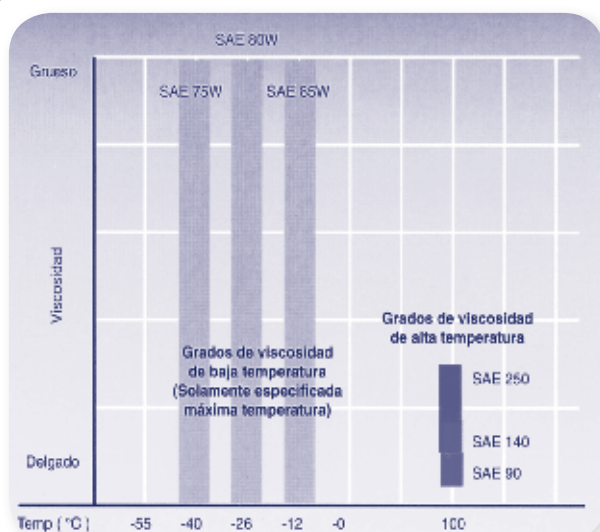


Figura 29. Grados de viscosidad para automotores y engranajes reductores

Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Un sistema similar al empleado para los aceites de motores, es utilizado para clasificar los lubricantes de los engranajes.

En esta clasificación, los grados SAE 90, SAE 140 y SAE 250 están basados en las medidas de viscosidad a 100°C y los grados SAE 75W, SAE 80W y SAE 85W son medidos a - 40°C, -26°C y -12°C respectivamente. Ver Figura 22.

(4) Sistema o Norma ISO

Los aceites industriales se clasifican según las Normas Internacionales de Estandarización (ISO), vigentes desde 1975, pero que sólo se empezaron a emplear en 1979.

El sistema ISO clasifica los aceites industriales en centistokes a 40°C y permite mayor facilidad en el manejo de los aceites, pues evita una mala utilización por parte del usuario. Así mismo, facilita hallar el equivalente, ya que el nombre del aceite viene acompañado de un número que indica la viscosidad en el sistema ISO. Por ejemplo, en el aceite Shell Tellus 68 se sabe que su viscosidad es de 68 cst a 40°C.



Figura 30. Comparación de clasificación de aceites por viscosidad

Fuente: Shell de Colombia

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 36 A

En el sistema ISO se definen 18 grados, cada uno cubre un pequeño rango de viscosidad y está especificado por el término ISO VG seguido por un número, el cual es una medida de viscosidad a 40°C. Esta a cualquier grado es mayor que su grado inmediatamente anterior (Ver tabla 2).

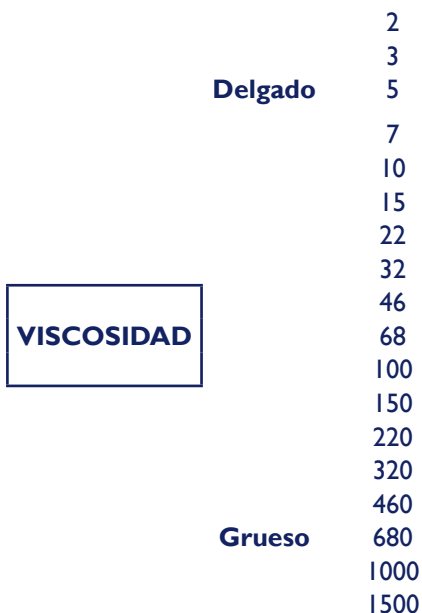


Figura 31. Grados de viscosidad de lubricantes industriales (ISO)
Fuente: Shell de Colombia

A excepción de la firma Mobil, todas las compañías fabricantes de lubricantes han adoptado la norma ISO junto al nombre de sus aceites.

Por ejemplo, en el Mobilgear 632 de la Mobil, el 632 no es un grado ISO y su viscosidad equivale a la de un grado 320.

Cabe anotar que cualquiera que sea el sistema de grados empleados, SAE ó ISO, el número se relaciona con la viscosidad del aceite y no con su calidad, propiedades o desempeño.

El Instituto Americano de Petróleo (API), tiene estandarizados niveles de calidad de los aceites para lubricar motores de combustión interna.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 37 A
	Estas especificaciones de calidad, son el complemento indispensable que debe acompañar a la viscosidad en el sistema SAE. Un lubricante no quedará correctamente seleccionado, sino se tienen en cuenta estas dos clasificaciones. En Europa, por las cilindradas de los motores y las exigencias en lubricación, se establecieron normas o especificaciones en 1977 por parte del Comité de Constructores de Automóviles del Mercado Común (CCMC). En los Estados Unidos, a pesar de que la mayoría de los fabricantes de vehículos usan la clasificación API, existen unos que tienen sus propias especificaciones en forma adicional y, en muchos casos, son más exigentes que las del Instituto Americano del Petróleo. Tal es el caso de la Ford, la Cummins, Caterpillar y las Fuerzas Armadas, entre otros. Las Fuerzas Armadas las especifican con las letras MIL-L y un número que hace referencia al método empleado. Existe una correlación entre éstos y la API. Desde 1960, la API identificaba los aceites para motores a gasolina usando la letra S seguida de una segunda que iba desde la A hasta la G, siendo la SG la más reciente y específica los aceites de alta calidad. En la actualidad, ya se fabrican aceites de especificaciones SA y SB. Para los motores diesel, la API emplea dos letras: la C que indica el tipo de motor (Diesel) seguida de otra que representa las condiciones de carga. Esta clasificación comprende: • CA Motores diesel a trabajo liviano. • CB Motores diesel a trabajo moderado. • CC Motores diesel no turbosobrealimentados y que trabajan en condiciones severas. • CD, CE Motores diesel turbosobrealimentados o no y que trabajan en condiciones críticas (maquinaria pesada). La especificación CE reemplazó a la CD, ya que se detectaron problemas relacionados con desgaste, depósitos en los pistones, consumo, etc. Desde 1992, la API aprobó la formulación y comercialización de los aceites CF 2 y CF 4 para motores diesel turbosobrealimentados de 2 y 4 tiempos respectivamente.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 38 A

Estas especificaciones cubren a los inicialmente relacionados, disminuyendo la formación de depósitos y reduciendo el consumo de aceite.

Actualmente, la API desarrolla las categorías CF, CF-II y CG-4.

Muchos fabricantes de motores especifican las recomendaciones de los aceites a utilizar, de acuerdo con **especificaciones militares de las Fuerzas Armadas Norteamericanas**. La ASTM efectúa los respectivos ensayos para determinar la especificación militar. Estas especificaciones son cada vez más exigentes. Algunas especificaciones ya no aplican por no cumplir con los requerimientos de lubricación en motores modernos; otros han sido reemplazados por otros.

Los aceites para motores de dos tiempos están clasificados por la SAE, pero es más común especificarlos de acuerdo con la relación gasolina / aceite. Estas proporciones son independientes de la viscosidad del aceite base. La más común es 50:1, lo que equivale a 50 partes de gasolina por una de aceite.

La tendencia hoy es a emplear mezclas más ricas en aceite como 30:1, 25:1 y 20:1, para compensar la pérdida de viscosidad. Otros fabricantes proyectan emplear relación de 100:1 para minimizar las suciedades que se presentan en las bujías.



Figura 32. Mezcla gasolina - aceite

Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/gasoline-two-stroke-engine-1e34f-278170369.html>

Fuente: http://www.lubricantesparamotor.com/lubricantes_2_4T.html

La mezcla gasolina-aceite debe permanecer homogénea, es decir, no separarse con el fin de evitar los arranques difíciles, inundaciones en el carburador y en las bujías, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 39 A
	Una mezcla de 25:1 no debe utilizarse como 50:1, ya que generaría desgaste adhesivo al interior del motor. De igual forma, una especificación de 50:1 no debe emplearse como 25:1, pues ocasionaría formación de carbones y ensuciamiento de las bujías, lo que presentaría desgaste abrasivo. Los métodos más conocidos para efectuar la mezcla gasolina-aceite, son: • Agitación. El depósito se agita después de tener los dos componentes. • Premezclado. Se mezclan por medio de un distribuidor-mezclador en el momento de llenar el depósito. • Mezcla preparada con anterioridad. Es presentada al usuario en bidones precintados de dos litros. • Mezcla prediluida. El aceite entra entre 15 y 20% de un diluyente menos volátil que la gasolina, que facilita la mezcla. (5) Índice de viscosidad Después de la viscosidad, el índice de viscosidad es la característica más importante que debe tenerse en cuenta y se define, como la mayor o menor estabilidad de la viscosidad de un lubricante frente a los cambios de temperatura. La selección de un lubricante adecuado, requiere conocer no solamente su viscosidad, sino también, conocer cómo esta cambia con la temperatura. La viscosidad de cualquier líquido disminuye a medida que aumenta la temperatura, por lo tanto, un aceite con una viscosidad apropiada a temperatura ambiente, puede ser muy delgado a temperatura de operación. De igual forma, un aceite con viscosidad adecuada a temperatura de operación puede llegar a ser demasiado viscoso a bajas temperaturas, lo que impediría el arranque en frío del mecanismo y la circulación normal. El índice de viscosidad describe el efecto de la temperatura sobre la viscosidad de un lubricante. Un bajo índice de viscosidad, corresponde a un lubricante con viscosidad sensible a los cambios de temperatura. Los aceites con alto índice de viscosidad son menos afectados por los cambios de temperatura. El índice de viscosidad es un indicativo de calidad en un lubricante
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 40 A

Este índice está determinado por su viscosidad a 40 y 100°C y el rango normal para aceites minerales es de 0 a 100.

Los aceites con índice de viscosidad mayor a 85, son llamados aceites de alto índice de viscosidad (**HVI**). Los que tienen valores menores a 30 son conocidos como aceites de bajo índice de viscosidad (**LVI**) y los situados en el valor intermedio, es decir, entre 85 y 30, se denominan aceites de mediano índice de viscosidad (**MVI**). Ver figura 76.

El índice de viscosidad de los aceites minerales, se puede incrementar mediante la adición de un mejorador del índice de viscosidad. Esto, unido a las nuevas técnicas de refinación, permite la obtención de aceites multigrados con índices de viscosidad de 130 o más.

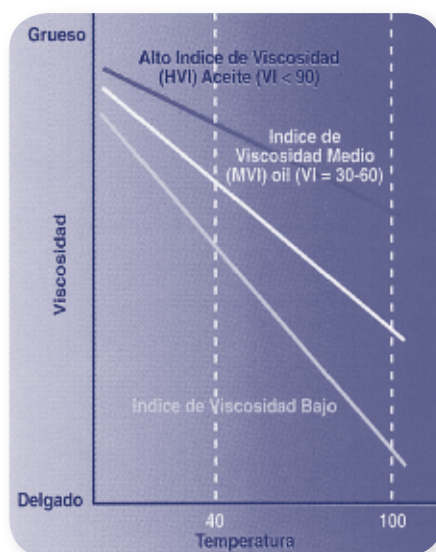


Figura 33. Variación de la viscosidad con la temperatura
Fuente: Shell de Colombia

Beneficios de índices de viscosidad con valores altos:

- Menor viscosidad a baja temperatura.
 - Mejor arranque en frío.
 - Mejor bombeabilidad del aceite.
 - Menor consumo de combustible.
 - Mejor fluidez del aceite.
 - Menor desgaste.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 41 A
	• Mayor viscosidad a alta temperatura. - Disminuye consumo de aceite. - Menor desgaste de los mecanismos. (6) Punto de inflamación o chispa Es la temperatura más baja a la cual los vapores o gases formados, se inflaman o incendian por un instante por la presencia próxima de una chispa o una llama abierta. El riesgo de fuego en este punto es muy pequeño. Los aceites minerales livianos tienen puntos de chispa por encima de 120°C. En lubricación, no deben emplearse aceites con punto de inflamación por debajo de 150°C. (7) Punto de combustión Es la temperatura a la cual se forman suficientes gases o vapores, para mantener una llama durante mínimo cinco (5) segundos. Esta temperatura suele ser superior en 30 o 60°C al valor del punto de inflamación o chispa. Los puntos de inflamación y combustión no deben confundirse con el de auto-inflamación o autoignición, que es la temperatura a la cual los vapores o gases se inflaman y queman, sin necesidad de aplicar una llama o chispa. Punto de fluidez o flujo a baja temperatura. Es la temperatura más baja a la cual el aceite fluye. En la práctica, los lubricantes deben tener un punto de fluidez de por lo menos 10°C por debajo de la temperatura a la cual operarán las máquinas. (8) Estabilidad térmica Es la propiedad que deben tener los lubricantes, de no descomponerse cuando durante el uso se calientan, perdiendo sus características de lubricar correctamente o que se liberen productos inflamables o peligrosos. (9) Estabilidad química y oxidación Los lubricantes al poder entrar en contacto directo con sustancias, deben ser capaces de soportar el ataque químico de estas.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 42 A
La oxidación, por reacción con el oxígeno del aire, es la causa más común en el deterioro de los aceites minerales. Se pueden generar puntos de corrosión, depósitos de gomas en las partes que operan a altas temperaturas, y lodos que alteran el flujo del lubricante. (10) Transferencia de calor La habilidad de un material para conducir calor, es su conductividad térmica. Los aceites con baja viscosidad, son mejores conductores de calor que los de mayor viscosidad. Los lubricantes que son buenos conductores de calor, deben ser empleados donde es necesario extraer calor de un cojinete. (11) Corrosividad Un lubricante no debe corroer las superficies metálicas con que entra en contacto. Muchos aceites minerales tienen pequeñas cantidades de ácidos débiles, que no son nocivos. Sin embargo, y como ya se refirió, los lubricantes que están en contacto con el aire a altas temperaturas se oxidan, produciendo compuestos ácidos, que hacen que se corroan las superficies. (12) Corrosión al cobre y herrumbre La gran mayoría de los lubricantes no afectan los mecanismos a lubricar; sin embargo, es necesario determinar la tendencia que presenta un aceite para provocar corrosión en metales blandos como el cobre, bronce, babbitt, etc. La corrosividad del aceite aumenta si hay presencia de agua, ya que esta puede lavar los aditivos antidesgaste. La herrumbre se debe a una reacción química que ocurre entre un material ferroso, como el acero o el hierro, y el oxígeno en presencia de agua. Los aceites cuentan con inhibidores de herrumbre que protegen las superficies metálicas, mientras estén bien lubricadas. (13) Demulsibilidad Es la resistencia que presenta un aceite a emulsificarse cuando entra en contacto con el agua.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 43 A
(14) Emulsibilidad Aunque la emulsificación es indeseable, algunos lubricantes son formulados como emulsiones. Tal es el caso de las emulsiones de aceite en agua empleados en corte de metales, ya que estas proveen enfriamiento y lubricación a la herramienta de corte. (15) Compatibilidad Los lubricantes no deben tener ningún efecto indeseable sobre los componentes del sistema, mecanismo o equipo. Por ejemplo, deben ser compatibles con los sellos, empaquetaduras, mangueras, pinturas, plásticos o adhesivos; con los que puedan entrar en contacto. (16) Toxicidad Los lubricantes no deben causar daño alguno a la salud. Normalmente están basados en aceites minerales altamente refinados, que los hacen poco nocivos si entran en contacto por poco tiempo. Algunos aditivos empleados, pueden presentar algún peligro específico para la salud o la seguridad. En tal caso, los fabricantes suministran información clara sobre los riesgos y especifican las precauciones de seguridad. Estas informaciones deben ser conocidas por los usuarios u operarios y se deben fijar mediante avisos en los carteleros. (17) Rigidez o resistencia dieléctrica Es la capacidad de aislamiento eléctrico de los aceites. (18) Contenido de cenizas sulfatadas Está relacionado con la cantidad de materiales no combustibles, que pueden estar presentes en los aceites, tales como polvo, aditivos y partículas metálicas de desgaste. En los <u>aceites nuevos</u> indica el contenido de aditivos órgano-metálicos, y <u>en los usados</u> indica el deterioro de los aditivos o la contaminación del aceite con partículas no combustibles.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 44 A
(19) Formación de espumas superficiales Un aceite produce espuma superficial por agitación con el aire u otro gas y está constituida por el agrupamiento de un elevado número de burbujas de diferentes tamaños. Excesiva cantidad de espuma en el aceite puede causar desgaste de las superficies lubricadas, debido a la poca homogeneidad de la película de aceite. (20) Atrapamiento de aire o aeroemulsión Consiste en una emulsión aire-aceite formada por burbujas diminutas de aire. Su tamaño es inferior al de la espuma superficial. (21) Punto de anilina Indica el contenido de hidrocarburos saturados (no reactivos en el lubricante). Permite determinar la composición de la base (parafínica, nafténica o aromática) y su tendencia a deformar los sellos de caucho. (22) Gravedad específica Es la relación entre el peso de un volumen dado de aceite y el peso de un volumen igual de agua a la misma temperatura (15,6°C o 60°F). La gravedad específica de los aceites derivados del petróleo, se considera comprendida entre 0.89 y 0.93: Normalmente se toma 0.91. Número básico total (TBN). Es definido como el número de miligramos de KOH necesarios para neutralizar un gramo de una muestra de aceite ácido. Es una medida de la alcalinidad o de la habilidad del aceite de neutralizar gases ácidos, formados durante la combustión. Proviene de la mezcla balanceada de los dispersantes y los detergentes metálicos contenidos en el aceite. Un valor bajo de TBN en el aceite pasado es causado por: • Períodos de cambio de aceite demasiado prolongados. • Calidad inapropiada del aceite.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		



- Periodos muy extensos de cambio del aceite.
- Operación del mecanismo o equipo a altas temperaturas.
- Presencia de catalizadores que aceleran el proceso de oxidación del aceite.

BASE + **ADITIVOS**
(85 a 90%) (15 a 10%)

Todos los aceites minerales están conformados principalmente por hidrocarburos, compuestos éstos formados por carbono e hidrógeno.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 46 A

De acuerdo con el tipo de crudo empleado, las bases lubricantes pueden ser parafínicas o alcanas, nafténicas o cicloalcanos y aromáticas.

- 1) Bases parafínicas o alcanas: contienen porcentajes de hidrocarburos parafínicos del 75% o más. Están conformados por cadenas rectas o ramificadas de átomos de carbono. Se caracterizan por la cadena $C_n H_{2n+2}$. Son muy estables al calor y a la oxidación. Tienen alto índice de viscosidad, pero mala fluidez a bajas temperaturas.

Sus principales características son:

- a) Alto índice de viscosidad. Varía poco su viscosidad con los cambios de temperatura.
- b) Baja rata de oxidación.
- c) Baja volatilidad.
- d) Bajo poder disolvente.
- e) Alto punto de congelación.
- f) Punto de inflamación alto.
- g) Punto de fluidez alto a altas temperaturas.
- h) Formación de carbonos duros.

- 2) Bases nafténicas o cicloalcanos: contienen porcentajes de hidrocarburos nafténicos del 70% o más. Son los más encontrados en los aceites lubricantes. Son menos estables que los parafínicos y sus viscosidades son más sensibles a los cambios de temperatura.

Sus principales características son:

- a) Bajo índice de viscosidad.
- b) Alto poder disolvente natural.
- c) Reducida tendencia a formar carbón.
- d) Bajo punto de fluidez, lo que los hace indicados para condiciones de bajas temperaturas.
- e) Alta volatilidad.
- f) Mediana resistencia a la oxidación.
- g) Punto de inflamación bajo.

- 3) Bases aromáticas: no se emplean en la fabricación de lubricantes. Son buenos solventes y lubricantes de capa límite, pero tienen pocas características de viscosidad.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 47 A
	Sus principales características son: a) Índice de viscosidad muy bajo. b) Alta volatilidad. c) Oxidación fácil. d) Tendencia a formar gomas y resinas. e) Se emulsionan fácilmente con el agua. f) Inestables al calor. g) Punto de fluidez bajo. h) Alto poder disolvente. Otro tipo de bases son las sintéticas. Los aditivos son sustancias químicas que se adicionan a las bases lubricantes para dar o mejorarle determinadas prioridades. La calidad de un lubricante depende no solo del tipo de base lubricante y de los procesos de refinación, sino también de la calidad y tipo de aditivos empleados. La combinación de aditivos, depende de la aplicación o uso que se vaya a dar al lubricante. 1) Las características más importantes de los aditivos son: a) Mejorar las propiedades físico-químicas del lubricante o proporcionarle otras. b) Desminuir la velocidad con que ocurren las reacciones (oxidación, etc). c) Proteger las superficies lubricadas de los contaminantes. 2) Propiedades. Entre estas están: a) Calor. No es determinante, ni importante. b) Olor. Son inoloros. c) Compatibilidad. Debe perdurar hasta el cumplimiento del ciclo de vida útil del lubricante. d) Solubilidad. Debe ser soluble con la base lubricante a cualquier rango de temperatura. e) Insolubilidad con el agua, para que no sean “lavados” en presencia de esta. f) Volatilidad. Debe ser baja a elevadas temperaturas. g) Estabilidad durante la mezcla, almacenamiento y empleo. h) Flexibilidad en la ampliación del tiempo de operación y aplicaciones sin variar sus propiedades físico-químicas.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 48 A

3) Clasificación de los aditivos

Las maquinarias, equipos y mecanismos tienen alta demanda de lubricantes. Con el fin de cumplir estas, la mayoría de los lubricantes contienen aditivos que mejoran las propiedades de los aceites bases o le confieren adicionales.

Hay muchos tipos de aditivos, algunos de los cuales pueden cumplir varias funciones. La combinación de aditivos empleados, depende del uso específico que se le vaya a dar al lubricante.

Normalmente, los aditivos se clasifican en tres categorías:

- Los que modifican el desempeño del lubricante.
- Los que protegen el lubricante.
- Los que protegen la superficie lubricada.

a) Aditivos que modifican el desempeño o propiedades físicas del lubricante

(I) Mejoradores del índice de viscosidad (IV). Una función básica de estos aditivos es mejorar la relación viscosidad-temperatura del aceite. Estos aditivos, son agregados a los aceites bases para reducir los cambios de viscosidad con la temperatura. Ver Figura 26.

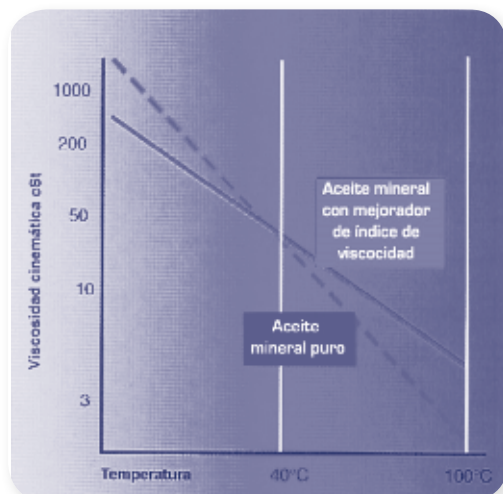


Figura 34. Acción del mejorador de índice de viscosidad
Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 49 A
	Son claves donde un lubricante debe desempeñarse satisfactoriamente sobre un amplio rango de temperaturas. Por ejemplo, los aceites de motor empleados en clima frío, deben ser lo suficientemente “delgados” para permitir y facilitar el arranque del equipo, y lo suficientemente “gruesos” para lubricar eficientemente en las altas temperaturas generadas durante la operación del equipo. La mayoría de los aceites multigrados, son tratados con estos mejoradores de IV y pueden desempeñarse mejor en un gran rango de temperaturas, que las que no tienen estos aditivos. La finalidad de estos aditivos o mejoradores, es la de obtener un producto lubricante lo más cercano al ideal, es decir, uno cuya viscosidad permanezca inalterable con los cambios de temperatura. (2) Depresores del punto de fluidez: Son empleados para minimizar la tendencia del aceite mineral a congelarse y solidificarse cuando se enfría. Son aditivos necesarios para la mayoría de los aceites que operan a bajas temperaturas. b) Aditivos que protegen los lubricantes (1) Antioxidantes. La oxidación es una reacción química que ocurre en el aceite y que puede ser más o menos severa, dependiendo de factores como el oxígeno del aire, temperaturas de operación, humedad y catalizadores, como el cobre. Estos aditivos mejoran la estabilidad a la oxidación del lubricante y son esenciales en aceites que se calientan durante su operación. Cuando un aceite mineral es expuesto al oxígeno del aire, este reacciona formando ácidos orgánicos, lacas adhesivas y lodos. Los ácidos pueden causar corrosión, las lacas pueden hacer que las partes móviles se adhieran unas contra otras, y los lodos espesan el aceite y pueden taponar los orificios de lubricación, tuberías, filtros y otros componentes del sistema de lubricación. Los antioxidantes bloquean las reacciones de oxidación y disminuyen el deterioro del lubricante.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 50 A
(2) Antiespumantes. Cuando un aceite es agitado, el aire puede incorporarse en él y formar burbujas de diferentes tamaños, que tienden a subir a la superficie, formando una espuma más o menos persistente. La tendencia a la formación de espuma se incrementa con las temperaturas bajas, viscosidad alta, presencia del agua, velocidades de agitación elevadas y tensiones superficiales altas. La presencia de espuma en los sistemas de lubricación, puede generar graves problemas, ya que lo que el sistema proporcionaría al mecanismo o máquina sería una mezcla de aceite y aire, produciéndose una lubricación diferente y posibles daños. La espuma incrementa la exposición de un aceite al aire y promueve la oxidación. También, puede causar la pérdida de aceite a través de los venteos. La espuma en fluidos hidráulicos incrementa la compresibilidad, reduciendo así su capacidad para transmitir potencia. (3) Antiemulsionante. Se emplea para separar el agua del aceite, cuando este contaminante está presente. La presencia del agua puede ser consecuencia de la condensación, rotura del enfriador, daño de empaquetaduras o sellos, rotura de tuberías o filtros, entre otros. El agua mezclada con el aceite forma emulsiones que retienen las suciedades, dando lugar a la corrosión química, disminución de la capacidad del lubricante y producción de sedimentos solubles e insolubles. Las solubles permanecen disueltos en el aceite hasta que encuentren bajas temperaturas, como en los enfriadores de aceite, y se precipitan como lodos formando películas aislantes que evitan que el aceite se enfríe, dando lugar a la oxidación prematura del mismo. Los insolubles se depositan en todo el sistema, obstruyendo parcial o totalmente las tuberías de circulación de aceite.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE
	PÁGINA 51 A
	Para evitar lo anterior, es necesario que los aceites tengan una buena demulsibilidad para que separe rápidamente el agua. (4) Mejoradores del poder detergente. Son aplicados a los aceites de motor para: (a) Reducir la formación de depósitos de carbón y lacas de altas temperaturas. (b) Evitar el pegamiento o engarrotamiento de los anillos del pistón. (c) Proveer una reserva de basicidad para neutralizar los ácidos formados durante la combustión. La detergencia de un aceite actúa cuando las temperaturas de operación del motor son normales. (5) Mejoradores del poder dispersante. La dispersancia es la capacidad del aceite de dispersar los lodos húmedos, originados por el funcionamiento frío del motor a bajas temperaturas. Los dispersantes son agregados a los aceites para mantener en suspensión cualquier contaminante, tales como hollín y otros productos de degradación. Inhiben la formación de conglomerados de partículas que puedan bloquear los conductos o filtros. Además, evitan que sean depositados sobre las superficies afectando la lubricación y la transferencia de calor. La dispersancia de un aceite actúa cuando las temperaturas son bajas. c) Los que protegen las superficies (1) Los aditivos inhibidores de corrosión, son productos que protegen los <u>metales no ferrosos</u>, susceptibles a la corrosión, por los contaminantes ácidos presentes en los lubricantes. Estos aditivos protegen las superficies del ataque químico ejercido por los ácidos (corrosión), que se encuentran como contaminantes en los lubricantes y provienen, principalmente, de la oxidación del aceite y de los combustibles quemados en los motores de combustión interna. Los inhibidores de corrosión son componentes básicos solubles en el aceite, los cuales con la reacción se neutralizan y forman una película protectora.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 52 A
Los inhibidores de herrumbre, son inhibidores de corrosión diseñados para inhibir la acción del agua en metales ferrosos. Son necesarios en aceites de turbinas y aceites hidráulicos, ya que estos tipos de aceites se contaminan inevitablemente con el agua. (2) Agentes antidesgaste. Son necesarios cuando la lubricación hidrodinámica no puede ser mantenida y se presenta contacto metal-metal entre las superficies. Se clasifican en dos grupos: (a) Aditivos antiabrasivos o de absorción física o química sobre la superficie. Son compuestos absorbidos por las superficies metálicas, para formar una película protectora que previene el contacto metal-metal y reduce la fricción y el desgaste. No proporcionan elevada capacidad de soportar cargas pesadas, sin que ocurra la ruptura de la película lubricante. (b) Aditivos de extrema presión (EP) o por reacción química sobre la superficie. Los aditivos de extrema presión o EP se emplean en condiciones de carga severa, cuando los aditivos antiabrasivos no son efectivos. Estos aditivos se absorben sobre la superficie metálica, formando una película sólida que impide el contacto metal-metal, cuando la presión que actúa sobre ellas sea muy elevada y origine altas temperaturas, que hacen que desaparezca la lubricación hidrodinámica y se presenten condiciones de lubricación límite o EHL. La película protectora que se forma es efectiva mientras se conserve sólida. Estas condiciones son encontradas en los dientes de engranajes de acero sobre acero altamente cargados. Los aditivos EP son estables a temperaturas normales, pero a las altas temperaturas que se generan, por ejemplo, cuando dos dientes se deslizan uno sobre otro, se descomponen formando productos que reaccionan con el metal creando una película protectora de aceite.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

Estos aditivos son efectivos a partir de 50°C. Se debe tener en cuenta que los aditivos antidesgaste no actúan como aditivos EP y fallan, causando desgaste adhesivo en las piezas lubricadas.

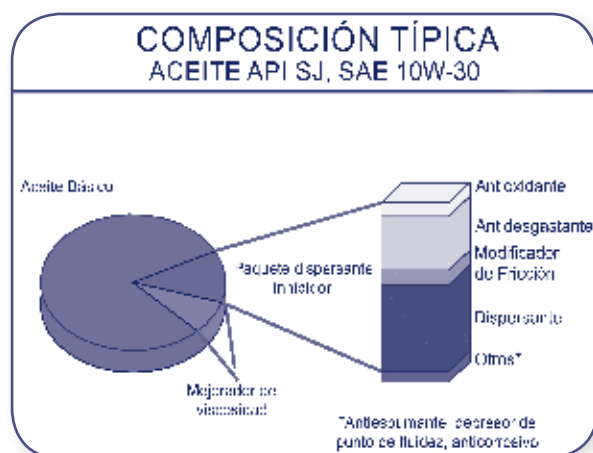


Figura 35. Aditivos de aceite
Fuente: ChevronTexaco

Otros aditivos son:

- (1) Desactivador metálico: Forma una película inactiva protectora sobre las superficies metálicas, formando complejos catalíticamente inactivos con iones de metal, haciéndolas pasivas para inhibir la oxidación.
- (2) Bactericida: Impide el crecimiento de bacterias y hongos, controlando el olor, la descomposición de la emulsión y las manchas del metal.
- (3) Adhesivo: Aumenta la viscosidad del lubricante e imparte características adhesivas al lubricante sobre las superficies metálicas.
- (4) Obturador: Reacciona químicamente con el elastómero para causar un ligero aumento en su tamaño, cuando la aplicación lo requiere.
- (5) Sólido: Forma una película sólida sobre las partes metálicas en movimiento, evitando el desgaste.
- (6) Colorante: Son materiales altamente colorantes que proporcionan diferencias o atractivo, mediante el color.
- (7) Odorante: Sustancias altamente fragantes que imparten olor a los lubricantes, disimulando olores desagradables.

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 54 A
d) Aditivos para motores de dos tiempos (2T) Si los aditivos empleados en los aceites de cuatro tiempos se emplearan en los motores de dos tiempos (2T), se formarían sales organometálicas con tendencia a la producción de cenizas al quemarse el aceite y la gasolina en la cámara de combustión. Para éstos, existen aditivos especiales sin generación de cenizas. Estos aditivos son: (1) Dispersantes sin cenizas. Protegen contra los depósitos a altas y bajas temperaturas. (2) Detergentes metálicos. Protegen contra los depósitos a altas temperaturas, oxidación del aceite y desgaste por corrosión. (3) Inhibidores de corrosión. Protegen contra la herrumbre, oxidación del aceite y corrosión de los cojinetes. Los tiempos de servicios de los aceites para motores de dos tiempos, los clasifica la Norma ASTM, en cuatro grupos: (1) TCS-1. Prueba poco severa, evalúa rayaduras y emplea aditivos con bajo contenido de cenizas. Se emplea en podadoras y generadores pequeños. Mezcla 20:1. (2) TCS-2. Evalúa rayaduras, depósitos y preignición. Se emplean aditivos con cenizas. Se emplea en motocicletas y aserradoras. Mezcla 30:1. (3) TCS-3. Evalúa limpieza, pegado de anillos, rayaduras y depósitos. Se emplea en bicicletas a motor, motocicletas, cortadoras de pasto, motosierras y vehículos para nieve. Pueden ser con o sin cenizas. Se usan en motores hasta de 75 CV y para mezclas iguales o menores a 30:1. (4) TCS-4. Es la actual clasificación BIA TC-W. Los lubricantes BIA son exclusivamente sin cenizas. Se evalúa la herrumbre, miscilidad, rayado en el pistón y preignición. Se emplea para motores por encima de 75 CV y para mezclas 50:1. Factores que afectan la composición del aceite. En la siguiente figura, se relacionan algunos factores que afectan la composición de los aceites y su impacto sobre los mismos.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

FACTORES QUE AFECTAN LA COMPOSICION DEL ACEITE DEL MOTOR

Factor	Impacto sobre el aceite
✓ Desgaste del motor.	• Acumulación de metales de desgaste • Disminución de agentes antidesgaste • Cataliza la oxidación del aceite
✓ Producción de ácidos (subproductos de la combustión)	• Reducción del TBN • Aumento del TAN
✓ Producción de hollín.	• Acumulación de hollín • Aumento de la viscosidad
✓ Contaminante presente en aire (polvo, partículas abrasivas, etc.)	• Acumulación de contaminantes en el aceite
✓ Dilución por combustible	• Reducción de la viscosidad
✓ Oxidación del aceite	• Acumulación de insolubles • Aumento de la viscosidad
✓ Fuga de refrigerante	• Agua • Aditivo refrigerante en el aceite
✓ Cizallamiento permanente del modificador de viscosidad (multigrados)	• Disminución de viscosidad

Figura 36. Factores que afectan la composición del aceite
Fuente: Shell de Colombia, Exxon Mobil, ChevronTexaco

Factores que afectan la vida de los aceites:

Se deben tener en cuenta los factores que afectan y disminuyen la vida útil de los aceites. Estos son entre otros:

- **Altas temperaturas:** Los aceites derivados del petróleo por encima de 50°C duplican su rata de oxidación y por consiguiente, disminuyen a la mitad su ciclo de vida. Además de esta rápida oxidación (incremento acelerado del TAN), se forman lodos y gomas.

Incrementos en las temperaturas de operación deben tenerse en cuenta, ya que esto llevaría a un cambio de grado del aceite. Por ejemplo, si se emplea un aceite de grado ISO 68 en un reductor que opera a 38 o 40°C, este deberá pasarse a un nuevo aceite con grado superior si su temperatura de operación pasa a 46° o 48°C, es decir, debe emplearse un aceite ISO 100.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 56 A
Normalmente, por cada 8°C de incremento de la temperatura de operación, se debe aumentar en un grado ISO la viscosidad del aceite. • <u>Agua</u>: El agua en un aceite puede estar libre (emulsionada o en gotas) o disuelta (por debajo del punto de saturación). En un porcentaje por encima del valor máximo permisible, afecta las propiedades físico-químicas del aceite, dando lugar a la formación de herrumbre, corrosión y a la interrupción de la película lubricante, precipitación de aditivos y oxidación. Las propiedades antiemulsionantes de los lubricantes, permiten la separación del agua; la cual se puede drenar o retirar. • <u>Partículas sólidas</u>: Las partículas metálicas como el hierro y el cobre, son consecuencia del desgaste adhesivo por rotura de la película lubricante cuando se presenta contaminación con agua. Estas partículas actúan como catalizadores del proceso de oxidación del aceite, acelerándolo. Si los equipos o mecanismos trabajan en medios o ambientes contaminados, puede presentarse contaminación con polvo de sílice y si no se cuenta con un correcto sistema de filtrado, este puede llegar a las partes internas y causar desgaste abrasivo. Esto haría que los intervalos de cambio se redujeran. j. Selección de los lubricantes Varios factores deben ser tenidos en cuenta cuando se escoge un lubricante. Los más importantes son: 1) Aplicación específica. 2) Condiciones de operación. Para lo cual se deben tener en cuenta la velocidad, carga y temperatura. 3) Costos. Esta selección debe estar basada en las recomendaciones que hacen los fabricantes de los mecanismos o máquinas. En los catálogos técnicos aparecen las características físico-químicas que éstos deben cumplir. Algunos fabricantes de equipos, especifican los nombres de los aceites a emplear y esto facilita su adquisición. Si no se especifican o relacionan nombres, es necesario seleccionarlo de acuerdo con las características dadas; o si el lubricante especificado por el fabricante no se encuentra disponible, es necesario buscar el equivalente.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

La selección de la viscosidad está basada en las condiciones de operación, es decir, en la carga, velocidad y temperatura de operación. Estos tres factores no se pueden considerar en forma aislada, ya que están relacionados entre sí.

Resueltos y analizados estos tres factores, se pasa a resolver los siguientes interrogantes:

- 1) Viscosidad más adecuada a la temperatura de operación?
- 2) Índice de viscosidad necesario?
- 3) Grado SAE o ISO de viscosidad del aceite requerido?
- 4) Aditivos necesarios?
- 5) Factores de costos a tener en cuenta?

La propiedad más importante de los lubricantes es la viscosidad. El objetivo final es seleccionar un lubricante con la mínima viscosidad, capaz de soportar la carga aplicada, minimizando el consumo de energía.

Es esencial seleccionar un aceite con un adecuado índice de viscosidad. Aunque la viscosidad a la temperatura normal de trabajo es importante, el lubricante también debe ser capaz de realizar ese trabajo en un rango de temperaturas que oscilen entre la temperatura fría inicial y la más caliente de operación.

Decididos los valores de viscosidad e índice en viscosidad, se determina el grado de viscosidad del lubricante. Esto implica llevar a una temperatura estándar de referencia la viscosidad que se tiene a la temperatura de operación y esto se hace empleando los gráficos o tablas disponibles, en donde se selecciona el grado SAE o ISO.

APLICACIÓN	VALOR VISCOSIDAD
• Aceite para motor	10 – 50
• Aceite para turbina	10 – 50
• Aceite para compresores	10 – 50
• Aceites para sistemas hidráulicos	20 – 100
• Aceites cojinetes de bolas	10 – 300
• Aceites para cojinetes de rodillos	20 – 1500
• Aceite para engranaje reductor	15 – 1500

Figura 37. Rangos de viscosidad (cSt)
Fuente Shell de Colombia

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 58 A
En la anterior figura, se muestran los rangos de viscosidad (cSt) a la temperatura de operación para algunos equipos y sistemas típicos. Los aceites lubricantes se deterioran durante su operación por razones múltiples, se ven afectados por la temperatura y otros factores. Es por esa razón que se emplean aditivos, para combatir el deterioro y extender la vida útil de los aceites. Solamente se adicionan aditivos a los combustibles si esto mejora el desempeño y la economía por uso. Finalmente, los aceites deben juzgarse en términos de costos totales de operación y mantenimiento de los equipos por largos periodos de tiempo. k. Análisis de los aceites Una de las herramientas más valiosas e importantes con que se cuenta para determinar el estado de los mecanismos y partes internas de una máquina o sistema, son los análisis periódicos. Estos análisis se pueden hacer en forma simple, es decir, a los parámetros determinantes, con los maletines o kit de pruebas portátiles o en forma más completa y compleja, con los análisis de laboratorio especializados de los fabricantes de aceites o en laboratorios particulares e independientes. Los análisis permiten corroborar la calidad del aceite entregado como nuevo, si las propiedades corresponden a las recomendadas por el fabricante del mecanismo o equipo, determinar la protección que este le hace a las diferentes partes; al igual que confirmar la frecuencia de cambio o si es necesario, modificarla. Estos análisis consisten en una serie de pruebas practicadas a las muestras de aceites. Los aceites no empleados a pérdida, sino en sistemas cerrados o de circulación, se oxidan o se contaminan durante la operación; y los aditivos que éstos poseen, se pueden agotar o perder sus propiedades o características. Sólo los análisis de laboratorio, permiten determinar si los aceites pueden o no continuar en servicio.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 59 A

De esta manera, se evalúan los tipos de contaminantes presentes en la muestra del aceite usado, como polvo, partículas abrasivas (sílice), partículas metálicas provenientes del desgaste de diferentes mecanismos lubricados (hierro, zinc, plomo, cobre, plata, etc.), productos de oxidación y las características físico-químicas más importantes del aceite, como la viscosidad, gravedad específica, el número de neutralización, el TBN, porcentaje de agua, etc.

I. Toma de muestras

Las muestras de aceite para ser analizadas en el laboratorio especializado o portátil, deben ser tomadas una vez se ha detenido o parado la máquina, con el fin de que todas las impurezas (solubles e insolubles) se encuentren en suspensión en el aceite y que los resultados obtenidos sean representativos.

No se deben tomar muestras de los filtros, ni del fondo del depósito o cárter, ya que en estas partes se encuentra la mayor concentración de impurezas

El envase empleado para guardar la muestra de aceite, debe estar completamente limpio y con tapa hermética. De igual forma, se deben llenar los datos pedidos por los fabricantes en los formatos por ellos suministrados para tal fin. Entre ellos están:

- Nombre de la Unidad o dependencia
- Nombre y marca del aceite
- Fecha del último cambio
- Fecha actual de la muestra
- Temperatura de operación
- Equipo en que se emplea
- Volumen en galones o litros que emplea el equipo
- Indicar mantenimientos efectuados al equipo desde el último intervalo de muestreo (partes nuevas)

Con la anterior información, se puede determinar con más precisión el comportamiento del aceite y permite sacar conclusiones y recomendar correctivos del caso.

En casos de empleo del aceite en condiciones críticas, se deben relacionar datos adicionales, como la presencia de olores anormales, espuma, variación del color, emulsionamiento, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 60 A

I) Métodos de muestreo.

Las muestras de aceite se toman cuando el equipo ha alcanzado la temperatura de operación o cuando el equipo se haya apagado recientemente. Sólo se debe emplear uno de los métodos a continuación referidos

Existen dos métodos para obtener muestras de aceite: drenar y succionar la muestra

a) Drenar la muestra

Es la forma más sencilla, limpia y rápida para tomar una muestra:

- (1) Drenaje mediante unión o punto de derivación, como se observa en la Figura 38 (a)
 - (a) Abrir la válvula y drenar una pequeña cantidad de aceite.
 - (b) Ubicar el recipiente de toma de muestra en el flujo de aceite.
 - (c) Una vez lleno el depósito, se debe cerrar bien para evitar derrames o contaminación.
 - (d) Identificar la muestra.

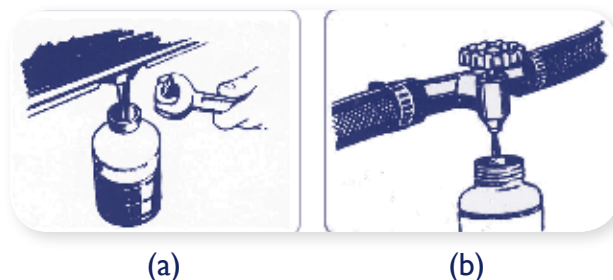


Figura 38. Métodos de muestreo: Drenaje muestra
Fuente: Shell de Colombia

- (2) Obtención de muestra a través de tapón de drenaje, como se observa en la Figura 38 (b)

Los tapones de drenaje del cárter o sumidero se emplean si no hay otra alternativa. Teniendo en cuenta que todos los residuos y contaminantes se van al fondo, la muestra de aceite puede dar lecturas de contaminantes.

- (a) Limpiar el área alrededor del tapón.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- (b) Retirar el tapón y colocar el recipiente recolector en el flujo de aceite, para drenar una pequeña cantidad de aceite.
- (c) Tapar bien el recipiente e identificar la muestra.

b) Succión de la muestra

Se emplea este método si no existe punto de derivación o conexión para el drenaje de las muestras. Para tal fin, se emplea una bomba de vacío con su respectiva manguera o tubo, como se observa en la siguiente figura

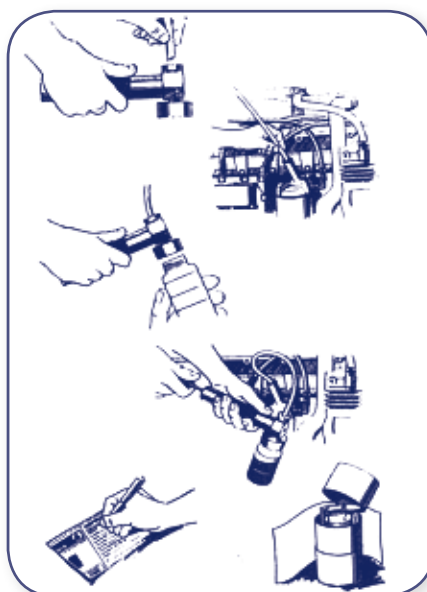


Figura 39. Método de muestreo: Succión de muestra
Fuente: Shell de Colombia

Para la succión de la muestra, se deben seguir los siguientes pasos:

- (1) Introducir 5 centímetros de manguera en la bomba de vacío
- (2) Presionar el pistón o émbolo de la bomba hacia adelante e introducir la manguera en el equipo.
- (3) Halar el pistón hacia atrás en forma suave y continua.
- (4) Retirar suficiente aceite para llenar el recipiente.
- (5) Mantener el conjunto recipiente – bomba en posición vertical, para que la bomba no se contamine con aceite.
- (6) Retirar y desechar la manguera.
- (7) Tapar el recipiente e identificar la muestra.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 62 A

c) Puntos de muestreo

Es básico escoger un punto de extracción que facilite la obtención de las muestras. A continuación se ilustra, como guía, puntos de extracción para diferentes equipos o sistemas:

(I) Motores

- (a) Tomar las muestras de un punto antes del filtro de aceite o de afuera de la línea principal de suministro de aceite al motor, como se observa en la figura 40 (a)
- (b) Tomar la muestra siempre en el mismo punto.
- (c) Emplear recipientes limpios para la toma de la muestra.

Se debe evitar la toma de muestras en puntos con poco flujo de aceite o baja presión en el sistema, tales como: cárter, líneas auxiliares, líneas de succión o descarga del purificador, etc. Tampoco se deben tomar muestras con el motor frío y apagado.

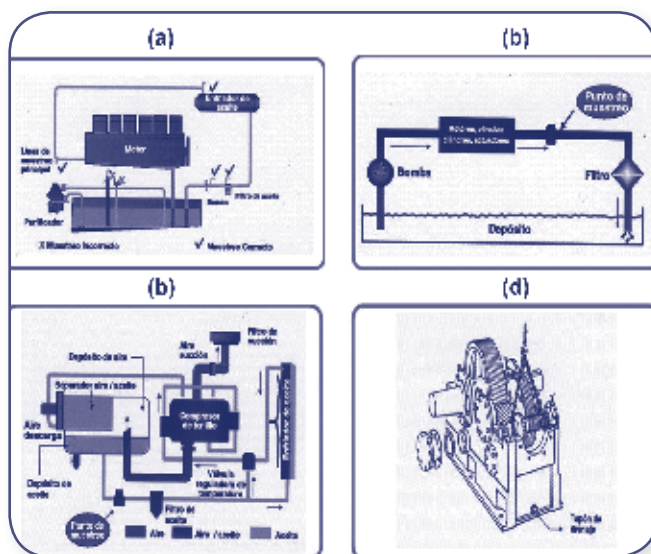


Figura 40. Puntos de muestreo

Fuente: Shell de Colombia

d) Compresores de aire. Ver Figura 40 (c)

- (1) Tomar la muestra en la línea antes del filtro.
- (2) Estos equipos requier

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- (3) Los compresores húmedos (tipo tornillo) requieren muestreo de aceite con más frecuencia que los reciprocantes o centrífugos.
- e) Engranajes reductores. Ver Figura 40 (d).
 - (1) Muestra de aceite en un punto antes que ingrese a la caja de engranajes.
 - (2) En sistemas de circulación, entre el enfriador de aceite y la caja reductora.
 - (3) En sistemas lubricados por salpique, en un punto medio del depósito
- f) Sistemas hidráulicos. Ver Figura 40 (b).
 - (1) Tomar la muestra en la línea de retorno antes del filtro.
 - (2) El punto de muestreo debe estar ubicado después de que el aceite haya pasado el último elemento de trabajo: motor, válvula, actuador, etc.

m. Pruebas de laboratorio

Además de saber realizar las pruebas e interpretar los resultados obtenidos, se debe saber exactamente cuáles son las pruebas que se deben efectuar y a qué equipo. Algunas de las pruebas más comunes que se efectúan a los diferentes aceites y la información que se puede obtener, a continuación se detallan.



Figura 41. Pruebas de aceite realizadas en laboratorios
Fuente: <http://motores-blog.blogspot.com/2013/09/indice-pq-del-aceite-analisis-periodico.html>

- 1) Apariencia
Este factor puede aportar información sobre la condición del aceite. El oscurecimiento, espesamiento y la presencia de hollín y lodo, implican oxidación y recalentamiento. El agua también puede afectar la apariencia. Residuos o presencia de partículas metálicas o material blando, son síntomas de desgaste.
- 2) Viscosidad
El aumento de viscosidad puede ser causado por oxidación, contaminación sólida u otros factores. Por el contrario, la pérdida de viscosidad o adelgazamiento puede significar presencia o dilución de combustible.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 64 A

- 3) **Punto de chispa o de inflamación**
La presencia de combustible en el aceite, producirá una disminución del punto de inflamación. Lo mismo sucederá si se contamina con otro aceite de menor viscosidad o se ha “craqueado” a altas temperaturas. Si el punto de inflamación aumenta, es porque se ha contaminado con un aceite de mayor viscosidad.
- 4) **Prueba de contaminación por agua**
La prueba para agua incluye el calentamiento por encima de 100°C. Si hay agua presente, hierve y causa que el agua crepite o salpique.
- 5) **Prueba de mancha de aceite o de la gota**
Una gota de aceite es colocada sobre una hoja de papel especial y se deja que se disperse. Un aceite nuevo da una mancha transparente, uniforme y de color amarillo pálido. Un aceite contaminado presentará una mancha con gránulos, puntos negros o café, o anillos.
- 6) **Acidez y basicidad**
La acidez de un lubricante puede ser expresada en términos de su número ácido, es decir, la cantidad de álcali necesario para neutralizarlo.

La basicidad puede ser expresada en términos de su número base, o sea, la cantidad de ácido necesaria para neutralizarlo.

La oxidación de un aceite genera productos ácidos y la evaluación del número total ácido (TAN) da por tanto, una indicación de deterioro del aceite en servicio. En la siguiente tabla, se muestran los principales parámetros que se tienen en cuenta en el análisis de laboratorio.

Muestra aceite motor	Muestra aceite engranaje reductor
• Viscosidad a 100°C	• Viscosidad a 40°C
• Contenido de combustible	• Contenido de agua
• Contenido de agua	• TAN
• TBN y TAN	• Metales: Fe, Cu, Si y Sn
• Metales: Fe, Cu, Pb, Cr, Al, Si y Sn	• Infrarrojo: oxidación
• Infrarrojo: oxidación, hollín, nitración y sulfatación	

Figura 42. Análisis de laboratorio

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En motores diesel, la combustión del combustible libera componentes ácidos de azufre, los cuales pueden causar corrosión y oxidación del aceite. Los aditivos detergentes suministran una reserva alcalina para neutralizar tales ácidos, y la evaluación del número base total (TBN) da una importante información del grado de agotamiento de tales aditivos.

En la figura, se ven las variaciones y causas que se detectan en los parámetros de evaluación de los aceites.

Características o parámetros	Variaciones	
• Color	Cambio de color: • Acción eficaz del dispersante • Oxidación • Contaminación	
• Densidad	Poco significativa	
• Viscosidad cinemática (100°C)	Disminución	Aumento
	• Dilución combustible • Degradación aditivos mejoradores del IV • Emulsión con agua.	• Oxidación del aceite • Contaminantes
• Puntos de inflamación	Disminución	Aumento
	• Dilución combustible	• Vaporización de fracciones ligeras por altas temperaturas
• Acidez (número de neutralización)	• Oxidación del aceite • Contaminación de productos de degradación	
• Cenizas	• Productos de desgaste del equipo • Polvo de la atmósfera • Plomo tetraetilo del combustible	
• Residuos de carbón	• Productos de desgaste del equipo • Sales de combustión del plomo tetraetilo • Impurezas atmosféricas	
• Contenido de agua	• Fugas en sistema de refrigeración • Condensación vapor de agua de la combustión • Humedad del medio ambiente	
• Dilución por combustible	• Desajustes en calibración • Rotura empaques, anillos o sellos • Contaminación por mal manejo de aceites	

Figura 43. Parámetros de evaluación y sus variaciones
Fuente: Shell de Colombia, ExxonMobil y ChevronTexaco

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 66 A
7) Análisis espectrográfico. El análisis espectrográfico del aceite (SOA), es una técnica compleja que permite que los elementos presentes en las muestras del aceite sean identificadas y determinadas las respectivas concentraciones. Puede ser empleada para indicar las causas de la contaminación y el desgaste. Por ejemplo, residuos de plomo, estaño o cobre son síntomas de desgaste en cojinetes y presencia de silicio, es reflejo de que polvo, barro o lodo están contaminando el aceite. El principio del análisis espectrográfico está basado en que cuando un compuesto químico se calienta a una temperatura alta, emite una luz. Las ondas de esta luz dependen de la naturaleza de los átomos en el compuesto químico. Cada elemento emite un espectro característico con una determinada longitud de onda y la intensidad de la emisión es proporcional a la cantidad del elemento presente. 8) Análisis infrarrojo o espectroscopio infrarrojo Muchos productos de la oxidación contienen un grupo químico llamado grupo carbonil, el cual absorbe la luz infrarroja de una longitud de onda característica. Esta propiedad se usa para revisar la oxidación. n. Interpretación de los análisis de laboratorio Los análisis de laboratorio son una importante herramienta dentro de las actividades del mantenimiento, si se saben interpretar, analizar y obtener la información necesaria para saber si el aceite se puede o no seguir empleando, o tener claro qué está pasando al interior de la máquina. Los servicios de análisis de aceites comprenden la ejecución de pruebas de laboratorio, el almacenamiento, procesamiento y análisis de resultados de las pruebas. Estos elementos se combinan para suministrar a los usuarios una información precisa y oportuna, que le sirva de soporte a las programas de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos de los distintos departamentos o dependencias, teniendo como base el análisis periódico y progresivo de los aceites que se están empleando y que corresponden a equipo críticos u operacionales.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 67 A
	1) Beneficios de los análisis de aceites Entre los distintos beneficios o bondades de los análisis se tiene: a) Determina el estado del aceite. b) Diagnostica el estado del mecanismo o máquina. c) Bases para programas de mantenimiento. d) Soporte para reclamos por garantía. e) Reducción de costos de mantenimiento. f) Incremento en productividad o disponibilidad de equipos. g) Monitoria la eficiencia operativa. h) Fuente de información permanente y detallada. i) Reducción del número de paradas no programadas. j) Incremento de la vida útil del equipo. k) Reducción de costos por inventario de repuestos. 2) Implementación de los análisis El análisis de aceites es efectivo como mecanismo de diagnóstico, cuando las muestras de aceites se extraen y analizan a intervalos programados. El análisis de tendencia que se hace para cada equipo o máquina, con base en los resultados históricos de las pruebas de laboratorio, permite la detección a tiempo de fallas incipientes o desempeños anormales antes que se conviertan en daños o averías costosas e irreparables. Los Jefes de Departamentos y los representantes de las firmas proveedoras de los aceites y grasas, deben seleccionar los equipos críticos u operacionales que deben estar incluidos en el programa de análisis periódico programado de muestreo o seguimiento de aceite. El intervalo de toma de muestras para análisis depende del tipo de mecanismo, máquina o equipo, condiciones de operación, ambiente y otros parámetros. Algunas de las condiciones críticas que se detectan en los análisis de laboratorio incluyen: a) Contaminación del aceite con combustible, agua, otros aceites, etc. b) Desgaste en mecanismos o partes de motores, engranajes, compresores, sistemas hidráulicos, bombas, etc. c) Tipo o grado incorrecto del aceite empleado. d) Fallas en los sistemas de filtrado, generando contaminación con polvo u otros contaminantes del medio ambiente o entorno. e) Periodos de cambio demasiado prologados, fuera de frecuencia establecida
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

o. Nivel de aceite y frecuencia de cambio

Entre los aspectos que más influyen en la vida útil de los mecanismos, es decir, acortándola drásticamente, están el nivel de aceite y la frecuencia de cambio.

En ocasiones los responsables en los turnos de guardia, descuidan la verificación de los niveles de aceite de los equipos en operación, presentándose daños o averías.

Lo mismo sucede con las frecuencias de cambio de los aceites, en algunos casos se amplía deliberadamente por descuido u olvido, para reducir costos por consumo, para estandarizar la frecuencia de cambio de varios equipos o por descuido en el pedido oportuno de los aceites para cambio.

1) Nivel de Aceite

En la mayoría de los equipos, la cantidad necesaria para trabajar un equipo o sistema está regulada o mostrada por un dispositivo circular en vidrio, por un tubo vertical de vidrio o acrílico protegido por una malla metálica, o por una sonda con varilla verificadora.

En el caso de medidores verticales, éstos se deben verificar constantemente, es decir, que estén libres de cualquier obstáculo, ya que en muchas ocasiones pueden generar niveles errados como consecuencia de un taponamiento.

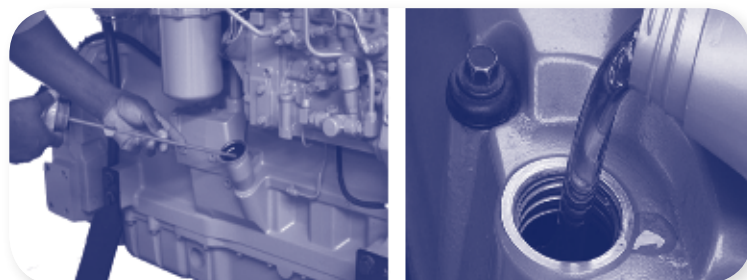


Figura 44. Relleno y medición del nivel de aceite en un motor
Fuente http://manuals.deere.com/omview/OMRG24829_63/RG_RG34710_4048_63_08OCT02_1.htm

Fuente: <http://automobileneeds.wordpress.com/2013/03/25/nivel-de-aceite-en-el-motor/>

Si el nivel de aceite está por encima de lo normal, producirá fricción fluida con incremento de temperatura de operación, oxidación del aceite y mayor consumo de energía o potencia.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 69 A
	Si el nivel de aceite está por debajo del nivel normal, se presentará contacto metal- metal entre las superficies y por consiguiente, desgaste adhesivo. 2) Frecuencias de cambio Las frecuencias de cambio del aceite, en la mayoría de las casos, las especifican los fabricantes de los mecanismos, equipos o sistemas; sin embargo, estas se deben modificar o cambiar, ya que las condiciones de operación, calidad y clase de aceite empleado, son diferentes a los tenidos en cuenta por fabricantes durante su determinación. Los parámetros que más llevan a cambiar los periodos o frecuencias de cambio son la temperatura de operación y los sistemas de cambio o aplicación de los aceites. La temperatura de operación es el factor más significativo en el cambio de la frecuencia, ya que es el que más acelera el proceso de oxidación del aceite. Se debe tener en cuenta y claro por parte de todos los operarios, que por cada 10°C de incremento en la temperatura de operación del aceite por encima de 50°C, la rata de oxidación se duplica y la frecuencia de cambio del aceite se reduce a la mitad. El seguimiento de los valores de temperatura y los incrementos durante la operación, deben ser constantemente verificados por los operarios y el Oficial de guardia en los respectivos formatos o registro de operación. 3) Análisis de desgaste El desgaste es multifacético y se considera como la pérdida de material que sufre un elemento, haciendo variar su forma geométrica y ocasionando errática y antifuncional su funcionamiento. Existen varios motivos para que se presente desgaste, ya sea adhesivo, corrosivo, abrasivo, erosivo, por cavitación o por corrientes eléctricas, y son consecuencia del acercamiento entre las superficies que se mueven una con respecto a la otra y que trabajan bajo condiciones de película fluida, o por la presencia de partículas sólidas en concentración por encima de la máxima permisible. Entre los métodos más empleados por los laboratorios especializados para determinar y evaluar el desgaste, están: a) Espectrofotometría de emisión atómica
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 70 A

- b) Conteo de partículas.
c) Ferrografía.

Metal	Fuente
Calcio	Aditivos del lubricante
Magnesio	
Sodio	
Zinc	
Fósforo	
Bario	
Boro	
Plomo	Desgaste del motor
Hierro	
Aluminio	
Níquel	
Sodio	Fugas de refrigerante, suciedades, arena y aditivos de lubricante
Silicio	
Cobre	Desgaste de cojinetes y aditivos del lubricante
Cromo	Desgaste de anillo, fugas de refrigerante

Figura 45. Presencia de metales en los aceites
Fuente: Shell de Colombia

Elemento	Fuente
Hierro	Cilindros, anillos de pistón, piezas de válvulas, herrumbre
Cromo	Anillos de pistón, refrigerante
Aluminio	Pistones
Plomo	Cojinetes
Cobre	Cojinetes, bujes, aditivos
Plata	Bujes del pasador del pistón (motores diesel ferroviarios)
Estaño	Cojinetes

Figura 46. Metales de desgaste en los aceites
Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

El análisis elemental por espectroscopia de emisión atómica, determina la cantidad de metales de desgaste de tamaño hasta de 10 micras. Estas partículas representan desgaste por rozamiento o desgaste corrosivo. Lecturas anormales o muy altas, pueden hacer necesaria prueba de ferrografía.

En las siguientes tres figuras se observa el fibroscopio, herramienta esencial para el mantenimiento predictivo y que permite detectar el desgaste o cualquier anomalía en el interior de los diferentes equipos.



Figura 47. Fibroscopio
Fuente: Shell de Colombia

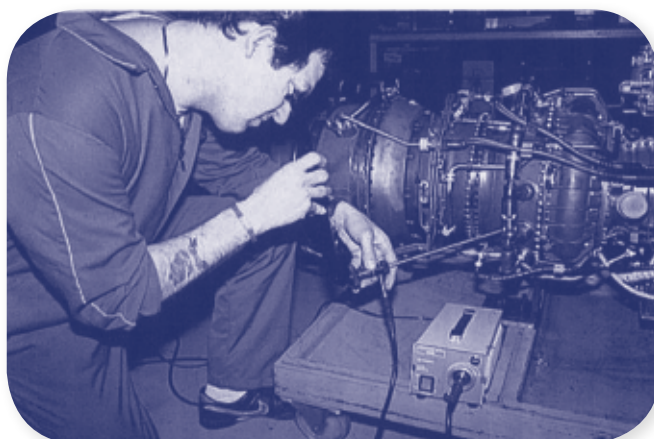


Figura 48. Resultados de inspección con Fibroscopio
Fuente: Shell de Colombia

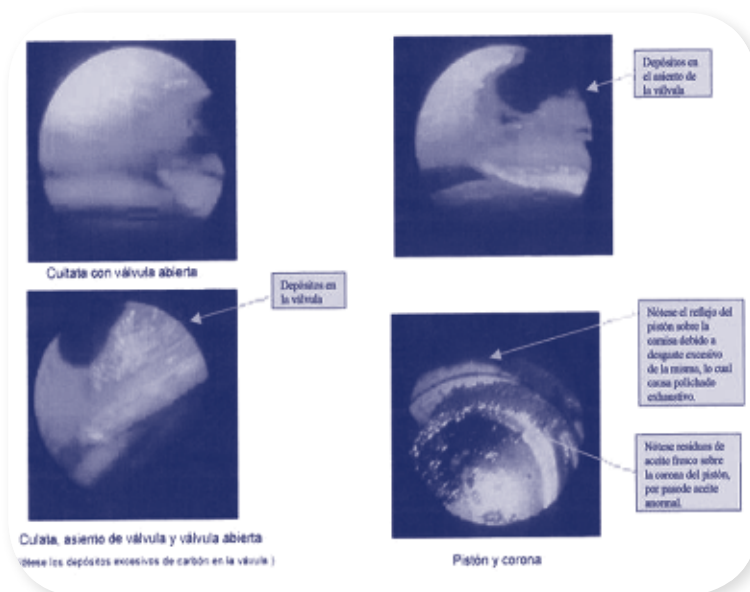


Figura 49. Resultados de inspección con Fibroscopio
Fuente: Shell de Colombia

4) Ciclo del análisis de aceites

Normalmente, el ciclo del análisis de aceites se compone de seis pasos básicos, los cuales están representados en la siguiente gráfica.

¿Cómo funciona el servicio de análisis de aceite?

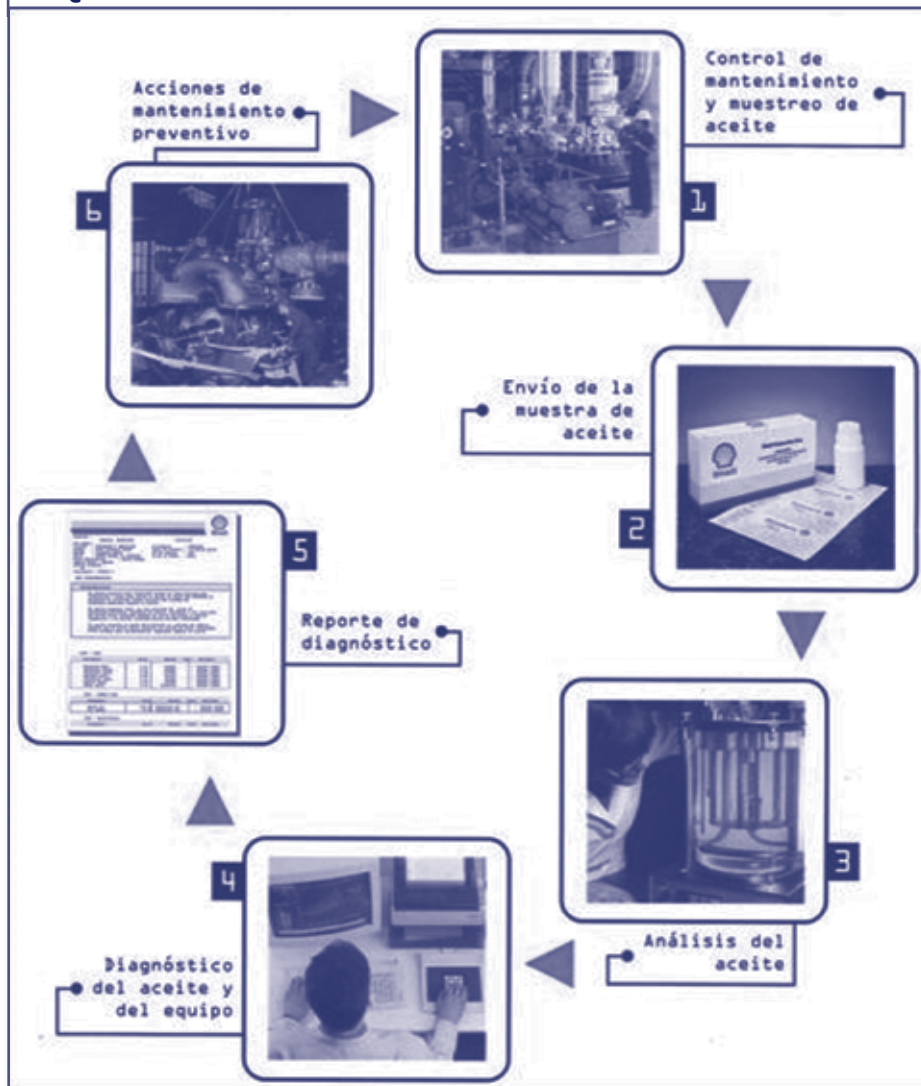


Figura 50. Servicio análisis de aceite
Fuente: Shell de Colombia

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 74 A

5) Kit o set de muestreo de aceites

La siguiente figura muestra el contenido de este set.



Figura 51. Kit de muestreo

Fuente: Shell de Colombia

6) Equipo o maletín portátil de pruebas de aceites

Normalmente son suministrados por los fabricantes de los equipos y en algunos casos, además de las pruebas para los aceites, incluyen pruebas para agua y combustible.



Figura 52. Maletín portátil de pruebas de aceites

Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

p. Programas de lubricación y engrase

Los programas de lubricación y engrase se deben enmarcar dentro de los parámetros de la Tribología, ya que de esta forma, se sigue una secuencia lógica y se abarcan factores determinantes.

Estos programas deben contener diferentes tipos de lubricación, los cuales son producto de un análisis detallado de las condiciones de operación de los equipos, capacitación y entrenamiento del personal responsable de los mantenimientos, lubricación, operación de las mismas y finalmente, de la disponibilidad o suministro oportuno de los diferentes aceites, grasas y demás elementos directamente relacionados.

Puede decirse que entre estos factores están la lubricación correctiva, preventiva, predictiva y proactiva; así mismo, el impacto sobre la salud ocupacional, la seguridad industrial y el medio ambiente.

La capacitación y entrenamiento del personal involucrado en la operación y mantenimiento de los equipos y sistemas, es determinante para garantizar la vida útil de los mecanismos y de los mismos aceites o grasas.

Cuando este personal desconoce sus funciones, no recibe entrenamiento, capacitación y actualización, desconoce los programas de lubricación y características de los aceites, o desarrolla una lubricación deficiente y en algunos casos inoportuna o fuera de tiempo, se presentan consecuencias graves, que afectan la disponibilidad de los equipos y por consiguiente, la disponibilidad y operatividad de determinada Unidad.

Es por ello que la capacitación, entrenamiento, actualización y cursos de refresco en lubricación y engrase, deben ser una prioridad de los Jefes de Departamentos o dependencias y como tal, deben hacer las respectivas gestiones con los representantes de las firmas proveedoras de combustibles, aceites y grasas.

Sólo de esta forma, se estaría participando eficientemente en el cumplimiento de la misión asignada a la Unidad.

Para desarrollar los programas de lubricación, se deben implementar los diferentes aspectos dentro de ellos involucrados. Los más importantes se relacionan y detallan a continuación:

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 76 A
I) <u>Personal responsable de la lubricación.</u> Dentro del personal que participa en la ejecución de los distintos planes de mantenimiento, se debe seleccionar y capacitar en forma permanente a los que deben realizar los análisis de los aceites a bordo. Normalmente pertenecen a la División de Propulsión. Este personal, a cargo del Jefe de Máquinas y bajo la supervisión del Jefe de División y del Jefe del Departamento de Ingeniería, es el encargado de ejecutar los programas de lubricación y engrase, y sus conocimientos y conceptos relacionados con la lubricación y el engrase deben ser claros y precisos. Esto debe ser producto de la capacitación recibida por parte de los proveedores, y de los cursos de refresco programados por los Centros de Formación, por las diferentes Escuelas de Superficie u otras dependencias. Lo mismo sucede con el personal de los Departamentos de Operaciones y Armamento y Cubierta de las distintas Unidades. Los Señores Jefes de los Departamentos de Ingeniería y Logística de las diferentes Fuerzas Navales y/o Bases Navales, deben gestionar con los proveedores de grasas, lubricantes y combustibles, los cursos necesarios para capacitar a este personal o actualizarlo con nuevos procedimientos o normas. Todo el personal debe estar capacitado para monitorear los diferentes parámetros de operación de los equipos y sistemas, y entre ellos, los correspondientes a la lubricación. Es claro que este monitoreo durante la operación, debe hacer referencia a los parámetros normales de funcionamiento. Sólo de esta forma, se puede determinar y valorar la operación normal de la máquina o tomar una acción preventiva para evitar daños graves. Los cambios de aceites programados y no programados, al igual que los rellenos adicionales, deben ser del conocimiento del Jefe de Máquinas, de los Jefes de División y Departamentos respectivos. Esta comunicación permanente, permite y facilita tener un conocimiento constante y seguro del estado real de los diferentes equipos. El programa de Tribología, debe estar a cargo del Jefe de División de Propulsión o del Oficial responsable del mantenimiento en general a bordo de una Unidad a flote.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 77 A
	2) <u>Cartas o estudios de lubricación.</u> Son la información básica referida a la lubricación y engrase de los diferentes equipos y sistemas. Estos estudios o cartas de lubricación se basan en los datos, especificaciones y recomendaciones que hacen los fabricantes de los mecanismos o máquinas. Normalmente, se elaboran en conjunto con los proveedores de aceites y grasas. Estas cartas deben contener, al menos, la siguiente información: - Nombre de la Unidad. - Nombre del equipo o sistema. - Nombre y grado del aceite empleado. - Tipo de aceite (lubricante, hidráulico, sintético, etc.). - Cantidad de aceite requerida (galones y/o litros). - Sistema de lubricación empleado. - Frecuencia de cambio (horas operación o kilometraje). - Equivalente en otras firmas conocidas y disponibles en el área de operaciones o centro de suministro más cercano. Es claro, que los distintos aceites, grasas y combustibles empleados en los distintos equipos, deben ser los recomendados por los fabricantes de éstos y avalados por la Jefatura de Materia. 3) Componentes y elementos necesarios. - Válvulas de drenaje. Son válvulas de bronce de 1/2" y se emplean para toma de muestras. Todos los equipos y sistemas las deben tener instaladas. - Sistemas de ventilación. Los lugares o compartimentos diferentes a los tanques de almacenamiento, deben tener suficiente ventilación y extracción. - Bombas eléctricas, neumáticas o manuales. Empleadas para vaciado o trasiego del aceite que se recibe en canecas de 55 galones. - Aceiteras y pistolas engrasadoras. Deben permanecer limpias e identificadas para los diferentes tipos de aceites y grasas. - Tarjetas No. 04 del sistema SIM - Lubricación y No. 02 - Mantenimiento correspondientes. - Herramientas necesarias para llevar a cabo las distintas actividades de desmontaje, desarme, arme y montaje de los elementos o accesorios que componen los programas de lubricación y engrase de los equipos y sistemas de las Unidades de la Armada Nacional. En la figura 98, se detallan los juegos de herramientas de base y universales con que están dotadas las Unidades a flote.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 78 A

El empleo de la herramienta correcta, forma parte de un adecuado y riguroso programa de lubricación.

- g) Tanques de almacenamiento. Deben estar identificados en las tapas de acceso o inspección y en los tableros de control de carga líquida de a bordo.
- h) Registros y control diario
- i) Sondas y libro de sondajes.
- j) Marcas y proveedores de aceites, grasas y demás fluidos. Se debe tratar de estandarizar o reducir las marcas de aceites empleados, esto facilita las actividades de adquisición, almacenamiento y sobre todo, reduce los riesgos de equivocaciones en el empleo y los de contaminación o mezclas no deseadas.
- k) Los aceites y grasas deben cumplir las propiedades físico-químicas establecidas por los fabricantes de máquinas y por las normas de la ASTM.

Los análisis de aceites en laboratorios deben ser sin costo alguno para los usuarios. Debe existir disponibilidad de personal para la capacitación de las tripulaciones y de productos requeridos para cambios o rellenos.

Existen otros elementos o accesorios de menor importancia, pero que también forman parte de los componentes requeridos para las diferentes actividades de lubricación y engrase en mantenimiento.

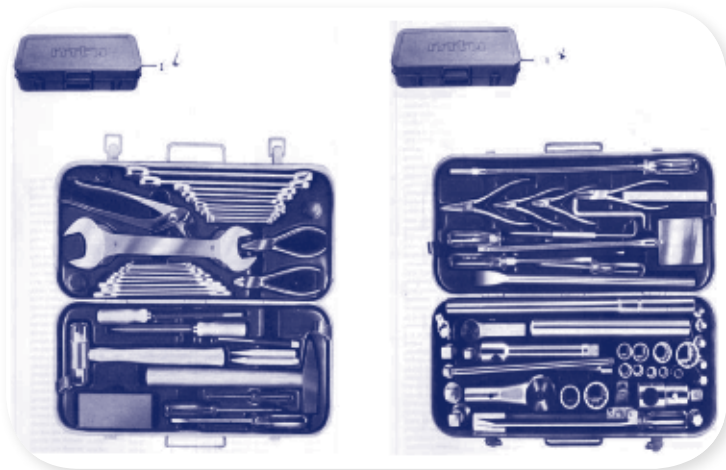


Figura 53. Juegos o cajas de herramientas

Fuente: Shell de Colombia

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

q. Lubricación correctiva

La lubricación correctiva es fundamental para asegurar el proceso correcto de lubricación y la operación confiable de los mecanismos.

Suministra información real sobre la lubricación de los mismos, lográndose con ello, la facilidad en la toma de acciones oportunas y decisiones que ameriten modificación de frecuencias y cambios de grados de aceites.

El personal de la lubricación predictiva es el mismo que participa en la lubricación correctiva.

r. Lubricación predictiva

Es la que emplea datos extrapolados o tendencias, para determinar la vida útil de un aceite sin problemas. Con este tipo de lubricación se pueden prevenir fallas catastróficas, se incrementa el tiempo medio entre fallas (MTBF), se reducen los inventarios excesivos de aceites y grasas en depósitos o tanques, es decir, se puede implementar el justo a tiempo (JIT), y se mejora la administración de recursos en mantenimiento y la calidad en los mantenimientos de lubricación.

Todo lo anterior y la correcta interpretación de los resultados de los análisis de los aceites, pueden llevar a extender la vida útil de los aceites, modificar las frecuencias de cambios y a ejecutar lubricación proactiva.

El programa de lubricación predictiva abarca:

- 1) Chequeo de la condición de lubricación de los equipos incluidos.
- 2) Reengrase de rodamientos y puntos de engrase con valores fuera de tolerancia.
- 3) Cambio del aceite o grasas que hayan presentado condición anormal en análisis preliminar de a bordo.
- 4) Cambio del aceite de equipos o sistemas grandes que hayan presentado condición anormal; pero se deben enviar muestras a los proveedores para análisis de laboratorio y de esa forma, determinar acciones a seguir de acuerdo con resultado y recomendaciones.

Los equipos o sistemas que deben incluirse en los programas de lubricación predictiva son:

- 1) Equipos críticos dentro de la operatividad de la Unidad
- 2) Equipos esenciales y que cuentan con equipo alterno
- 3) Equipo y sistemas con grandes volúmenes de aceite en sus depósitos o cárteres (más de 50 galones)

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 80 A
4) Equipos que operan a altas revoluciones y a la intemperie 5) Equipos o sistemas con dificultad en la aplicación de la lubricación y/o engrase 6) Equipos con gran impacto en la seguridad, higiene y medio ambiente 7) Equipos o sistemas con dificultad en la adquisición de repuestos (no disponibles en corto plazo) 8) Equipos o sistemas que emplean aceites y/o grasas de difícil adquisición. Entre las herramientas o equipos necesarios para llevar a cabo la lubricación predictiva están: 1) Maletín de pruebas o analizador portátil de aceites 2) Analizador del estado de lubricación o engrase de rodamientos. 3) Equipo portátil de filtración 4) Contador de partículas 5) Analizador de aceites por constante dieléctrica 6) Dializador de aceites. Entre los principales beneficios que se obtienen al realizar lubricación predictiva, están: 1) Conocimiento del estado real de los equipos. 2) Reducción en consumos. 3) Incremento de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos. 4) Reducción en costos de mantenimiento y lubricación. 5) Se lubrican los mecanismos y equipos que realmente requieren ser lubricados. s. Lubricación preventiva Es la que se realiza en forma planificada y obedece a programación. Dentro de ella se incluyen las muestras e inspecciones periódicas a los equipos, aceites y grasas. Los elementos básicos del programa de lubricación preventiva son: 1) Aceites y grasas a inspeccionar. 2) Instantes o periodos en que se deben inspeccionar. 3) Verificación que se haga a las muestras o inspecciones. 4) Verificación, virado y drenaje de los filtros instalados en el equipo. Los beneficios de la lubricación preventiva son: 1) Prevenir fallas 2) Detectar a tiempo comienzo de fallas 3) Descubrir fallas ocultas.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

El personal que participa en este tipo de lubricación es el mismo que lo hace en los otros tipos de lubricación

Los equipos con que se cuenta para la lubricación preventiva son:

- 1) Indicadores análogos y digitales de presión y temperatura
- 2) Drenajes de filtros
- 3) Sondas de verificación y/o rellenos de aceite (varillas medidoras)
- 4) Equipo portátil

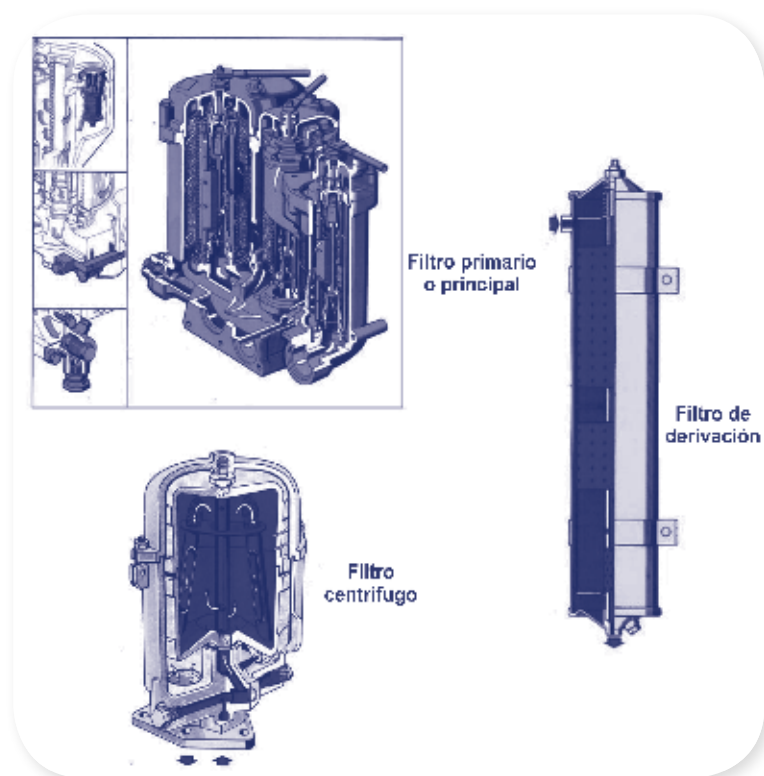


Figura 54. Filtros típicos instalados en un motor diesel
Fuente: MTU de Colombia

t. Lubricación proactiva

Es una lubricación planificada y visualizada por las inspecciones que se hagan a los mecanismos o equipos en sus sistemas y dispositivos de lubricación.

Se emplean las mismas personas y equipos de la lubricación preventiva.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

SECCIÓN B

TRIBOLOGÍA Y SISTEMA TRIBOLÓGICO EN MANTENIMIENTO

4.4. TRIBOLOGÍA Y SISTEMA TRIBOLÓGICO

Toda acción de los seres vivos o de la naturaleza, puede considerarse como un sistema tribológico. Este sistema puede ser positivo o negativo, según que evite o reduzca la fricción. Es necesario controlar la fricción para minimizar el desgaste y el consumo de energía, lográndose así, procesos más productivos o eficientes.

La fricción se minimiza pero no desaparece, ya que su ausencia impediría la ejecución de las diferentes actividades que a diario se presentan. El desarrollo tecnológico ha buscado reducir al máximo la fricción, con el fin de garantizar el ciclo de vida útil de los componentes en movimiento y por qué no, extender el calculado ciclo de vida útil de los equipos, sistemas y componentes.

Dentro de un sistema tribológico positivo, juegan un papel protagónico el fabricante del equipo y el usuario del mismo. El primero, porque debe construirlo de acuerdo con un óptimo diseño y con materiales que respalden y garanticen el ciclo de vida esperado y el usuario, porque debe implantar programas de operación y mantenimiento correctos a los equipos y sistemas, para obtener la máxima productividad u operatividad de los mismos. Los dos protagonistas, fabricante y usuario, deben enmarcar sus diferentes actividades dentro de estrictos sistemas de control de calidad y mejoramiento continuo.

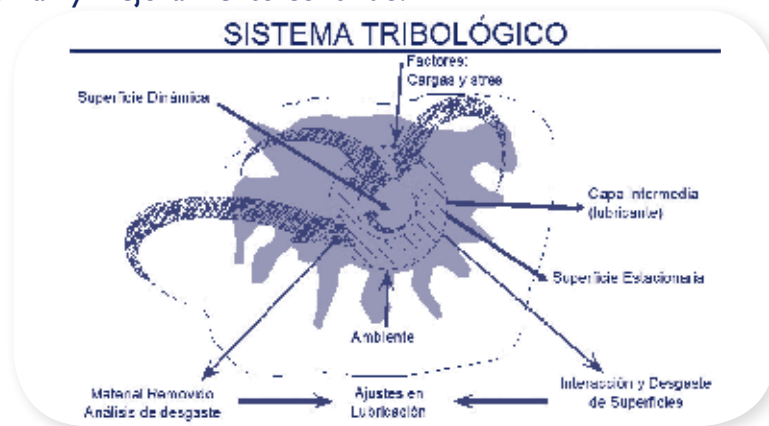


Figura 1. Sistema Tribológico
Fuente: Chevron-Texaco



b. Definición de la Tribología

Al comienzo del siglo XX, fue difícil para los investigadores analizar y tratar el fenómeno de la fricción en forma independiente de otros parámetros que guardan relación con ella, como la lubricación y el desgaste.

De las raíces griegas **Tribos** = fricción y **Logos** = tratado, formó el hombre la palabra **TRIBOLOGÍA** que significa estudio de la fricción. A pesar de su significado, la tribología ha extendido su campo de análisis y acción a todas los factores que inciden de manera alguna, en el ciclo de vida útil de los mecanismos, equipos y sistemas.

Se considera a los ingleses, pioneros en la aplicación de los conceptos de esta ciencia, con el fin de reducir el consumo de energía y desgaste de las máquinas.

Las pérdidas por efecto de la fricción, el desgaste y la inadecuada o incorrecta lubricación, crean la necesidad de utilizar la Tribología como recurso para evitarlas y para incrementar la productividad de los procesos y la vida útil de los equipos.



Figura 2. Tribología y lubricación
Fuente: <http://conradochavanel.com/page/5/>

c. Tribología vs Productividad y rentabilidad de los equipos

La necesidad cada vez mayor del hombre por ser más productivo y competitivo, hace que la Tribología adquiera más trascendencia, ya que de no aplicarse en los diferentes procesos, el hombre no sobreviviría.

Se considera una ciencia interdisciplinaria que conjuga las fases de diseño, fabricación y operación de máquinas, con la fricción, el desgaste, la naturaleza y composición de materiales, consumo de energía, medio ambiente y la lubricación.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE
	PÁGINA 4 B
	La tribología permite que la rentabilidad u operación del equipo aumente, ya que los gastos disminuyen como consecuencia del menor consumo de energía, mano de obra, mantenimiento, operación y repuestos. Con procesos tribológicos eficientes, se puede lograr que el tiempo posible de funcionamiento (longevidad) sin fallas durante ese período de servicio, sea igual a la duración total del equipo (vida a la fatiga). Esto se define como coeficiente de utilización y debe tender o aproximarse a la unidad. La Tribología debe llevar a que la longevidad del equipo se identifique con su envejecimiento moral, el cual empieza cuando sus índices dejan de satisfacer a la industria en fiabilidad, calidad del producto, productividad, consumo de energía, costos por mano de obra, operación, mantenimiento y/o reparación; es decir, su rentabilidad se ve afectada o reducida. La vida de las máquinas (vida a la fatiga), es el número de horas que pueden alcanzar los diferentes mecanismos, garantizando una operación y producción continua con bajos consumos de energía y bajos costos por mantenimiento. Este ciclo de vida o número de horas, lo calcula el fabricante y se hace con base en los parámetros que se tuvieron en cuenta durante el diseño: calidad de los materiales, cargas, velocidades, temperatura, medio ambiente, entorno de operación, procesos de lubricación, etc. d. Curva tribológica La Curva Tribológica de los componentes de un equipo, es similar a la curva de la bañera de Davis, la cual se aplica a las etapas en que pueden fallar dichos componentes. La Curva Tribológica, también es conocida como la curva de desgaste normal de los componentes a través del tiempo. Cada metal, tiene un curva característica y se especifica en partes por millón (ppm) presentes en el aceite empleado y que está a punto de cambio o reemplazo. En citada curva, se presentan tres etapas: 1) Improductiva o asentamiento del componente 2) Productiva o vida a la fatiga 3) Vida final o remanente (envejecimiento moral)
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____
	Reemplaza a: _____

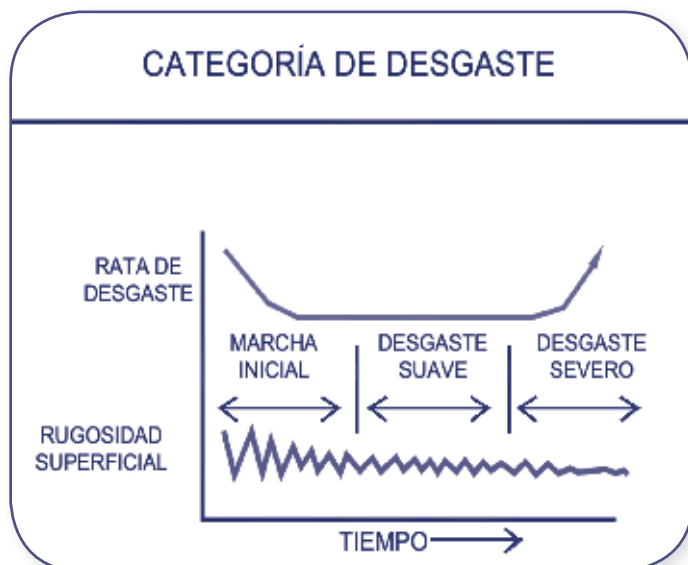


Figura 3. Curva tribológica
Fuente: ChevronTexaco

- I) Etapa improductiva o asentamiento del componente. El asentamiento o despegue de dos superficies que operarán moviéndose una con respecto a la otra en un componente de un equipo, es la etapa más importante y de ella depende que se logre alcanzar la vida a la fatiga o que se reduzca considerablemente (mortalidad infantil).

Esta etapa corresponde a las primeras horas de operación y en ella, se van reduciendo las rugosidades o crestas que quedan después del mecanizado de las superficies. En la curva tribológica se registra un considerable desgaste, que se toma como normal, e irá disminuyendo a medida que dichas rugosidades se vayan puliendo.

Las partículas metálicas desprendidas se deben evacuar del depósito de lubricación y filtro, de lo contrario se presentará desgaste corrosivo, el cual afecta considerablemente el respectivo ciclo de vida.

Normalmente, los fabricantes suministran el procedimiento y las precauciones que deben seguirse durante las primeras horas de operación de un equipo.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE
	PÁGINA 6 B
	2) <u>Etapa productiva o vida a la fatiga</u>. Esta etapa tiene presente un desgaste erosivo constante durante la operación de los mecanismos. Este desgaste determina la frecuencia de cambio de aceite y está definido por el tipo de aceite empleado, el índice de viscosidad y la calidad del sistema de filtrado. 3) <u>Etapa final o remanente</u>. Una vez se cumple la vida a la fatiga del mecanismo, la curva del desgaste se vuelve ascendente y exponencial, lo que refleja que debe pararse la máquina o equipo para cambiar el componente y evitar así, paradas forzadas, altos costos por reparaciones o graves consecuencias sobre el proceso productivo o sobre el equipo y sistemas conexos. La curva tribológica puede ser positiva o negativa. 1) Es positiva cuando la tendencia al desgaste es menor que el desgaste especificado por el fabricante y se da cuando se emplean aceites sintéticos o de mejor categoría que el recomendado por el fabricante; en esto influye el código ISO de limpieza. Esta curva es de alta productividad y aumenta la confiabilidad del equipo. 2) La curva tribológica es negativa cuando la tendencia al desgaste es mayor que el desgaste especificado por el fabricante y se presenta por altas vibraciones, mala lubricación, operación incorrecta, desbalanceo, mal asentamiento de rugosidades, etc. Al detectarse una tendencia de desgasta anormal, es necesario tomar de inmediato acciones correctivas tales como, análisis de aceites en laboratorios especializados del fabricante, cambio a un aceite de mejor calidad o sintético con más altos o mejores índices de viscosidad, implantación de programas preventivos y mejor sistema de filtrado de aceite, entre otros. e. Tribología productiva La Tribología facilita que los equipos y sistemas alcancen la vida a la fatiga y, en algunos casos, se pueda superar. Sin embargo, se deben tener en cuenta tres aspectos que actúan indirectamente sobre la operación de los equipos y que constituyen la tribología productiva. Estos aspectos interactúan por sí solos, cuando se les incluye en los procesos productivos y en las actividades que soportan ese normal proceso.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____
Reemplaza a: _____	

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 7 B
Estos tres factores son: • Conservación del Medio Ambiente y preservación de los recursos no renovables • Control de la fricción y reducción del desgaste • Ahorro en el consumo de energía 1) <u>Conservación del Medio Ambiente y preservación de los recursos renovables.</u> En las diferentes actividades del hombre se debe tener en cuenta como política permanente y de estricto cumplimiento, la conservación del Medio Ambiente y preservación de los recursos no renovables. Los derivados del petróleo, recurso no renovable, cuando se oxidan producen peróxidos y ácido sulfúrico. Entre los derivados del petróleo están los lubricantes y estas formaciones los hacen tóxicos y no biodegradables. A pesar de que los aceites sintéticos son derivados del petróleo, se deben tener como una opción, ya que sus contenidos o composición los hacen extendibles en el tiempo o frecuencia de cambio; lográndose con ello, una reducción del volumen de aceite que se descarta por cambio o contaminación y que, al no tratarse en la forma debida, incrementan la contaminación del Medio Ambiente. 2) <u>Control de la fricción y reducción del desgaste.</u> Con la aplicación de la tribología, se minimiza la presencia de los diferentes tipos de fricción y desde luego, se reduce el desgaste que pueda afectar los diferentes mecanismos. Al controlar la fricción y el desgaste, se garantiza el ciclo de vida útil de las máquinas y consecuentemente, el proceso productivo. 3) <u>Ahorro en el consumo de energía.</u> El empleo de lubricantes con coeficientes de fricción bajos, hace que se minimice la fricción y por consiguiente, la resistencia que se genera al tener mecanismos en contacto y en movimiento; esto nos lleva a reducir los consumos de energía. Un factor determinante para lograr este ahorro de energía, es saber seleccionar los lubricantes de acuerdo con los coeficientes de fricción requeridos (fluida, sólida o elastohidrodinámica). 4.5. ELEMENTOS DE LA TRIBOLOGÍA Tres elementos básicos constituyen la Tribología: a. Fricción b. Fuerza de fricción c. Coeficiente de fricción		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

a. Fricción

Se define como la resistencia que presenta la superficie rugosa de un cuerpo sólido, al moverse con relación a otro cuerpo que puede ser sólido, líquido o gaseoso. Se manifiesta como una pérdida de energía mecánica, durante el inicio y desarrollo del movimiento relativo entre dos superficies. Esta pérdida de energía se transforma en calor, el cual afecta el normal desempeño de los mecanismos, incrementa la temperatura del lubricante afectándole la viscosidad; así mismo, incrementa la temperatura del entorno o medio ambiente en que trabaja el equipo o máquina.

En el movimiento que presentan dos superficies, una con respecto a la otra, se generan diferentes tipos de fricción.

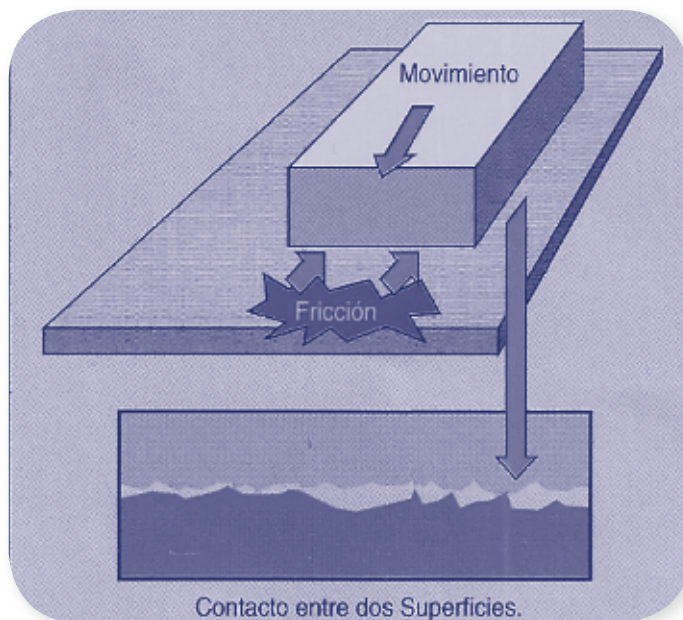


Figura 4. La fricción y sus efectos

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

- 1) Fricción pura. Se presenta cuando las rugosidades de las superficies interactúan sin la presencia de un tercer elemento. Sólo se puede obtener en laboratorio, ya que aquí se puede garantizar la no presencia de películas contaminantes. El coeficiente de fricción varía entre 0.80 y más de 10.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 9 B

- 2) **Fricción metal-metal.** Ocurre cuando las rugosidades de dos superficies metálicas, interactúan sin la presencia de un tercer elemento que las separe. También se presenta cuando hay rompimiento de la película límite del lubricante o cuando se pierde la propiedad antidesgaste del mismo.

Este tipo de fricción no siempre debe evitarse, pues hay ocasiones en que es necesario que ocurra sin la presencia de cualquier tipo de película lubricante; como por ejemplo, en los rieles y ruedas de un tren. La ausencia de esta película le permite rodar y frenar cuando lo requiera.



Figura 5. Fricción metal – metal

Fuente: <http://www.aecientificos.es/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=2056521>

- 3) **Fricción sólida.** El sistema tribológico está compuesto por tres elementos con características de cuerpos sólidos.



Figura 6. Fricción sólida, laminar y fluida

Fuente: http://www.geocities.ws/tecno_farma/comprimidos2.htm

Al presentarse la fricción, uno de los elementos está presente en forma de capas de un compuesto que puede ser aditivo antidesgaste, vapor, humedad, óxidos, etc., y que están adheridos al metal base con la película de lubricante. Este tipo de fricción se presenta en el momento de arranque y parada de los mecanismos. El coeficiente de fricción varía entre 0,20 y 0,80.

- 4) **Fricción fluida.** Se presenta entre las capas de lubricante líquido que separa dos superficies en movimiento. La energía necesaria para romper esas capas se transforma en calor.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- 5) Fricción hidrodinámica. Se presenta cuando varían las condiciones de velocidad y carga. Aquí juega un papel importante la viscosidad del lubricante que se debe emplear. El coeficiente de fricción varía entre 0,001 y 0,002.
- 6) Fricción hidrostática. Se presenta en los mecanismos o componentes que soportan altas cargas y que giran a bajas velocidades. Para formar la película hidrodinámica, es necesario aplicar aceite a presión antes y durante los movimientos de los mecanismos.

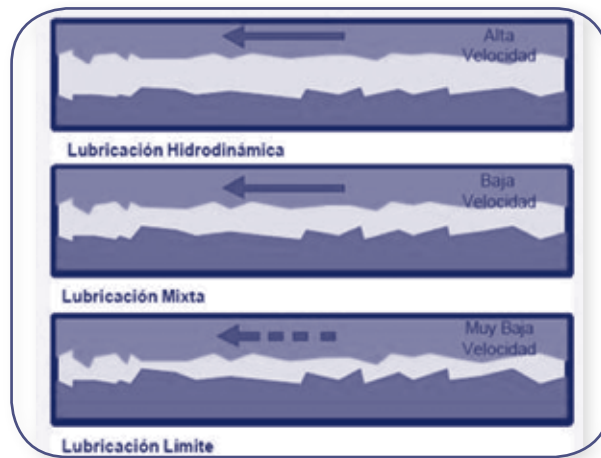


Figura 7. Fricción hidrodinámica, mixta y al limite

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

- 7) Fricción mixta. Este tipo de fricción está integrado por dos estados de fricción en forma simultánea, la líquida y la sólida. Se presenta en los mecanismos que operan a altas cargas y bajas velocidades, en las cuales las rugosidades de las superficies sometidas a fricción interactúan constantemente, ya que no alcanzan a separarse. El coeficiente de fricción varía entre 0,05 y 0,20.
- 8) Fricción gaseosa. Se presenta cuando el elemento que separa dos superficies en movimiento relativo es un gas. Este es el caso de mecanismos lubricados con aire o el de los sellos de turbomáquinas, a las cuales se les aplica nitrógeno para formar una película hidrodinámica que separa la cara fija de la que gira.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 11 B

b. Fuerza de fricción

Cuando un cuerpo se desliza sobre otro, se presenta una fuerza o resistencia que es paralela y contraria a la dirección del movimiento. Esta fuerza se denomina fuerza de fricción o rozamiento y puede ser estática o cinética.

Se define y calcula como:

$$F = f N$$

F = Fuerza necesaria para iniciar y mantener un movimiento (kgf o lbf).

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

N = Fuerza normal que mantiene juntas las dos superficies (kgf o lbf).

Cuando sobre un bloque estacionario se aplica una fuerza F , que no es suficiente para moverlo, se presenta una fuerza de oposición llamada fuerza estática de rozamiento, F_e .

Si se sigue aumentando la fuerza F , llegará un momento en que esta alcance un valor límite y el movimiento se hace inminente. Si esta fuerza sobrepasa el valor de la fuerza estática de rozamiento o F_e , el cuerpo deja de estar en reposo e inicia el movimiento. A esta nueva fuerza se le denomina fuerza cinética de rozamiento, F_c .

El valor de la fuerza real de rozamiento oscila entre cero (0) y un valor máximo, y es proporcional al peso.

Se presentarán dos fuerzas de fricción, la estática y la cinética, y esto nos llevará a que el cuerpo estará en una de las tres siguientes situaciones:

$F_c < F_e$ No hay movimiento.

$F_c = F_e$ El movimiento es inminente o está próximo.

$F_c > F_e$ El cuerpo se mueve.

Existen unos factores que condicionan la fuerza de fricción y éstos son:

- 1) Carga. No se puede controlar ya que hace parte de todo componente o mecanismo. Está constituida por su propio peso y por la fuerza que este le transmite.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 12 B
	2) <u>Naturaleza de los materiales.</u> Dos cuerpos presentan mayor o menor fricción dependiendo de la estructura molecular de cada uno. 3) <u>Acabado superficial.</u> La fricción variará de acuerdo con el acabado de la superficie de los cuerpos, es decir, entre más áspera sea, mayor será la fricción y disminuirá con el grado de pulimento que se logre o se presente en las superficies. En las superficies de los cuerpos, se presentan dos tipos de rugosidades o asperezas, las agudas y las dentadas. Las agudas son causadas por la inexactitud de la herramienta, o por la falta de rigidez entre esta última y la pieza o elemento que se mecaniza. Las asperezas dentadas son causadas por fallas en la herramienta de corte y por la naturaleza del metal que se mecaniza. Otros factores que condicionan la fuerza de fricción son: la geometría de los cuerpos, tolerancia entre los cuerpos, temperatura de operación, adhesión, cizallamiento y lubricación. En la Física Clásica, existen dos leyes que describen la fricción entre dos superficies y se conocen como leyes de la fuerza de fricción. 1) La primera ley de la fricción, establece que la fricción entre dos sólidos es independiente del área de contacto. Cuando un cuerpo es movido a lo largo de una lámina de metal, la fuerza opuesta a su movimiento será la misma si desplazamos el cuerpo sobre su parte inferior o sobre una de las caras laterales. La fricción, depende del área conformada por la suma de las áreas de las crestas o rugosidades más sobresalientes de las dos superficies en movimiento y sometidos a fricción (área real), y no del área geométrica de dichas superficies (área aparente). 2) La segunda ley de la fricción, establece que la fricción es proporcional a la carga ejercida por una superficie sobre la otra. Esto significa que si se coloca un segundo cuerpo encima del cuerpo del ejemplo anterior, la fricción será duplicada. Tres objetos triplicarán la fricción y así sucesivamente.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

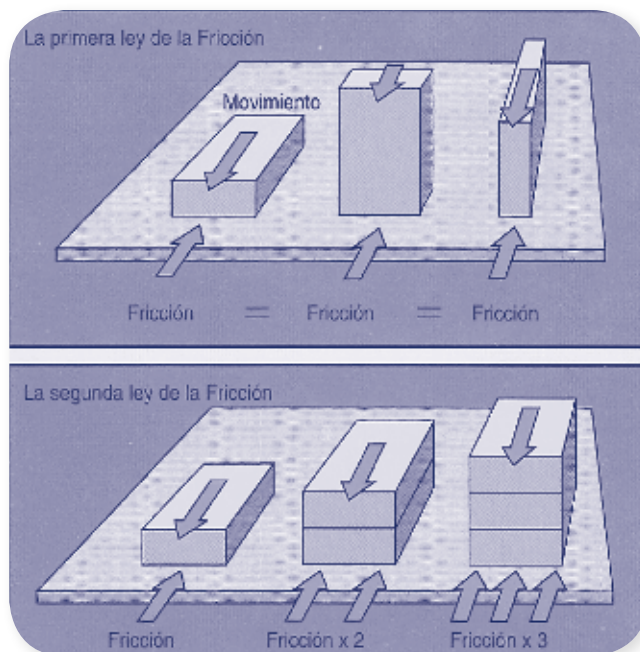


Figura 8. Leyes de la fricción

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

De acuerdo con las leyes de la fricción, el coeficiente de fricción de dos cuerpos debe ser una constante. En la realidad, este varía ligeramente con cambios en la carga y en la velocidad de deslizamiento.

c. Coeficiente de fricción

Como la fuerza friccional entre dos superficies es proporcional a la carga, es posible definir un parámetro conocido como coeficiente de fricción, el cual es igual a la fricción dividida por la carga.

Es la variable para el cálculo de la fuerza de fricción y su valor depende, no solamente del material de las superficies, sino también de lo que suceda en la interfase de éstos, cuando se encuentran en movimiento relativo una con respecto a la otra; es decir, la temperatura, la humedad, velocidad de deslizamiento, presión de contacto, acabado superficial, forma del área de contacto, tipo de película de lubricante, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE PÁGINA 14 B
	La relación entre el peso de su cuerpo y la fuerza necesaria para mantenerlo en movimiento, se conoce como coeficiente cinético de fricción. Estos dos coeficientes pueden ser debidos a fricción sólida o fricción fluida. El coeficiente de fricción depende de la naturaleza de las dos superficies en contacto; por ejemplo, para sólidos ordinarios oscila en el rango de 0.3 a 3. Cuando una película de lubricante está presente entre las dos superficies, el coeficiente de fricción y por consiguiente, la fuerza necesaria para producir el movimiento relativo, se reducen. 4.6. CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA FRICCIÓN La fricción es el resultado del contacto de las rugosidades de las superficies en movimiento. Las superficies aparentemente lisas, muestran bajo un microscopio electrónico demasiadas rugosidades o asperezas. Dos superficies que están en contacto total aparente, realmente solo se están tocando una con otra en los picos de sus rugosidades. La carga es soportada solamente por unos pocos puntos y la presión sobre éstos, es grande. Cuando las superficies se mueven, las rugosidades pueden troncarse unas con otras, e incluso se pueden soldar. Entre más se presione una superficie con otra, mayor será la fricción. En la mayoría de las máquinas y mecanismos, es necesario minimizar la fricción entre las partes móviles. Cuando la fricción se incrementa, es necesario efectuar un trabajo adicional para continuar el movimiento. Este trabajo genera calor y aumenta el gasto o consumo de energía. La fricción también aumenta el desgaste y por lo tanto, reduce la vida útil de los mecanismos y máquinas. 4.7. FORMAS DE REDUCIR LA FRICCIÓN Entre las formas para reducir la fricción, se tienen: - Puliendo o mejorando el acabado superficial. - Cambiando el deslizamiento por rodamiento. - Interponiendo un lubricante.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 15 B
La aplicación de la Tribología debe llevar a reducir al máximo la fricción sólida, fluida y elastohidrodinámica o EHL y a evitar que se presente la fricción metal. El control de la fricción es uno de los tres aspectos fundamentales de la Tribología Productiva, como ya se expresó anteriormente, y si esto se logra, es posible reducir los diferentes tipos de desgaste que puedan presentarse en los componentes o mecanismos y por consiguiente, se permitirá que éstos alcancen su vida a la fatiga, e incluso que se incremente.		
4.8. DESGASTE Una superficie se puede gastar por factores que pueden ser intrínsecos al tipo de lubricante empleado, al tiempo de empleo o por contaminantes externos. En muy pocos casos, se presenta como consecuencia de un mal diseño, empleo de materiales inadecuados para las condiciones de operación de los mecanismos o componentes, o como selección incorrecta del equipo. El desgaste es el fenómeno que más afecta la capacidad productiva de los equipos, ya que obliga a su parada, intempestiva o programada, por presentarse fallas o roturas en sus componentes. En los mecanismos de las máquinas se presentan desgastes abrasivos y erosivos, que silenciosa y ocultamente van desgastando las superficies de fricción. En la mayoría de los casos, los operarios no detectan a tiempo anómalas condiciones de operación, conllevando esto a pérdida de medidas de tolerancia y deterioro de componentes o equipos. De aquí la importancia que tiene el control y análisis de los aceites, sobre todo en el control de las máximas cantidades permisibles de sólidos y partículas. Otro aspecto importante es el filtrado del aceite. a. Definición El desgaste se define como la pérdida de material entre dos superficies en movimiento relativo, es consecuencia directa del rozamiento o fricción metal-metal entre estas. También se define como el deterioro sufrido por las superficies, por causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales.		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO IV	LUBRICACIÓN Y ENGRASE	PÁGINA 16 B

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 17 B

Este tipo de desgaste no se puede eliminar, pero sí se puede minimizar empleando lubricantes con mejores propiedades de película límite, aditivos antidesgaste, aditivos de extrema presión o aditivos EP, grafito, etc.

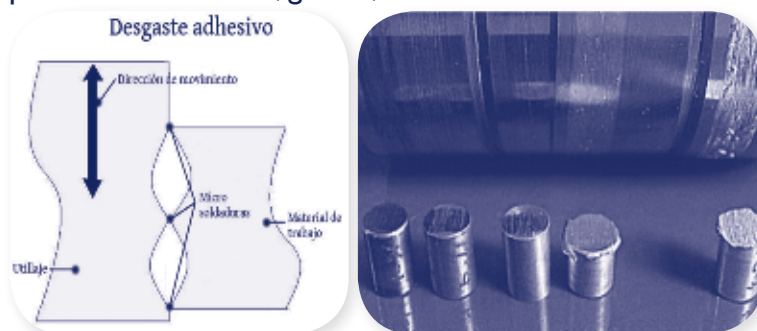


Figura 9. Desgaste adhesivo

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Desgaste_adhesivo.jpg

Fuente : <http://www.analisisdefractura.com/fatiga/desgaste-mecanico/>

También cuando se presentan valores altos y bajos en el nivel, en la viscosidad y en la presión del lubricante.

En altos valores, se presenta incremento de fricción fluida, lo que genera aumento de la temperatura de operación. Este aumento de temperatura disminuye la viscosidad, rompiendo la película límite y haciendo que las superficies metálicas se dilaten y rocen entre sí.

Entre las causas están las bajas velocidades, dilución del aceite, viscosidad inadecuada, desalineamiento y bajo nivel de aceite, entre otras.

- 2) Desgaste abrasivo. Es ocasionado por la presencia, entre las superficies en movimiento relativo, de partículas extrañas de igual o mayor dureza a la del material de dichas superficies. Estas se incrustan en una de las superficies y actúan como elementos de corte, removiendo el material de la otra superficie.

Estas partículas pueden ser generadas por el medio ambiente o entorno donde opera la máquina o por el medio ambiente interior de la misma, producto de un desgaste adhesivo o por corrosión. Este tipo de desgaste es posible controlarlo, si se remueven las partículas abrasivas con tamaño dentro del rango dinámico. El juego dinámico equivale al espesor mínimo de la película de lubricante. Cuando el tamaño de las partículas es igual o mayor que el juego dinámico, entonces el desgaste abrasivo es mayor.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

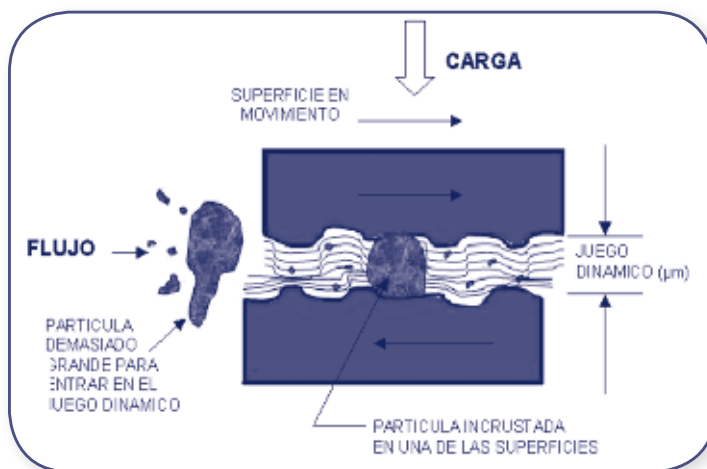


Figura 10. Incrustación de partícula abrasiva de tamaño superior al juego dinámico

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón

Este desgaste también se presenta con partículas menores que el juego dinámico, pero con incrementos de carga sobre los mecanismos o por disminución o pérdida de la viscosidad del aceite. Lo anterior hace que el juego dinámico disminuya, obteniendo un valor igual o menor que el tamaño de la partícula.

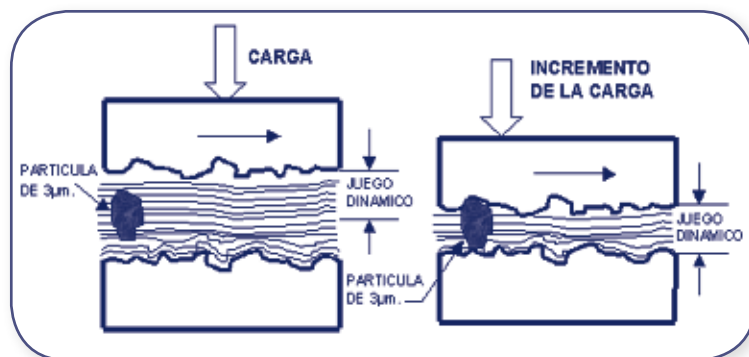


Figura 11. Desgaste abrasivo generado por incremento de carga

Fuente: Pedro Albarracín Aguillón

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 19 B

El juego dinámico disminuyó como consecuencia del incremento de la carga. La partícula abrasiva tenía el mismo tamaño, es decir, 3 μm .

Cuando se detecta este tipo de desgaste en sistemas con lubricación por salpique, se recomienda incrementar la frecuencia de cambio del aceite y por consiguiente, el análisis de las muestras.

En los sistemas de lubricación por circulación, se recomienda mejorar o modificar los sistemas de filtrado (micronaje o altas relaciones de filtración).

- 3) Desgaste corrosivo. Se presenta cuando se usan aceites oxidados o por la contaminación de éstos con agua o ácidos provenientes del proceso o del medio ambiente.



Figura 12. Desgaste corrosivo

Fuente: <http://ingsaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com/2010/09/tribologia-desgaste.html>

Fuente: <http://www.sabelotodo.org/automovil/bujia.html>

Fuente: http://www.metalsprayperu.com/web/informacion_tecnica.html

La herrumbre en materiales ferrosos, y la corrosión ácida en materiales blandos como el babbitt, constituyen problemas graves en motores de combustión interna o en máquinas expuestas a la humedad.

Se puede presentar por pérdida de la reserva alcalina del aceite, es decir, por no hacer los cambios en las frecuencias establecidas por los fabricantes (horas de operación o kilometraje). Esto se refleja en el análisis del TBN (Número Básico Total).

La herrumbre es ocasionada por el agua y los ácidos provenientes de la cámara de combustión.

La combustión de compuestos de azufre en los motores diesel, produce ácido sulfúrico que ataca los anillos y paredes de los cilindros o camisas.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En los motores de gasolina se debe a los ácidos orgánico, clorhídrico y bromhídrico, empleados en el compuesto antidetonante, con el fin de eliminar los residuos de plomo dejados por la quema del combustible.

Los fabricantes de aceites, han controlado este desgaste mediante nuevas especificaciones API SG para motores a gasolina, y CF para motores diesel.

El desgaste corrosivo es despreciable cuando las paredes de los cilindros operan con temperaturas superiores a los 82°C o 180°F.

Los ácidos débiles se forman por la degradación del aceite y los fuertes, por descomposición del mismo a altas temperaturas.

La corrosión por ácido sulfúrico se puede inhibir en un motor diesel, si el pH (acidez) del aceite se mantiene por encima de 4.5.

- 4) Desgaste erosivo. Es causado por un fluido de alta presión y con partículas sólidas en suspensión, las cuales al impactar las superficies, arrancan material de las mismas por efectos del momento de las partículas. La pérdida de material puede ser crítica, llegando a provocar rotura por fatiga.

Este desgaste, también puede ser ocasionado por el empleo de lubricantes con viscosidad mayor a la requerida. Este exceso de viscosidad en el lubricante, hace que este trate de pulir o emparejar las rugosidades más sobresalientes.



Figura 13. Desgaste por erosión

Fuente: <http://www.analisisdefractura.com/fatiga/desgaste-mecanico/>

Este es el tipo de “desgaste normal” que se presenta en el arranque o despegue inicial de un equipo nuevo, especialmente motores de combustión interna, y durante el cual, se emplean aceites o lubricantes con viscosidad mayor a la del recomendado por el fabricante para operación normal del equipo.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 21 B

- 5) Por fatiga superficial. Se presenta como consecuencia de los esfuerzos cíclicos de tensión, compresión y esfuerzo cortante sobre una superficie; las cuales causan grietas profundas, que posteriormente generan la aparición de picaduras y escamas. Entre sus causas están la sobrecarga, desalineamiento y contaminación del medio ambiente.

Principalmente se presenta en mecanismos con movimiento de rodadura, como en las pistas de rodamientos, dientes de engranajes y levas. Su aparición se hace con el transcurrir del tiempo.

Este tipo de desgaste se acelera cuando en el lubricante hay, en suspensión, partículas sólidas de igual o mayor tamaño que el juego dinámico y que no se adhieren a las superficies en movimiento. La partícula es atrapada instantáneamente entre las superficies, ocasionando hendiduras por la deflexión de los mismos, causada por la carga que soportan. Posteriormente se inicia el agrietamiento.

La partícula es liberada por el movimiento de las superficies y después de varios ciclos, las grietas se distribuyen por las superficies produciendo el descascarillado.

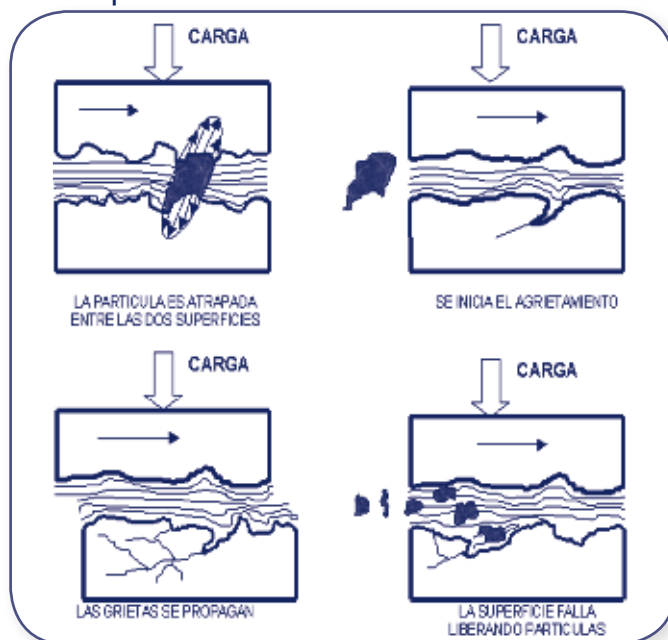


Figura 14. Fatiga superficial
Fuente: Ing. Pedro Albarracín Aguillón

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- 6) Por cavitación. Se presenta cuando el lubricante fluye en una región en donde la presión es menor que la de su presión de vapor. Esto hace que el aceite hierva y forme burbujas. Estas burbujas son transportadas hacia áreas o regiones en donde la presión es mayor; el vapor regresa al estado líquido y las burbujas se aplastan. En este instante, se presentan presiones localizadas altas sobre las superficies cercanas, ocasionándose picaduras y desprendimiento de metal, como consecuencia del impacto generado por la implosión de las burbujas.



Figura 15. Cavitación en impulsor o impeler de bombas

Fuente: <http://enamoradosdelaciencia.blogspot.com/2012/11/cavitacion-de-la-ingenieria-naval-los.html>

La cavitación se presenta con ruidos y vibraciones. Otras causas de la cavitación son la alta viscosidad y bajo nivel del aceite, por restricciones en la admisión, por entradas de aire o por mala selección del lubricante.

La cavitación se puede evitar, incrementando la presión en el sistema o empleando lubricantes con presión de vapor baja a altas temperaturas.



Figura 16. Muestras de cavitación

Fuente: <http://www.ahorroenenergia.com/cavitacion-en-las-bombas-de-agua-peligro-de-su-inversion/>

Fuente: <http://turbomaquinasbomba.blogspot.com/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 23 B

- 7) Por corrientes eléctricas. Se presenta como consecuencia del paso de corriente eléctrica a través de los mecanismos o componentes de un equipo o sistema. Tal es el caso de los rodamientos de un motor eléctrico, tomas o conexiones a tierra defectuosas, por corrientes parásitas en equipos rotatorios como ejes de propulsión, turbinas y compresores centrífugos.

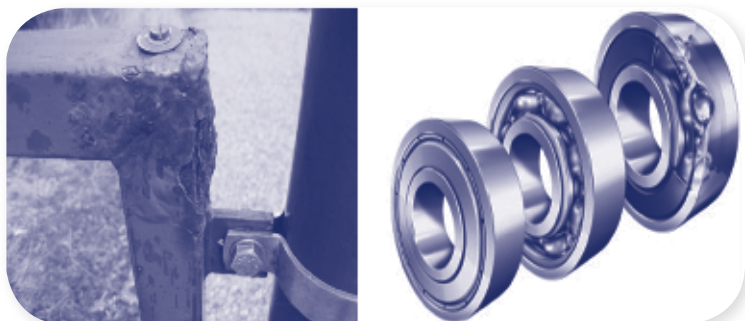


Figura 17. Corrosión por paso de corriente eléctrica

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n_galv%C3%A1nica

Fuente: http://www.schaeffler.es/content.schaeffler.es/es/branches/industry/power_tools/products_power_tools/deep

- 8) Corrosión “Fretting”. Es la remoción de metal causada por el deslizamiento de piezas metálicas una sobre otra. Este deslizamiento es, generalmente, el resultado de altas vibraciones y oscilaciones de baja amplitud. Se puede causar daño a una o a ambas piezas. También se ocasiona por almacenamiento y transporte inadecuado.



Figura 18. Corrosión “fretting”

Fuente: <http://www.stle.org/resources/lubelearn/wear/>

Fuente: <http://corrosion.ksc.nasa.gov/fretcor.htm>

Fuente: <http://www.flyapro.com/SecondaryShaft.htm>

c. Categorías del desgaste

El desgaste se definió como la pérdida progresiva de material, como resultado de la interacción entre dos superficies.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En la siguiente gráfica, se puede observar el comportamiento del desgaste sobre una superficie a través del tiempo.

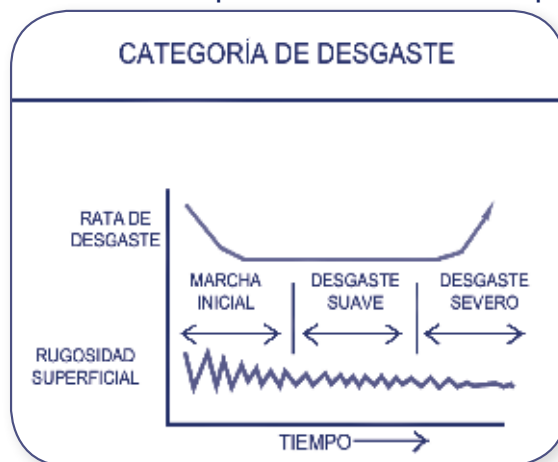


Figura 19. Categorías del desgaste

Fuente: ChevronTexaco

d. Consecuencias o problemas por el desgaste

El no controlar la fricción y no reducir el desgaste, puede generar graves consecuencias y entre las cuales se encuentran:

- 1) Mayor consumo de repuestos por aumento de reparaciones y mantenimientos.
- 2) Reducción de la producción por paradas no programadas de la maquinaria.
- 3) Disminución del ciclo de vida útil de los equipos, máquinas y mecanismos.
- 4) Pérdida de potencia e incremento del consumo de combustible en motores diesel
- 5) Posibilidad de ocurrencia de accidentes, por rotura de componentes al sobrepasar límites permisibles de diseño.
- 6) Contaminación medio ambiente.
- 7) Incremento de la temperatura de operación o funcionamiento.
- 8) Sobrecostos por consumo de energía adicional.

e. Formas de reducir el desgaste

Entre las distintas formas de reducir el desgaste, se tienen:

- 1) Controlar la fricción
- 2) Emplear adecuados lubricantes para las diferentes condiciones de operación

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO IV LUBRICACIÓN Y ENGRASE

PÁGINA 25 B

- 3) Controlar el medio ambiente o entorno en que operan máquinas, equipos y mecanismos
- 4) Establecer frecuencias correctas de lubricación y controlar cambios de lubricantes y grasas
- 5) Implantar programas de mantenimiento preventivo
- 6) Controlar limpiezas y cambio oportuno de filtros de aire y lubricante.
- 7) Emplear combustibles con bajo contenido de azufre.
- 8) Tomar pruebas de aceite y efectuar pruebas respectivas con equipo portátil, de acuerdo con recomendaciones del fabricante.
- 9) Chequear sistemas de filtrado.
- 10) Tomar pruebas de aceite y enviar a laboratorio especializado para análisis.
- 11) No someter los mecanismos, equipos y máquinas a condiciones diferentes de diseño.
- 12) Controlar el alineamiento y balanceo de los equipos.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

SECCIÓN A

OUTSOURCING EN EL MANTENIMIENTO

5.1. DEFINICIÓN Y CONCEPTOS

El *Outsourcing* es una mega tendencia que se está imponiendo en la comunidad empresarial y consiste, básicamente, en la contratación externa de recursos o servicios externos, mientras que la organización se dedica en forma exclusiva a la razón de ser de su negocio.

También se le ha definido como el proceso de adquirir productos y contratar servicios de empresas especializadas en conocimiento, no ligadas directamente con la naturaleza del negocio, en lugar de emplear recursos internos.

El *Outsourcing* es una tendencia en la administración moderna que ha permitido, a las empresas e instituciones, concentrar sus esfuerzos e inversiones en áreas que le son vitales, delegando en otras organizaciones, áreas enteras que aun siendo importantes, no son fundamentales para la producción.

Consiste en ceder a terceros, en lugar de ejecutarlo en la propia empresa o Institución. Es la “**tercerización**” de algunas o de la totalidad de las tareas de mantenimiento.

Hasta hace poco era considerado como un simple medio o forma para reducir significativamente los costos; sin embargo, en los últimos años se ha convertido en una herramienta útil e indispensable para el crecimiento de las empresas e instituciones.

La decisión de tercerizar implica evaluar y juzgar, y no simplemente tomar decisiones de manera intuitiva.

La ausencia de una metodología para definir las actividades que se deben tercerizar y cuáles debe realizar la empresa o Institución, constituye un problema.

5.2. EVOLUCIÓN

En décadas anteriores, las empresas concentraban los procesos en la producción de bienes o para ofrecer servicios, que implicaban altos costos para mantener la infraestructura física y respuesta al mercado.

Hace aproximadamente cuarenta años, se presentaron en Latinoamérica los casos más relevantes de *outsourcing*, con la contratación de servicios de alimentación, vigilancia, limpieza y servicios generales. En el caso del mantenimiento, este concepto aparece en 1952 en Canadá.

A mediados de los años ochenta, se plantea el concepto de flexibilidad, como la opción de contratar servicios externos para algunos procesos de producción. En los años noventa, la tendencia fue buscar la maximización y especialización de los negocios, con la reubicación de recursos y servicios.

Las condiciones cambiantes del mercado, de la tecnología y la necesidad de ser cada vez más competitivos, de simplificar las empresas, evitar los desperdicios, reducir los tiempos de entrega y ser más eficientes, ha llevado a las Directivas a preguntarse si su empresa o institución tiene: ¿El tamaño adecuado? ¿El personal idóneo? ¿Si es mejor comprar o fabricar? ¿Hacer o contratar?

“Todas las respuestas llevan al Outsourcing”.

5.3. ALCANCES

Los alcances para la modalidad contratada son:

- a. **Outsourcing Total:** implica transferencia de equipos, personal, redes, operaciones y responsabilidades.
- b. **Outsourcing Parcial:** solo se transfieren algunos de los elementos ya referidos.



Figura 1. Outsourcing de limpieza y outsourcing de mantenimiento industrial

Fuente: <http://aseos-egre.cl/outsourcing-del-servicio-de-aseo-industrial/>

Fuente <http://www.tbn.es>

5.4. VENTAJAS

Algunas de las ventajas que presenta la modalidad *Outsourcing* son:

- Rebaja en los costos totales de los bienes y servicios adquiridos.
- Mejora en la calidad del servicio obtenido, comparado con el que existía antes.
- Los empleados de la empresa dedican su tiempo a la razón u objeto del negocio.
- Atención especializada, facilitando el trabajo en equipo y mejoramiento o eliminación de procesos.
- Se establecen tiempos y sitios para ejecutar los trabajos requeridos.
- Reducción de espacios y herramientas.
- Alianzas estratégicas.
- Garantiza la disponibilidad de los equipos y sistemas en un alto porcentaje.
- Reducción de niveles jerárquicos. El proveedor del *outsourcing* sabe a quién dirigirse, disminuyéndose la tramitología.
- Flexibilización de cargos: solo queda el personal experimentado y capacitado para ejercer las interventorías a los proveedores del *outsourcing*.
- Mejoran las relaciones cliente-proveedor.
- Se evitan las paradas de las actividades de mantenimiento, teniendo la disponibilidad de las horas-hombre (no sindicatos).
- Se reevalúan conceptos y procedimientos internos.
- Elimina o disminuye la existencia de inventarios de repuestos, equipos y herramientas, lo que conlleva a eliminar activos físicos que se deprecian.



Figura 2. El capital humano, el conocimiento y los recursos físicos son claves en el *Outsourcing*

Fuente: http://www.deloitte.com/view/es_GT/gt/servicios/outsourcing/
Fuente: <http://www.setsoftware.net/servicios/outsourcing-ti.html>

TOMO III MANTENIMIENTO
CAPÍTULO V OUTSOURCING PÁGINA 4 A
5.5. BENEFICIOS a. Las empresas o instituciones definen exclusivamente la funcionalidad de las diferentes áreas de su organización. b. Hacer uso de tecnología actual, sin necesidad de contratar y entrenar personal de la organización para manejarla. c. Disponer de servicios en forma rápida. d. Lograr la contratación de servicios con misma funcionalidad y disminución de costos. e. Aplicar el talento humano y los recursos de la organización en áreas claves. f. Facilita enfrentar cambios en las condiciones de los negocios. g. Seguridad y confianza al disponer de un proveedor que mantendrá un inventario y disponibilidad de la mano de obra. h. Reducción de costos. 5.6. RIESGOS a. No negociar el contrato adecuado. b. Elección del contratista. c. En caso de fallar el contratista, la empresa puede incumplir entregas y contratos d. Se incrementa la dependencia de entes externos. e. Incrementa costos de negociación y monitoreo del contrato. f. Deficiente control sobre el personal que labora para el contratista. 5.7. DEBILIDADES El sistema <i>Outsourcing</i> ha encontrado criterios que no le han permitido desarrollarse o implantarse en las áreas o Departamentos de Mantenimiento de algunas empresas o instituciones. Entre estas sobresalen: a. Pérdida del control de costos y de los procesos Se cree que se pierde la confidencialidad de los procesos y que se le transfiere manejo y poder a un tercero. Solamente el conocimiento o <i>Know How</i> y la razón de ser de la empresa o institución no se deben contratar, ya que se caería en la dependencia, es decir, no se debe arriesgar la estrategia o la gestión del tipo de mantenimiento. b. Rebajar mano de obra Solo se piensa en reducir la mano de obra del personal propio, para contratar otros con bajos salarios.
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

c. Es costoso

No se ve la calidad y oportunidad de los servicios, y estos son la base del éxito de una empresa.

Otras debilidades son:

- Pérdida del talento humano experto de la empresa.
- Calidad/experiencia del contratista.
- Cambio de compromisos/estabilidad financiera del contratista.
- Cambio en el negocio y la tecnología durante la duración del contrato.
- Cambio del entorno.
- Retorno del servicio de la compañía original.
- Incompatibilidad de las motivaciones/habilidades cliente-proveedor.
- Escalada de costos.
- Posibilidad de eliminación por parte del cliente final, es decir, romper el contacto de quien hace el desarrollo.

5.8. IMPLANTACIÓN

Las razones estratégicas más importantes para implantar este sistema, son:

- Enfocar y/o direccionar mejor la empresa o institución en asuntos empresariales de manera más amplia y oportuna.
- Acceder a las capacidades de clase mundial.
- Acelerar los procesos de Reingeniería.



Figura 3. Implantación del sistema Outsourcing

Fuente: <http://ucv-sis.blogspot.com/2007/10/ventajas-y-desventajas-del-outsourcing.html>

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO V	OUTSOURCING
PÁGINA 6 A	
d. Compartir los diferentes tipos de riesgos. e. Destinar recursos para otras áreas. f. Reducir o controlar los costos de operación. El <i>outsourcing</i> en el mantenimiento se puede implantar en las actividades, funciones y áreas específicas que se transfieren a los proveedores, como: a. Mantenimiento eléctrico en general (generación y distribución eléctrica, tableros, refrigeración y aire acondicionado). b. Montaje y mantenimiento mecánico. c. Mantenimiento de edificios: plomería, carpintería, pintura, etc.). d. Mantenimiento y suministro de equipos y herramientas especializadas. e. Programas de mantenimiento preventivo y predictivo. f. Reparaciones mayores y parciales. g. Control y suministro de repuestos y materiales. h. Control de la mano de obra. i. Supervisión y asesorías. j. Mantenimiento de obras civiles. k. Reparaciones locativas. l. Otras.	
5.9. MANTENIMIENTO INTEGRAL OUTSOURCING El mantenimiento <i>outsourcing</i> debe aceptarse como una forma de disponer de proveedores con conocimientos y experiencia de clase mundial, que brinda un alto grado de efectividad en el mantenimiento de los equipos, en las que las empresas no desean distraerse, y por el contrario, desean concentrarse en los aspectos relevantes para obtener ventajas competitivas. Las empresas de mantenimiento <i>outsourcing</i> deben descubrir las deficiencias, y tratar de mejorar las debilidades y confiabilidad a precios y tiempos razonables. Teniendo en cuenta los rápidos cambios del mercado y la importancia de prepararse para enfrentar la competencia, el mantenimiento debe tener una orientación hacia los negocios. Esto exige que se fijen objetivos estratégicos competitivos e indicadores de gestión, tener definido el papel que desempeña el mantenimiento dentro de la organización y conocer los costos totales de este.	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

Estos costos totales se dividen en directos e indirectos. Los **directos** son los que figuran en el presupuesto de mantenimiento: mano de obra, subcontratos, repuestos, consumibles, capacitación y gastos de administración. Los **indirectos** son los que se generan por errores en el trabajo, pérdidas de producción, mala calidad de productos o servicios, altos costos por existencia de grandes inventarios, pérdidas de energía, problemas de seguridad industrial, sanciones o multas por afectar el medio ambiente, y la necesidad de mayor inversión por una menor vida útil de los equipos o instalaciones, entre otros.

Una empresa de mantenimiento *Outsourcing* debe:

- ayudar a gestionar aspectos tecnológicos en la empresa.
- Gestionar la información relacionada con su negocio dentro de la empresa o institución.
- Gestionar los recursos que le sean encargados.
- Brindar soporte por diferentes medios: Internet, teléfono, personal, por mensajero, etc.
- Mantener actualizada la empresa sobre los cambios tecnológicos.
- Proporcionar confianza al cliente.

Esta confianza se logra si se obra de acuerdo con principios y valores asociados a: la honestidad, trabajo en equipo, responsabilidad, compromiso, objetividad e integridad.



Figura 4. Implantación de proceso *Outsourcing*
Fuente: <http://serbusamantenimientoindustrial.com/tag/mantenimiento-industrial/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO V OUTSOURCING

PÁGINA 8 A

La transparencia, la proactividad y el asesoramiento, son el mayor aporte para lograr la confianza. La mejor forma de asegurarla es conociendo la experiencia de otras empresas.

Antes de entrar a un proceso *Outsourcing*, se debe hacer un benchmarking y de esta forma, se verifican experiencias y errores cometidos por otras empresas o instituciones.

Los errores más comunes que se presentan en la implantación de los procesos *Outsourcing* son:

- Deficientes canales de comunicación: la comunicación entre los clientes y el proveedor deben ser claras, directas y oportunas
- Cabeza equivocada: la persona que se coloca al frente de la adopción del proceso, debe ser una persona capacitada en labores de gerencia, de esa forma, podrá tomar decisiones rápidas y correctas
- Contratos imprecisos: el contenido de los contratos debe ser claro y bien definido. Lo deben revisar personas expertas
- Expectativas exageradas: en muchas ocasiones se observa que los objetivos no son concretos y las metas no son realizables
- Efecto de puerta giratoria: el cambio constante de proveedor de servicio *Outsourcing* puede generar errores en la toma de decisiones

5.10. MANTENIMIENTO TRADICIONAL vs. MANTENIMIENTO OUTSOURCING

Las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo, predictivo o cualquier otro que se aplique, son similares en las dos opciones. La diferencia radica en alcances del servicio y acuerdos de prestación del mismo. Aquí se busca beneficio mutuo.

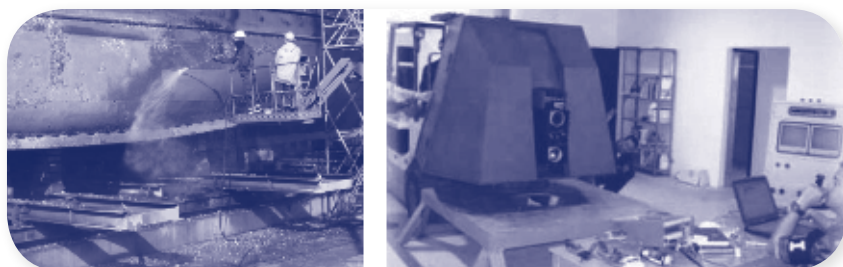


Figura 5. Mantenimiento Outsourcing y Mantenimiento tradicional

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Astillero_naval

Fuente: <http://razonyfuerza.mforos.com/827635/9765849-arc-20-de-julio-la-nueva-era-de-la-marina-colombiana/?pag=2>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO
CAPÍTULO V OUTSOURCING
PÁGINA 9 A
Si los términos de referencia y la minuta del contrato están bien definidos, el cliente tendrá el control del proyecto sin tener que recurrir a entes externos. De las diferentes actividades y gestiones, se debe informar al cliente en forma permanente por parte del contratista. Este último debe responder por los sistemas y equipos entregados en la modalidad de <i>Outsourcing</i> para mantenimiento. El contratista debe convertir en su máxima prioridad, la resolución eficaz y oportuna de los problemas que puedan presentarse; esto garantiza el éxito de la Institución y de la empresa. 5.11. DIRECTRICES PARA CONTRATOS DE MANTENIMIENTO OUTSOURCING La preparación, elaboración y desarrollo de los contratos a través del proceso <i>outsourcing</i>, tienen en cuenta los siguientes propósitos: a. Mejorar la interface entre los clientes y los proveedores en contratos de mantenimiento. b. Mejoramiento de la calidad de los contratos. c. Minimización de las disputas que estas puedan generar entre las partes. d. Correcta atribución de derechos y obligaciones de las partes en los diferentes contratos. e. Selección de puntos claves que deben incluirse en los contratos de mantenimiento. 5.12. ETAPAS O FASES DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO Un contrato de mantenimiento a través del sistema <i>outsourcing</i>, cuenta con las siguientes etapas o fases: a. Definición de los términos de referencia: se debe enunciar en forma clara y precisa lo que se quiere contratar, objeto y alcance. b. Aprobación de la licitación o invitación: decisión de contratar determinados trabajos, disponibilidad de recursos y que firmas se van a invitar. c. Análisis y evaluación de las ofertas: cuadros comparativos de las empresas invitadas y la valoración del cumplimiento de los términos de referencia. d. Adjudicación y perfeccionamiento del contrato: se selecciona la mejor opción y se redactan los aspectos legales del contrato: pólizas de cumplimiento y garantía, aspectos de calidad, multas, duración, supervisores o interventores, etc.
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO V	OUTSOURCING
	PÁGINA 10 A
	e. Preparativos para la ejecución del contrato: fecha de inicio, duración, verificación de materiales, permisos de entrada y control del personal, materiales y equipos, seguridad social e industrial, etc. f. Ejecución del contrato: desarrollo de todos los trabajos de acuerdo con el cronograma de actividades, respetando procedimientos técnicos y de seguridad, fecha de entrega, normas legales vigentes, etc. g. Evaluación de la gestión del proveedor: se evalúa la calidad del trabajo y el cumplimiento del tiempo o fechas de entrega. 5.13. ESTRUCTURA DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO Por lo general, un contrato de mantenimiento por <i>outsourcing</i> está compuesto por los siguientes apartados: a. Encabezamiento Contiene la información básica para la identificación del contrato y de cada una de las partes: nombre del contratista y contratante, direcciones, detalles del registro mercantil, identidad de los firmantes del contrato y su posición dentro de las organizaciones. b. Objeto del contrato Se declara la intención general de las partes. La oferta presentada, forma parte integral de este objeto. c. Definiciones útiles Es conveniente evitar cualquier tipo de ambigüedad que pueda presentarse por términos empleados en la minuta del contrato, especialmente en los apartados técnico, comercial y legal. d. Alcance de las tareas a desarrollar Se deben identificar los ítems a mantener, así como su ubicación y el lugar en que se efectuaran las tareas de mantenimiento. e. Descripción de las tareas a realizar por el contratista. Este apartado debe ser exigente y se deben incluir procedimientos a seguir para el desarrollo, resultado deseado de los mismos, objetivos medibles, herramientas, medios y técnicas a aplicar, requerimientos de Salud Ocupacional, Seguridad Industrial y Protección del Medio Ambiente, frecuencias de tiempo para la ejecución de los trabajos, calificación y certificación de los trabajadores, etc.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- f. Se deben detallar los periodos de tiempo en los que se ejecutaran las diferentes actividades de mantenimiento. Es preciso incluir los cronogramas o programas de trabajo, el máximo tiempo que debe transcurrir entre las llamadas del cliente y la respuesta o inicio de trabajos por parte del contratista.
- g. Relación de los impedimentos que pudieran surgir para la realización de las tareas contratadas y las posibles consecuencias.
- h. Actuaciones a llevar a cabo, en caso de presentarse retrasos en la ejecución de las actividades contratadas y los derechos de la parte afectada.
- i. **Consideraciones técnicas adicionales**
Se hace referencia a la verificación de los trabajos, intercambio de información técnica necesaria para el desarrollo del contrato y a las estrategias para el suministro de repuestos, materiales, herramientas, etc.



Figura 6. Celebración de contratos de Outsourcing

Fuente: <http://uft-talentohumano.wikispaces.com/>

CONCEPTOS+Y+FUNCIONALIDADES+B%C3%81SICAS+DE+LOS+OUTSOURCING

Fuente: <http://eleconomista.com.mx/finanzas-personales/2013/01/31/conozca-puntos-clave-outsourcing>

- j. **Consideraciones comerciales**
Se debe especificar la compensación financiera del contratista por las tareas descritas en el contrato (impuestos, seguros, gastos de viaje, viáticos, transporte, movimiento de equipos, compra de materiales y repuestos, reproducción de documentos, etc.).

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO V	OUTSOURCING
PÁGINA 12 A	
De igual forma, se deben especificar las condiciones de pago (moneda, método de facturación, retenciones, fechas y programas de pago, etc.), derechos del cliente y obligaciones del contratista, y penalizaciones a las partes por incumplimiento de los acuerdos contractuales. Así mismo, seguros requeridos y tipos de garantías.	
k. Consideraciones organizativas Existen siete tipos de consideraciones organizativas, cuya inclusión en la minuta del contrato se aconseja. Estos son: 1) Condiciones de ejecución de las tareas (responsabilidades de cada parte). 2) De previsión de riesgos laborales. 3) De protección del medio ambiente. 4) De seguridad de la propiedad (accesos no autorizados, robos y otras pérdidas). 5) De aseguramiento de la calidad (auditorias, experiencia, calificación del personal, indicadores de rendimiento, control de materiales, calibraciones, etc.). 6) Supervisión de tareas (persona encargada para efectuarlas por parte de la empresa y la persona contacto por parte del contratista, forma de desarrollarla y la relación de estas tareas de supervisión con las tareas de otros contratistas, etc.) 7) Registro de información.	
l. Consideraciones legales. Se deberán incluir las siguientes: 1) Definición de la propiedad y de los derechos de uso de “derechos relevantes” existentes inicialmente o que pudieran aparecer (documentos, información, copyright, etc.). 2) Consideraciones que protejan y aseguren el manejo adecuado de la información confidencial. 3) Lista de causas de fuerza mayor, forma de dar información a las partes, obligaciones de los mismos, protección del trabajo realizado y costos adicionales. 4) Responsabilidad de las partes por daños causados (indemnizaciones a terceros por heridas, muerte, daños a la propiedad, etc.). 5) Definir quién, dónde y cómo se resolverán las disputas que puedan presentarse. 6) Razones y procedimientos para la terminación del contrato. 7) Documentos que impliquen derechos u obligaciones de las partes. 8) Definir los formalismos a seguir en caso de presentarse variaciones, suplementos y alteraciones del contrato (formato y personas autorizadas para realizarlas).	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO V	OUTSOURCING PÁGINA 13 A
	9) Posibilidad de subcontratación de tareas incluidas en el contrato. 10) Definir de acuerdo con qué leyes, el contrato será aplicado e interpretado y resueltas las disputas. 11) Tiempo de validez del contrato, fechas de notificación y firma del contrato. 5.14. PREPARACIÓN DE UN CONTRATO DE MANTENIMIENTO Antes de la firma de un contrato de mantenimiento, es necesario realizar de forma sistemática una serie de actividades, para ayudar a eliminar dificultades en la relación contractual. Estas actividades son: - Correcta identificación de los servicios de mantenimiento requeridos, para reducir el número de candidatos u oferentes debidamente calificados y certificados. - Diseño de estrategia para implantación e implementación del servicio de mantenimiento a contratar, para determinar políticas de actuación a nivel táctico y operativo. Así mismo, servirá para la elaboración de los términos de referencia y selección de los contratistas con capacidad para ejecutar las diferentes actividades. - Reunión preliminar con los oferentes potenciales para analizar puntos de vista, preparar petición de oferta formal para desarrollo del contrato, interpretación dinámica del texto o minuta del contrato y fácil valoración de los servicios. De igual manera, ayudara en la evaluación final de las ofertas y selección de la firma a contratar. 5.15. DESARROLLO DEL CONTRATO DE MANTENIMIENTO Se deben discutir los aspectos requeridos para el desarrollo y seguimiento del contrato, desde el punto de vista de la empresa y del contratista. a. Actividades a realizar por la empresa o cliente - Se deben solucionar los puntos de carácter organizativo, tales como: facilitar el acceso al lugar donde se encuentran los equipos a mantener, suministrar la documentación técnica y planos, etc. - Seguimiento a los aspectos de índole técnica, como: aseguramiento de la calidad de los trabajos, acuerdos previos para la ejecución de trabajos extras, verificaciones técnicas periódicas y cumplimiento del contrato. - Vigilancia de los aspectos de carácter administrativo: control presupuestario del contrato, revisión y aprobación de las facturas emitidas por el contratista, pago oportuno de las mismas, etc. Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO	PÁGINA 14 A
CAPÍTULO V	OUTSOURCING	
b. Actividades a realizar por el contratista 1) Debe garantizar suministro de recursos necesarios: personal, materiales, herramientas y equipos. 2) Estudiar y preparar programas de trabajo de acuerdo con contrato y disponibilidad de recursos. 3) Establecer una gerencia para supervisión de trabajos y suministro oportuno de los recursos. 4) Controlar la calidad de los trabajos. 5) Gestionar los cambios que se puedan presentar en el contrato. 6) Gestionar la correcta emisión y presentación de las facturas. 5.16. PROCESO DE SELECCIÓN DE PROVEEDORES DEL OUTSOURCING Para desarrollar una correcta y eficiente selección de proveedores, se debe crear y organizar un “comité de selección”, conformado por usuarios de los distintos departamentos o dependencias de la empresa o institución, que harán uso del sistema <i>outsourcing</i> de mantenimiento. Este comité debe analizar las referencias presentadas por clientes actuales y anteriores del proveedor, soporte técnico, <i>know how</i> o conocimiento, solvencia económica, experiencia, imagen institucional, posicionamiento en el mercado, etc. De igual forma, se deben tener en cuenta los siguientes criterios o parámetros: a. Capacidad: recursos para la ejecución del proyecto, entre ellos están el personal idóneo y capacitado, equipos y materiales requeridos, capital, experiencia técnica y administrativa, grupos de apoyo o alianzas estratégicas, temporales o permanentes, para proyectos de gran envergadura. b. Prestigio: es el reconocimiento y posicionamiento que deben tener en el mercado. c. Disponibilidad: capacidad de ejecutar las diferentes actividades, dentro del límite de tiempo establecido o definido de antemano. Normalmente este tiempo se establece en un cronograma y lo define el inicio y fin de los trabajos. Para el mantenimiento, lo establece el tiempo de respuesta después de una llamada ante un requerimiento. d. Experiencia: esta soportado por otros trabajos del mismo tipo ejecutados anteriormente o en proceso de ejecución.		
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

Una vez analizados los diferentes parámetros por el comité evaluador, este deberá elaborar una matriz para definir y presentar la calificación de cada empresa *outsourcing* que este ofertando sus servicios.

Esta tabla puede tener la siguiente presentación y solo se debe tomar como referencia:

Parámetros	Valor preestablecido (%)	Empresa 1 %	Empresa 2 %	Empresa 3 %
• Conocimiento				
• Imagen				
• Prestigio				
• Posicionamiento				
• Estado financiero				
• Capacidad				
• Disponibilidad				
• Reputación				
• Experiencia				
• Organización				
• Grupos de apoyo				
• Personal				
• Equipo y material				

Figura 7. Parámetros a tener presente en la celebración de un Contrato de *Outsourcing* de Mantenimiento

5.17. METODOLOGÍA PARA IMPLANTAR O IMPLEMENTAR UN PROCESO DE OUTSOURCING

Implantar o implementar un proceso de *outsourcing* de mantenimiento en una empresa o institución, implica la ejecución de los siguientes pasos o etapas:

- Compromiso y apoyo de los Directivos o de la Alta Gerencia.
- Selección y análisis de procesos de las distintas dependencias o departamentos que se puedan “tercerizar” o traspasar a los proveedores de *outsourcing*.
- Nombramiento del representante de cada proceso o dependencia.
- Escoger un Director para todo el proyecto (actúa como interventor).
- Diseño y desarrollo de la metodología, la cual puede tener las siguientes cinco fases o más, si así se establece:

Fase	Descripción	Duración aproximada
Fase 1	Inicio	2-4 Semanas
Fase 2	Evaluación y análisis	4-6 Semanas
Fase 3	Planeación y organización	6-8 Semanas
Fase 4	Definición de términos y contratación	12-20 Semanas
Fase 5	Transición	2-3 SEMANAS
Fase 6	Administración y revisión	Proyecto

Figura 8. Fases para la implementación de procesos de *Outsourcing*

Cada una de las anteriores fases debe dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Qué hace o establece la fase?
- ¿Cuánto tiempo demora?
- ¿Quiénes participan?
- ¿Qué se entrega?
- ¿Qué se decide?
- ¿Quién responde y/o reporta al Director o Gerente del proyecto?

La fase 1 o de inicio, establece el alcance, define los beneficios estratégicos, pasos administrativos, dependencias y personal involucrado.

La fase 2 o de evaluación y análisis, presenta un estudio de factibilidad y una recomendación sobre si se debe o no pasar a la siguiente fase.

La fase 3 o de planeación y organización, entrega un plan para el respectivo proceso de licitación que incluye documentación, descripción detallada de servicios y plantea estrategias de negociación para con los proveedores u ofertantes y presenta listado de las firmas que se pueden invitar a concursar.

La fase 4 o de definición de términos y contratación, analiza y establece los pliegos o términos de referencia, entrega encabezados o memorias de los contratos e invitaciones a concursar.

La fase 5 o de transición, entrega documentación de los diferentes procesos administrativos, responsabilidad del proveedor y fecha de inicio del contrato.

La fase 6 o de administración y revisión, establece el seguimiento y verificación del contrato.

La siguiente figura muestra, en una forma esquemática, lo ya referido.

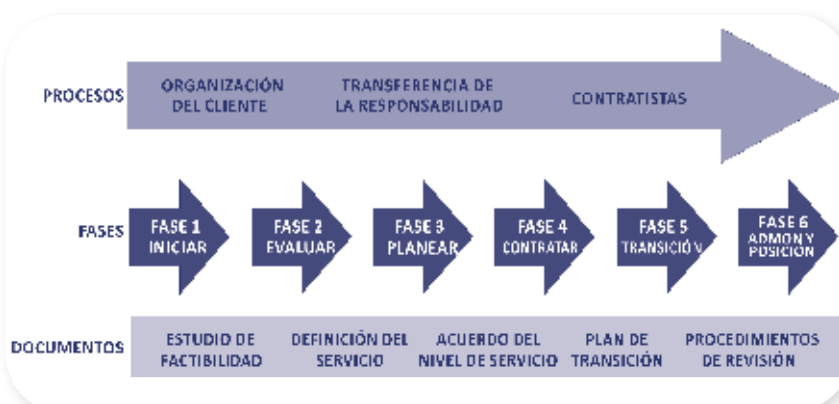


Figura 9. Interrelación de las fases para la implementación de procesos de Outsourcing

SECCIÓN A

SISTEMAS DE INFORMACIÓN DEL MANTENIMIENTO

6.1. GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los Departamentos o Secciones de Mantenimiento generan demasiada información, lo que implica la recopilación de **datos** que se deben transformar en **información**. Esta recopilación y análisis de información se hace a través de un **sistema**.

Es necesario definir estos tres términos:

- Los datos son un conjunto de números y anotaciones sobre los distintos aspectos relacionados con la función mantenimiento, los cuales se obtienen de las diferentes actividades que se ejecutan diariamente.
- La información la conforman los datos previamente ordenados y analizados, lo que permite la toma oportuna de decisiones
- El sistema de información es el componente que transforma los datos en información y los relaciona.

Las paradas registradas de los equipos de una Unidad a flote son datos. Estos datos formarán un listado en donde se registran cuándo y por qué se ha detenido cada uno; pero son solamente datos.

Pero si esos datos los analizamos y determinamos los equipos que más han parado en un periodo específico o aquellos que por su parada están generando más gastos a la Unidad, entonces se convierten en información, ya que nos permite tomar decisiones como: intervenciones, reparaciones mayores o sustituciones.

En resumen, podemos decir que la función mantenimiento genera gran cantidad de datos que es necesario ordenar y analizar para convertirla en información; lo que puede hacerse empleando sistemas informáticos, que automatizan determinados cálculos y que ordenan esos datos como se defina.

En algunas ocasiones, los sistemas informáticos no son la solución definitiva a los problemas de mantenimiento, sino que se convierten en un lastre burocrático que no soluciona problemas y por el contrario, los empeora.

Se debe entender que estos sistemas son una herramienta para establecer el qué, quién y cuándo, pero que la parte esencial de la ejecución del mantenimiento es el cómo. El programa o sistema no se ocupa del mantenimiento de la empresa o institución; es solo una herramienta. Como todo sistema de gestión de información, su función es manejar los datos que queremos se conviertan en información necesaria para la toma de decisiones.



Figura 1. Sistemas de información de mantenimiento

Fuente: http://www.inforcopiaaco.com/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=12

Fuente: <http://www.arqhys.com/fotos/software-mantenimiento-predictivo.html>

La tendencia general de las empresas e instituciones es hacia la sistematización, la cual presenta una serie de ventajas y desventajas que hacen necesario un análisis previo para determinar cuándo es funcional esa herramienta informática y cuándo se convierte en una traba que encarece y vuelve lenta la función mantenimiento.

Entre las ventajas de estos sistemas están:

- a. Control permanentes sobre las diferentes actividades
- b. Control sobre el gasto
- c. Facilita la consulta del historial del equipo
- d. Facilita la obtención de indicadores

Entre las desventajas están:

- a. Alta inversión inicial (equipo, software, mano de obra, etc.)
- b. Burocratización del sistema
- c. Aumento de personal indirecto (tareas innecesarias e improductivas)
- d. En ocasiones la información no es confiable

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VI SISTEMAS DE INFORMACIÓN

PÁGINA 3 A

Los sistemas de información son funcionales cuando es alto el número de trabajadores, de equipos, órdenes de trabajo, repuestos, insumos, etc.

6.2. OBJETIVOS DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información de mantenimiento son un programa o software vacío; es decir, es necesario suministrarles una serie de información y datos.

Para el caso específico de la función de mantenimiento, debemos suministrarle la relación de equipo, qué clases de mantenimiento se deben ejecutar, las frecuencias de las anteriores medidas en tiempo o en horas de operación; la gestión, suministro y adquisición de repuestos, insumos, herramientas, etc.

Para que el proceso de selección e implantación de un sistema de información sea correcto y funcional, es necesario definir y analizar previamente los objetivos que se quieren alcanzar.

Entre los principales objetivos tenemos:

- Ahorro de recursos o dinero
- Disponer de información rápida y veraz.

Para ahorrar recursos o disminuir gastos se debe:

- Generar mínima cantidad de papeles o información escrita
- Conocer y disponer en todo momento de los repuestos e insumos
- Saber las actividades de mantenimiento que deben ejecutarse
- No aumentar carga laboral no productiva
- Agilizar la recuperación de los equipos y sistemas.

El disponer de información de manera rápida y sencilla, nos facilita la toma de decisiones.

Entre la información que nos puede suministrar un sistema de información está:

- Historial de cada equipo o sistema
- Costos de los mantenimientos en un periodo determinado
- Planeación y programación de los mantenimientos
- Trabajos ejecutados por un tripulante o grupo de tripulantes en un periodo de tiempo

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- e. Repuestos e insumos consumidos en una reparación o un mantenimiento en un periodo de tiempo
- f. Existencia de repuestos e insumos
- g. Valor de los anteriores
- h. Registro de las averías y fallas presentadas a través del tiempo o en un periodo de tiempo
- i. Pedidos de material e insumos
- j. Otros

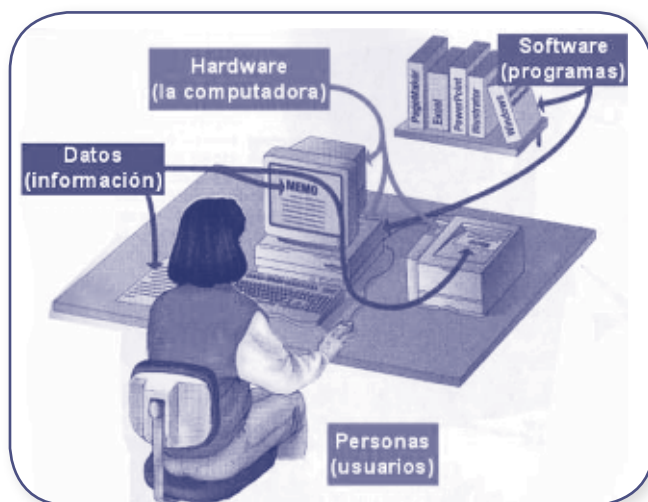


Figura 2. Implantación de sistemas de información de mantenimiento

Fuente: <http://sismancom.blogspot.com/>

6.3. ETAPAS O FASES DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

Pueden ser más de las descritas a continuación, las etapas que puede tener el proceso de implantación de un sistema de información, para la función de mantenimiento en una empresa o a bordo de una Unidad a flote.

Entre las principales están:

- a. Definición y elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento
- b. Inventario de los equipos y sistemas
- c. Codificación de los equipos y sistemas
- d. Codificación de las actividades
- e. Introducción de las actividades de mantenimiento a ejecutar

TOMO III MANTENIMIENTO		
CAPÍTULO VI	SISTEMAS DE INFORMACIÓN	PÁGINA 5 A
f. Codificación de las frecuencias g. Identificación de las tarjetas guías para ejecutar las diferentes actividades h. Codificación de los repuestos e insumos i. Codificación de los manuales técnicos, libros de taller, folletos, etc. j. Introducción del inventario de repuestos e insumos k. Introducción del Plan Maestro de Mantenimiento l. Introducción de las frecuencias y las referencias de mantenimiento m. Definición de las formas de operación o corrida del sistema n. Forma de actualizar el sistema o. Protección y/o bloqueos		
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____		

SECCIÓN A METROLOGÍA EN EL MANTENIMIENTO

7.1. INTRODUCCIÓN

a. Antecedentes

- 1) En 1790, a finales de la Revolución Francesa, la Academia de Ciencias de París por encargo de la Asamblea Nacional Francesa presenta la proposición para crear un sistema único de medidas.
- 2) El 20 de mayo 1875 se adoptó universalmente el Sistema Métrico Decimal mediante el tratado “Convención del Metro”.
- 3) En 1875 se crea la Conferencia General de Pesos y Medidas, el comité y la Oficina de Pesos y Medidas
- 4) En un principio existieron varios Sistemas: CGS – MKS – MKSA – MTS
- 5) En 1948 se selecciona el MKS para estudio y en 1954 se establece como sistema de medición
- 6) En 1960 se denomina Sistema Internacional de Unidades (SI), a este sistema
- 7) La Conferencia General de Pesos y Medidas, es la máxima autoridad de la metrología científica y es la que aprueba nuevas definiciones del SI y recomienda a los países que lo integren a sus legislaciones
- 8) En 1905 se promulga la ley 33 “La Unidad de Pesos y Medidas” es un elemento de Unidad Nacional
- 9) El Sistema Internacional se hace obligatorio y oficial en Colombia mediante el Decreto No. 1731 de 1967 del MDE
- 10) El Decreto 2153 de 1992 establece entre las funciones de la División de Protección al Consumidor “Divulgar el Sistema Internacional de Unidades” en los diferentes sectores industriales
- 11) El Concejo Nacional de Normas y Calidades a través de la Resolución No. 005 del 03 de abril de 1995 oficializa el uso del SI mediante la Norma Técnica Colombiana - NTC 1000 (Metrología - Sistema Internacional de Unidades). Cuarta revisión, equivale a ISO 1000

b. La Metrología en la Armada Nacional

La Armada Nacional implementó el Sistema de Gestión de Calidad a través de la Norma NTC-ISO 9001/200 y NTC-GP 1000/2004, y en cumplimiento del numeral 7.6 de la misma norma, la Institución a través de la Jefatura de Material, diseñó e implementó el Programa de Aseguramiento Metrológico – PAM.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VII METROLOGÍA

PÁGINA 2 A

El PAM tiene como propósito asegurar la gestión, los equipos y procesos de medición utilizados para alcanzar los objetivos de calidad de la Armada Nacional, evitando que éstos produzcan resultados incorrectos que afecten el desarrollo de las operaciones.

Dentro de este programa; es decir del PAM, con la ayuda de expertos en la materia y la experiencia del personal de la Armada Nacional, se documentó el procedimiento “Aseguramiento Metrológico” identificado dentro del Sistema de Gestión de Calidad con el código MAN-PT-432-JEMAN-V02, el cual contempla la identificación de equipos, determinación de la criticidad de la medición, codificación de instrumentos, actividades de control metrológico, uso y conservación de equipos, manejo de equipos no conformes, selección de proveedores y servicios metrológicos, aplicables a las Unidades de flote y de apoyo en tierra.

Es por esto que todo instrumento de medición debe estar incluido dentro del Programa de Aseguramiento Metrológico, a través de la elaboración de la ficha técnica del instrumento; formato que se puede encontrar en la SUIT EMPRESARIA con el código MAN-FT-777-JEMAN-V01 y relacionado en el listado maestro de equipos para el control metrológico, formato código MAN-FT-776-JEMAN-V01.

Para continuar con el sostenimiento del Programa de Aseguramiento Metrológico – PAM, se tiene como referencia la Directiva Permanente N° 11 MD-CG-CARMA-SECAR-JEMAN-OPLAMA-23.1 del 30 de Agosto de 2011, en el cual se dan los objetivos, alcance y la ejecución para la consolidación y sostenibilidad del Programa de Aseguramiento Metrológico en la Armada Nacional.

c. Definiciones

La Metrología se define como la ciencia de la medición. Su objetivo principal es garantizar la confiabilidad de las mediciones. La metrología es una ciencia en constante evolución y desarrollo.

La medición se define como el conjunto de operaciones cuyo objetivo es determinar el valor de una magnitud o cantidad.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

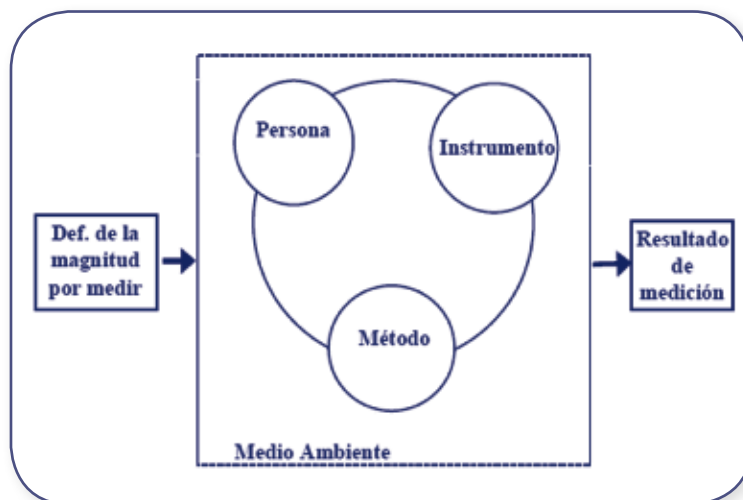


Figura 1. Definición y resultado de la medición

Fuente: Metrología, conceptos y mediciones Pontificia Universidad Javeriana

En la anterior figura se muestra la medición como un proceso en el que el producto final es el resultado de la medición. Sobre la base de este resultado se toman decisiones.

Debido a este carácter decisorio, se hace necesario asegurar que el resultado de cualquier medición sea confiable. Esto quiere decir que se debe verificar que el resultado de la medición sea de buena calidad.

Por lo anterior, se debe tener en cuenta que el resultado de la medición tiene diferentes atributos para evaluar su calidad.

Entre estos parámetros están:

- Error
- Incertidumbre
- Incertidumbre relativa
- Error relativo
- Trazabilidad

I) Error. Se define como:

$$\text{Error} = \text{Resultado de medición} - \text{Valor verdadero}$$

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO VII METROLOGÍA	PÁGINA 4 A
El valor verdadero de una magnitud corresponde a un resultado obtenido por sistemas de medición más sofisticados o refinados que los que se disponen en un momento dado. Un valor verdadero por lo general se encuentra en tablas de textos, en la tabla periódica, reportes científicos, etc.	
2) Incertidumbre Es un parámetro que establece un intervalo, alrededor del resultado de medición, de los valores que también podrían haberse obtenido durante la medición con cierta probabilidad. Se deben tener en cuenta todos los puntos de variación que pueden afectar significativamente a la medida. Por ejemplo, al medir el diámetro del bulón de un pistón con un pie de referencia, un motociclista reporta el resultado como: $d = 7.525 \text{ Cm} \pm 0.005 \text{ Cm}$ Al leer esta información se debe interpretar que 7.525 centímetros (Cm) es el mejor estimado que el motociclista pudo hacer para la variable diámetro del bulón. De igual forma, se interpreta que la incertidumbre de la medida para 0.005 cm; esto quiere decir, que después de analizar los diferentes puntos de variabilidad que pueden afectar la medida, el motociclista estima que si bien el valor obtenido fue $d = 7.525 \text{ cm}$; los valores comprendidos en el intervalo $7.520 \text{ cm} < d < 7.530 \text{ cm}$ También podrían haberse obtenido como resultado de medida con ese mismo sistema de medición (instrumento, medio ambiente, persona, método, etc.)	
3) Incertidumbre relativa Una incertidumbre de un (01) metro al medir la altura de un edificio es más significativa que una incertidumbre de un (01) metro en la medición de la longitud de una carretera que une dos ciudades. Frecuentemente se compara la incertidumbre de un de un resultado con el resultado mismo. Esto se hace a través de la incertidumbre relativa, que se define por:	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III	MANTENIMIENTO
CAPÍTULO VII	METROLOGÍA
	PÁGINA 5 A
	Incertidumbre relativa = $\frac{\Delta y}{y}$ Donde Δy = Incertidumbre de la medición Y = Incertidumbre 4) Error relativo Cuando se ha obtenido un valor convencionalmente verdadero para determinar el error, también se puede calcular el error relativo. Esta se define de manera similar a la incertidumbre relativa: Error relativo = $\frac{\text{error}}{\text{valor convencionalmente verdadero}}$ 5) Trazabilidad Definida por la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) como la profundidad del resultado de una medida o del valor de un estándar donde este pueda estar relacionado con referencias específicas, esencialmente estándares Nacionales o internacionales, a través de una cadena continua de comparaciones todos con incertidumbres especificados. También se le define como la capacidad como la capacidad de seguir un producto a lo largo de una cadena de suministros, desde un origen hasta su estado final como artículo de consumo. 7.2. CLASIFICACIÓN La metrología se divide en: • Metrología Legal • Metrología Industrial • Metrología Científica a. Metrología Legal Está relacionada con requisitos técnicos obligatorios. Comprueba estos requisitos con el fin de garantizar medidas correctas en el área de interés público, como el comercio, la salud, el medio ambiente y la seguridad. Protege a los consumidores para que reciban servicios y bienes con las características o especificaciones que se anuncian y ofrecen.
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____
Reemplaza a: _____	

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VII METROLOGÍA

PÁGINA 6 A

El alcance de la metrología legal depende de las reglamentaciones nacionales y puede variar de un país a otro.

Es ejercido con los gobiernos y entre su cobertura aparece:

- 1) Verificación de cintas métricas
- 2) Verificación de basculas, balanzas y pesos
- 3) Verificación de contadores de energía, agua, gas, etc.
- 4) Verificación de cilindros de gas
- 5) Verificación de taxímetros
- 6) Verificación de surtidores de combustible en estaciones de servicio y puestos de acopio
- 7) Verificación de productos pre – comprados



Figura 2. Calibración de dispositivos

Fuente: http://m-y-d-s.com/es/hand_tools/tape_measure/

Fuente: <http://desenchufados.net/como-funciona-un-contador-de-la-luz/>

Fuente: http://www.contadoresyempresas.com.pe/noticia.php?code_noti=N000006421

En la metrología legal se encuentran varios aspectos básicos:

- 1) Disponer de la Ley de Metrología
- 2) Contar con personal capacitado y especializado
- 3) Contar con equipo acorde a lo establecido

b. Metrología Industrial

Esta área de la Metrología se centra en las medidas aplicadas a la producción y el control de calidad. Parámetros típicos son los procedimientos e intervalos de calibración, control de los procesos de medición y la gestión de los equipos de medidas.

Este campo tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de las mediciones que se realizan día a día en la industria.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Se aplica en:

- 1) Calibración de equipos de medición y prueba
- 2) Etapa de diseño de un servicio o producto
- 3) Inspección de materias primas, proceso y producto finalizado
- 4) En acciones de mantenimiento
- 5) En acciones de prueba de equipos
- 6) Durante la prestación de servicios técnicos a productos
- 7) Durante la prestación de un servicio

Los servicios se pueden calibrar en el exterior o en el país.

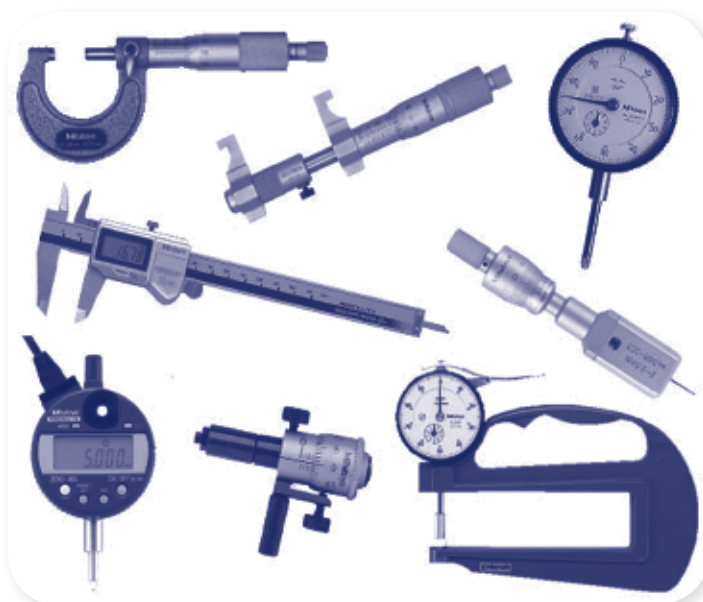


Figura 3. Instrumentos de la Metrología

Fuente: <http://alejakmi.blogspot.com/2011/04/la-metrologia-en-los-procesos.html>

c. Metrología Científica

También se le conoce como Metrología General. Se ocupa de los problemas técnicos y prácticos relacionados con las unidades de medida (como la estructura de un sistema de unidades o la conversión de las unidades de medidas en formulas), del problema de los errores en las medidas, del problema en las unidades metroológicas de los instrumentos de medidas aplicables independientemente de la magnitud involucrada.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VII METROLOGÍA

PÁGINA 8 A

En este campo se investiga, para mejorar los patrones, las técnicas y métodos de medición, los instrumentos y la exactitud de las medidas.

Se ocupa de actividades como:

- 1) Mantenimiento de patrones internacionales
- 2) Búsqueda de nuevos patrones que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición
- 3) Mejoramiento de la exactitud de las mediciones necesarias para los desarrollos científicos y tecnológicos.

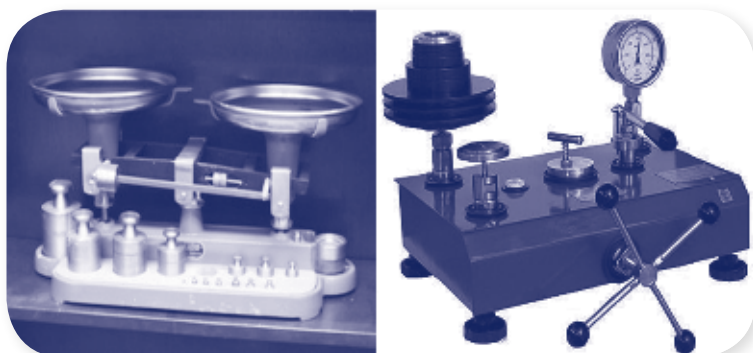


Figura 4. Establecimiento de patrones de medición

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos87/metrologia-y-calibracion/metrologia-y-calibracion.shtml>

Fuente: <http://www.metrology.ws/SERVICIOS%20DE%20METROLOGIA.html>

7.3. ÁREAS DE LA METROLOGÍA

La metrología también se clasifica de acuerdo con la variable que se está midiendo:

- a. Masas y balanzas
- b. Mediciones longitudinales y geométricas
- c. Temperatura (termometría)
- d. Presión (manometría)
- e. Electricidad (mediciones eléctricas)
- f. Humedad (higrometría)
- f. Volumen
- g. Densidad
- h. Tiempo y frecuencia
- i. Fuerza

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- j. Torque
- k. pH
- l. Otras

7.4. IMPORTANCIA DE LA METROLOGÍA DENTRO DE LA ARMADA NACIONAL

El aseguramiento de la calidad conlleva la planificación y control de la calidad misma. Dentro de la Institución implica calidad con los diferentes procesos que se ejecutan para lograr el cumplimiento de la misión asignada.

El aseguramiento de calidad obtenido en nuestras distintas operaciones marítimas, fluviales, submarinos, aéreos y administrativos, hace que se genere confianza dentro y fuera de la Institución misma.

En el cumplimiento de las diferentes operaciones participan Unidades a flote y aéreas, equipos sofisticados de comunicaciones y posicionamiento para el personal de las citadas Unidades y para el personal de tierra (Infantería de Marina). Esas Unidades y equipos están dotados de instrumental e indicadores, análogos y digitales, que requiera de un cuidado especial; ya que de otra forma, no se podría garantizar el correcto funcionamiento de las mismas y garantizar por consiguiente, la seguridad de sus Tripulaciones y el cumplimiento de la misión asignada.

Para el aseguramiento de la calidad en el contexto citado, se requiere que los diferentes instrumentos de medición están bien mantenidos y calibrados.



Figura 5. Instrumentos de medición eléctrica

Fuente: http://www.pebsacontrol.com.ar/es/instrumentacion-para-tableros-electricos_terrestre.php

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VII METROLOGÍA

PÁGINA 10 A

Un equipo o un dispositivo calibrado es el que nos da la certeza de que lo que estamos monitoreando o midiendo es lo más aproximado a la medida real o esperada. Así mismo, esa medida debe ser precisa, exacta y comprobable o comprobable con otros estándares.

Los intervalos de las calibraciones que se haga a un equipo o un dispositivo de medición, están relacionados con el Tipo de las mimas recomendaciones de los proveedores o fabricantes, la tendencia de los datos obtenidos durante las calibraciones ejecutadas, los registros de los mantenimientos, el alcance y severidad del área de trabajo, la exactitud o precisión requerida y las condiciones ambientales en que se emplean estos dispositivos o indicadores.

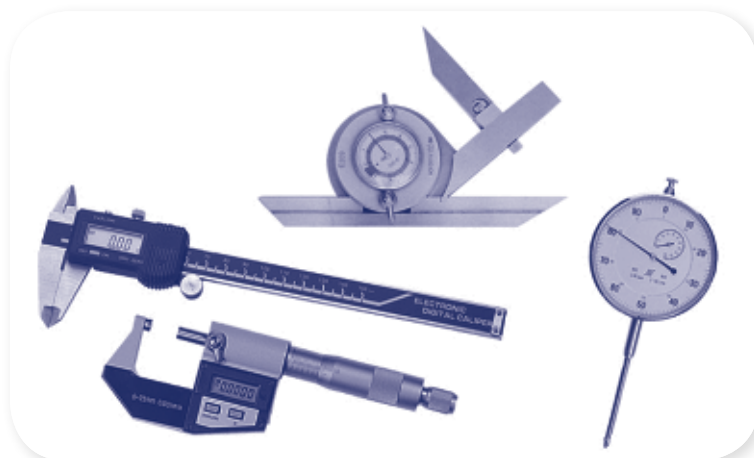


Figura 6. Dispositivos de precisión
Fuente: <http://nalinissuarez.blogspot.com/>

Es clave que a bordo de las Unidades a flote y aéreas, se lleven precisos registros de las calibraciones y estado de operación de estos elementos y que se les da la importancia que ellos tienen.

7.5. BENEFICIOS DE LA METROLOGÍA

La Metrología proporciona grandes beneficios a la industria:

- Promueve el desarrollo de un sistema armonizado de medidas, análisis de ensayos exactos
- Facilita herramientas de medidas requeridos en la investigación y desarrollo de áreas definidas

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO VII	METROLOGÍA	PÁGINA 11 A
	c. Facilita herramientas para definir y controlar la calidad del bien o servicio d. Mejora métodos y medios de medición e. Facilita intercambio de información científica y técnica f. Posibilita una mayor normalización internacional de productos, equipos, maquinaria, repuestos y medios de medición.	
7.6.	EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI) El sistema Internacional de Unidades (SI) se origina en el sistema métrico, sistema de medición adoptado por la convención del metro en 1875. En 1960, la Conferencia General de Pesos y Medidas (CGPM) adoptó el nombre de Sistema Internacional de unidades (SI). Este está en uso más de 100 países. Está formado por siete unidades básicas y varias unidades derivadas, las cuales son: a. El metro (m) para la magnitud longitudinal b. El kilogramo (Kg) para la magnitud masa c. El segundo (s) para la magnitud del tiempo d. El amperio (A) para la corriente eléctrica e. El grado Kelvin (°K) para la temperatura termodinámica f. El mol (mol) para la cantidad de sustancias g. La candela (cd) para la intensidad luminosa A partir de este conjunto coherente de unidades de medición se establecen otras medidas derivadas, mediante los cuales se miden diversas magnitudes como la velocidad, aceleración, fuerza, presión, energía, tensión y resistencia eléctrica, entre otros. Estas unidades fundamentales adoptados por la CGPM se definen así: a. Metro (m) Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de $1 / 299\,792.458$ de segundo (17° Conferencia General de pesos y Medidas de 1983). b. Kilogramo (Kg) Se define como la masa igual a la del prototipo internacional del kilogramo (1° y 3° Conferencia General de Pesos y Medidas de 1889 y 1901)	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

c. Segundo (s)

Duración de 9.192.631.770 periodos de la radiación correspondiente a la transmisión entre los dos niveles y perfinos del estado base del átomo de Cesio 133 (13° Conferencia General de Pesos y Medidas de 1967).

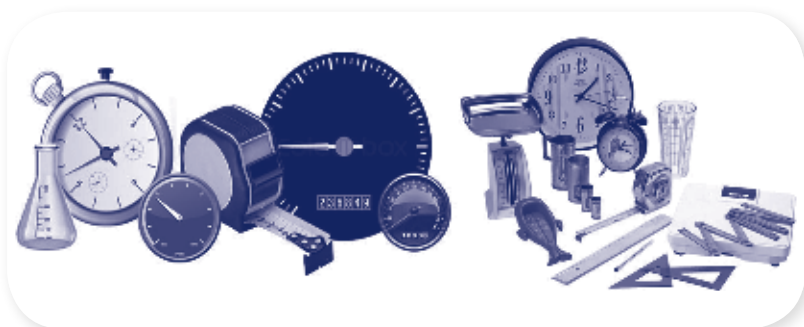


Figura 7. Sistema Internacional de Unidades

Fuente: <http://www.sic.gov.co/sistema-internacional-de-unidades>

Fuente: <http://mlasimov.wordpress.com/tag/sistema-internacional-de-unidades/>

d. Amperio

Se define como la intensidad de una corriente constante, que mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita de reacción circular despreciable, colocados a un metro de distancia entre sí en el vacío, produciría entre otros conductores una fuga igual a 2×10^{-7} newton por metro de longitud (9° Conferencia General de Pesos y Medidas de 1948).

e. Kelvin (k)

Es la fracción $1/27316$ de la temperatura termodinámica del punto triple del agua (13° Conferencia General de Pesos y Medidas de 1967).

f. El mol (mol)

Se define como la cantidad de materia que contiene tantas unidades elementales como átomos existen un 0.012 kilogramos de Carbono 12 (12c) (14° Conferencia General de Pesos y medidas de 1971).

g. La candela (Cd)

Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hz y cuya intensidad energética en esa dirección es de 1/683 watts por (16° Conferencia General de Pesos y Medidas de 1979).

Magnitud	Unidad	Símbolo
Longitud	Metro	m
Masa	Kilogramo	kg
Tiempo	Segundo	s
Corriente eléctrica	Amperio	A
Temperatura termodinámica	Kelvin	K
Intensidad luminosa	Candela	Cd
Cantidad de sustancia	Mol	mol

Figura 8. Unidades básicas del SI

h. Unidades derivadas

Se forman por combinaciones simples de las unidades del SI de base y de acuerdo con leyes de la física

Magnitud	Unidad	Símbolo
Superficie	Metro cuadrado	m ²
Volumen	Metro cúbico	m ³
Velocidad	Metro por segundo	m/s
Aceleración	Metro por segundo cuadrado	m/s ²
Fuerza	Newton (kg. m / s ²)	N
Densidad	Hilogramo por metro cúbico	kg/m ³
Trabajo	Julio	J

Figura 9. Unidades derivadas

i. Múltiplos y submúltiplos

En la siguiente figura se muestran los prefijos empleados para los múltiplos y los submúltiplos más usados

Múltiplo	Símbolo	Valor abreviado	Valor extendido
Exa	E	10^{18}	1000000000000000000
Peta	P	10^{15}	1000000000000000
Tera	T	10^{12}	1000000000000
Giga	G	10^9	1000000000
Mega	M	10^6	1000000
Kilo	K	10^3	1000
Hecto	H	10^2	100
Deca	Da	10	10
Submúltiplo	Símbolo	Valor abreviado	Valor extendido
deci	d	10^{-1}	0.1
centi	c	10^{-2}	0.01
mili	m	10^{-3}	0.001
micro	μ	10^{-6}	0.000001
nano	n	10^{-9}	0.000000001
pico	p	10^{-12}	0.000000000001
femto	f	10^{-15}	0.000000000000001
alto	a	10^{-18}	0.000000000000000001

Figura 10. Múltiplos y submúltiplos

7.7. PATRÓN DE MEDIDA

Un patrón puede ser un instrumento de medida, una medida materializada, un material de referencia o un sistema de medida destinado a definir, realizar o reproducir una unidad o varios valores de magnitud, para que sirvan de referencia.

Estos patrones de medidas pueden ser:

- Primario
- Nacional
- Internacional
- Secundario
- De trabajo
- De referencia
- De transferencia
- Viajero



Figura 11. Patrones de medidas

Fuente: <http://sistemadmedidas.blogspot.com/2011/05/trabajo-de-metrologia.html>

7.8. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEDICIÓN Y ENSAYO

El comportamiento de los equipos de medición y ensayo pueden cambiar con el transcurso del tiempo gracias a la influencia del medio ambiente; es decir, por el desgaste natural, sobrecarga o por uso inapropiado.

La exactitud de la medida dada por un equipo, requiere ser comprobada de vez en cuando.

Para poder hacer esta verificación, el valor de una cantidad medida por el equipo se comparará con el valor de la misma cantidad proporcionada por un patrón de medida. Esto se reconoce como calibración.

Cambio No.	Fecha de cambio	Reemplaza a:
------------	-----------------	--------------

TOMO III MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO VII METROLOGÍA	PÁGINA 16 A
La comparación con patrones revela si la exactitud del equipo de medida está dentro de las tolerancias especificadas por el fabricante o dentro de los márgenes de error prescrito. Especialistas recomiendan una recalibración a los equipos, bien sea eléctrica o mecánica, o después de que el equipo haya sufrido un golpe o alguna manipulación incorrecta. 7.9. INSTRUMENTOS O INDICADORES A continuación se relacionan instrumentos o indicadores de medidas de a bordo que deben ser sometidos a revisión, mantenimiento y calibración y ajuste • Termómetros • Explosímetros o detectores de gases • Sonómetros • Tacómetros • Amperímetros • Vatímetros • Medidores de aislamiento • Ohmímetro u óhmetro • Multímetro digital • Voltímetros • Frecuencímetros • Calibrador de espesores • Balanzas y pesas • Manómetros de presión • Interruptores • Presóstatos • Indicadores de ángulo • Cronómetros • Contadores universales de flujo • Alarmas automáticas y manuales • Sensores de humo, fuego, calor y temperatura • Sensores de nivel de tanques • Sensores de inundación	
Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____	

TOMO III	MANTENIMIENTO	
CAPÍTULO VII	METROLOGÍA	PÁGINA 17 A
	• Herramienta especializada: - Indicadores de caratula - Micrómetros - Vernier • Otros	
	7.10. FRECUENCIAS DE CALIBRACIÓN, REVISIÓN Y MANTENIMIENTO Teniendo en cuenta la función que cumplen, la importancia del equipo en que están instalados, la frecuencia de empleo o tiempo de operación, entre otros, los instrumentos o indicadores de medidas deben incluirse en los Programas de Mantenimiento y efectuarles las revisiones, ajustes, limpieza y calibración con personal especializado de a bordo o especializado de talleres externos. a. Los mantenimiento de a bordo consisten en: 1) Limpieza del vidrio o acrílico de protección con un trapo limpio impregnado de alcohol 2) Verificación periódica de las conexiones eléctricas tanto en el indicador o sensor como en la regleta y terminales 3) Verificación de las conexiones del elemento sensor 4) Verificación del ajuste y fijación de los indicadores y elementos sensores 5) Verificación del estado del elemento sensor. Periódicamente retirar el elemento sensor para inspeccionarlo 6) Verificación periódica del punto cero y ajuste de acuerdo con las instrucciones dadas por el fabricante 7) Registrar las actividades efectuadas en el respectivo historial b. Verificación y calibración por talleres especializados 1) Verificar el contenido del protocolo o procedimiento a seguir por parte del técnico 2) Presenciar las respectivas pruebas 3) Registrarlas en el respectivo historia Nota : Los indicadores y sensores especializados no deben tratarse de calibrar si el fabricante no da las instrucciones correspondientes; es decir, los procedimientos en el manual técnico. Si lo anterior no está registrado, deberá procederse a apoyo del astillero o de taller especializado.	
Cambio No. _____	Fecha de cambio _____	Reemplaza a: _____

SECCIÓN A

SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL, SOPORTES DE LA FUNCIÓN DEL MANTENIMIENTO

8.1. INTRODUCCIÓN

La **salud y el trabajo** son hechos históricos, por consiguiente, han evolucionado a través del tiempo.

La Organización Mundial de la Salud – OMS- define la salud como el estado de bienestar físico, mental y social.

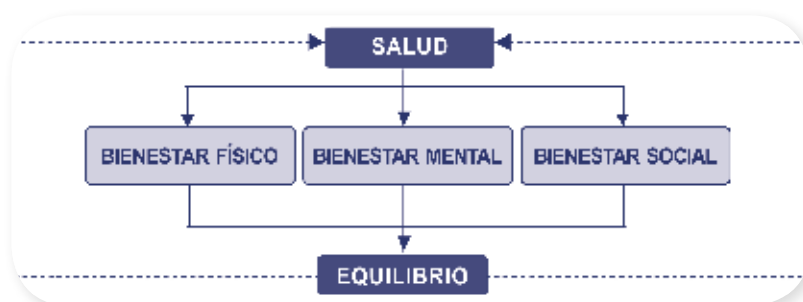


Figura 1. La salud según la Organización Mundial de la Salud

La **salud** es el equilibrio de las características de tipo físico, mental y social, que produce unas condiciones de bienestar en los individuos.

- a. **Salud física:** Es la ausencia de alteraciones en el componente físico de las personas. Es la ausencia de alteraciones de tipo mental, las cuales pueden ser detectadas mediante la observación del comportamiento de los individuos, comparados con patrones de comportamientos ya establecidos.
- b. **Enfermedad mental:** Se interpreta como una patología multicausal, que se relaciona con los factores de disponibilidad y acompañamiento del afecto en el proceso de crecimiento y desarrollo, y exposición a sustancias psicoactivas (ambiente laboral y social)
- c. **Salud social:** Es un factor determinante para la salud física y mental, ya que se relaciona con la satisfacción de necesidades básicas: educación, vivienda, alimentación, vestido, trabajo, bienestar, etc.

La salud debe entenderse como el resultado de la interacción de múltiples variables, que determinan una condición específica en cada individuo. La salud no puede interpretarse como la ausencia de enfermedad física o mental.

El trabajo se interpreta como la actividad de los seres humanos para transformar la naturaleza en su beneficio.

Todo lo que el hombre moderno utiliza, es fruto del trabajo de otros hombres. El trabajo es definido por Hegel como: “El hacer social e histórico del hombre”; es decir, el trabajo es lo que el hombre hace y ha hecho siempre.

La relación entre salud y trabajo es directa, tanto que cada una forma parte de la definición de la otra. La salud influye directamente en el trabajo, pues cuando una persona está en buen estado de salud, puede realizar con mejor capacidad y propiedad una actividad. De igual forma, el trabajo puede inferir en la salud al convertirse en el espacio propicio para entrar en contacto con factores de riesgo en ambientes de trabajo y alterar así, las condiciones de salud física y mental.

“Siendo necesaria la salud para trabajar, paradójicamente, trabajando se pierde la salud”

8.2. SALUD OCUPACIONAL

La Salud Ocupacional es la ciencia que tiene por finalidad proteger y mejorar la salud física, mental y social de los trabajadores en los puestos de trabajo.

Se define como la condición física, mental y social, que se da en el trabajador como resultado de los riesgos a que se expone, derivados de su modo de incorporación y ubicación en el proceso de trabajo.

Su propósito es proporcionar condiciones de trabajo seguras, sanas, higiénicas y estimulantes para los trabajadores, con el fin de evitar la ocurrencia de accidentes de trabajos y enfermedades profesionales. Con ella se busca eliminar los factores de riesgo nocivos, que afecten la vida del trabajador o que deterioren el medio ambiente.

Tiene, entre otros, los siguientes objetivos:

- a. Identificar los agentes o fuentes de riesgo para evaluarlos, priorizarlos y establecer las diferentes formas para minimizarlos y prevenirlos tanto en la fuente, como en el medio y en los tripulantes o personal expuesto

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 3 A

- b. Establecer e implementar programas de mantenimiento preventivo a los equipos, sistemas, herramientas, redes e instalaciones locativas
- c. Organizar y desarrollar planes de emergencia y evacuaciones
- d. Promover, desarrollar y evaluar programas de entrenamiento e inducción
- e. Garantizar la seguridad y la salud física, mental y social del personal de a bordo y de las instalaciones terrestres, mediante la reducción de los incidentes y accidentes de trabajo

Los objetivos de la Salud Ocupacional están enfocados al mantenimiento y a la preservación de la salud del individuo en el puesto de trabajo y en su contexto social. De igual forma, debe lograr adaptar el trabajo al individuo y cada individuo a su trabajo (la reubicación hace parte de este proceso).

Sin embargo, lo que importa a la Salud Ocupacional no es solamente el criterio compensatorio que implican los conceptos de accidente de trabajo y enfermedad profesional (ATEP), sino determinar el papel que juegan las condiciones de trabajo en el proceso salud – enfermedad.

En la medida en que el valor de la salud y la seguridad en el trabajo se difunda a todos los niveles dentro de la cultura organizacional, con actitud positiva, apoyo y respeto; los trabajadores de diferente estrato social, política, credo y grado de educación, aprenderán a compartir un sistema de valores y un código de principios enmarcado dentro del respeto a la conducta de la **prevención, protección, auto cuidado, la calidad y la productividad**, como una valiosa contribución al desarrollo personal y organizacional.



Figura 2. Salud Ocupacional y Seguridad Industrial

Fuente: <http://www.clinicentroempresarial.com/saludocupacional.html>

Fuente: <http://icsavirtual.com/web/programas-tecnicos/102-seguridad-industrial>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

La Salud Ocupacional es una disciplina orientada con enfoque social, en donde el escenario lo determina el puesto de trabajo de cada uno de los trabajadores o tripulantes.

La coordinación con otras disciplinas, hace que se aporten nuevos conocimientos en beneficio de esos trabajadores y de la Institución en organización laboral.

Es a través del trabajo, como los miembros de la Institución acceden al mejoramiento de su campo económico y mejoran o mantienen la posición social en que se encuentran.

De la misma forma, el trabajo influye o puede influir negativamente en la salud, ya que es el espacio y la oportunidad para entrar en contacto o exponerse a factores de riesgo no controlados en ambientes laborales, afectándose con ello, las condiciones de la salud física y mental. Esta es la forma de exponerse a los denominados riesgos profesionales.

Los Programas de Salud Ocupacional con sus respectivos subprogramas de Medicina Preventiva y del Trabajo, Higiene y Seguridad Industrial, deben ser coordinados, revisados y ejecutados en conjunto con los Hospitales Navales.

Si es posible, se debe buscar la participación del Cuerpo Voluntario de Bomberos en los ejercicios de incendio, explosiones, inundaciones, derrames, evacuaciones y rescate, que se ejecuten como parte de los entrenamientos de Seguridad Industrial y Control de Averías programados.

En la prevención de riesgos laborales, lo primero que hay que intentar es evitar los riesgos, y si no se puede conseguir, evaluar los riesgos que no se pueden evitar y tomar las medidas necesarias para minimizarlos.

Es preciso analizar los accidentes de trabajo y buscar sus causas, evitando justificarlos por la mala suerte, la casualidad o achacarlos exclusivamente a la falta de cuidado del operario o tripulante.

Es necesario combatir los riesgos en su origen. Será necesario descubrir los riesgos de contraer enfermedades profesionales, teniendo en cuenta los contaminantes existentes, su concentración, intensidad y exposición a los mismos.

La gestión de la prevención se basa en seis factores determinantes:

- a. **El comportamiento del Alto Mando:** El Alto Mando Naval debe dejar clara la voluntad y objetivos en cuanto a seguridad y debe definir funciones y responsabilidades dentro de la Institución.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 5 A

- b. Diagnóstico de situación, evaluación de riesgos y control periódico:** Se debe asegurar que se analicen y evalúen los riesgos asociados al trabajo, y que la seguridad se verifique periódicamente para comprobar el cumplimiento estricto de las Directrices impartidas al respecto.
- c. Planificación preventiva:** Deben fijarse objetivos en materia de seguridad y aportar los medios para lograrlos. Así mismo, controlar los resultados en forma periódica.
- d. Organización preventiva:** Se debe establecer un servicio de prevención ya sea externo o interno. Debe conformarse además, los comités Paritarios de Salud Ocupacional- COPASO- y designarse los delegados de prevención.
- e. Recogida y tratamiento de información:** Debe asegurarse la recepción de toda la información que genera el programa de prevención, y asegurarse que esa información llegue a todos los interesados.
- f. Formación e información:** Deben desarrollarse todas las acciones formativas e informativas para la aplicación del programa preventivo

8.3. FACTORES DE RIESGO

Se entiende por factor de riesgo, los elementos y acciones que tienen capacidad potencial de producir lesiones o daños materiales.

En las diferentes Unidades a flote, aéreas e instalaciones terrestres, se presentan potenciales riesgos de incendios y explosiones, causadas por el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables (líquido, sólido y gaseoso).



Figura 3. Factores de riesgo laboral

Fuente: <http://sisoma-colombia.blogspot.com/2012/12/factores-de-riesgo-ocupacional.html>

Fuente <http://www.tduca.com/index.php?noticias=18>

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

La magnitud de los riesgos por sustancias inflamables, depende las propiedades físico-químicas de las sustancias y de la cantidad existente.

Para un líquido, el punto de combustión, temperatura de auto-ignición, los límites de explosión, la densidad del vapor y la habilidad para acumular cargas electrostáticas, son factores importantes. Los riesgos se pueden acentuar por la presencia o aumento del oxígeno.

Una buena práctica exige que los riesgos sean identificados, cuantificados y se establezcan procedimientos para minimizarlos.

El cuidado de la Salud Ocupacional, depende de la identificación de riesgos potenciales para la salud de las personas en sus puestos de trabajo, y del control de dichos riesgos dentro de límites aceptables o permitidos. Esta es una labor de los Señores Oficiales, con asesoría de los especialistas de los Hospitales Navales.

Durante las labores de operación y mantenimiento de equipos, o de transporte, almacenamiento y manejo de lubricantes, grasas y combustibles, los tripulantes de las Unidades pueden estar expuestos a las diferentes clases de factores de riesgo, unas en mayor proporción que otras y con consecuencias diversas.

Los orígenes de los factores de riesgo profesional, están asociados con dos elementos esenciales de la evolución y desarrollo del trabajo.

Estos elementos son la tecnificación y la organización:

- a. **Tecnificación:** Es la incorporación de métodos, máquinas, equipos y procesos, con objetivos para lograr incrementar la velocidad y el desempeño.
- b. **Organización:** Es la forma mediante la cual se establece un estilo de gestión, de relación entre niveles y entre personas. También involucra elementos de carácter agresivos. Estos elementos son conocidos como factores de riesgo psicosocial.

8.4. CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

Las contingencias derivadas de los factores de riesgo profesionales aceptados en Colombia, son el Accidente de trabajo y la Enfermedad Profesional, también conocidos como ATEP.

Para que estos factores se presenten, se requiere que el trabajador esté expuesto a uno o más factores de riesgo, por un periodo de tiempo determinado y una concentración dada.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 7 A

Los factores de riesgo en el ambiente laboral, se pueden clasificar en **factores de riesgo de seguridad** y **factores de riesgo de higiene**.

Los factores de **riesgo de seguridad** son:

- a. Mecánicos
- b. Eléctricos
- c. Locativos
- d. Físico – químicos (factores de incendio)

Los factores de **riesgo de higiene** son:

- Físicos
- Químicos
- Biológicos
- Saneamiento y medio ambiente
- Psicosociales o psicolaborales
- Ergonómicos

Los factores de riesgo de seguridad generan accidentes de trabajo (AT) y los de higiene generan enfermedad profesional (EP)

A continuación se relacionan algunas fuentes de los diversos grupos de factores de riesgo:

a. De seguridad

- 1) Mecánicos: Pueden ser generadas por herramientas manuales, vehículos en mal estado, equipos, motores, etc.

De igual forma, por utensilios de cocina, tijeras, destornilladores, sierras de corte, esmeriles, objetos metálicos, falta de guantes, falta de protección en las tomas de fuerza o piezas en movimiento, sistemas de seguridad anulados, proyección de partículas o líquidos (ácidos o bases), etc.

- 2) Físico – químicos (factores de incendio): Son causados por el mal manejo de materiales combustibles e inflamables; por ejemplo, almacenamiento inadecuado de materiales y/o sustancias explosivas o inflamables, presencia de gases explosivos, manipulación incorrecta de material inflamable.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

También por la acumulación de material de fácil inflamabilidad como: algodón, papel, madera seca, trapos impregnados de aceite, combustible o grasas; cilindros o depósitos de gases comprimidos almacenados o colocados cerca de fuentes de calor, o a la intemperie, conexiones eléctricas en mal estado o mal elaboradas pudiéndose generar corto-circuitos, fumar cerca o en presencia de material o sustancias inflamables, mala manipulación de los aceites de cocina en presencia de llamas altas, transporte inadecuado o incorrecto de combustibles, aceites, grasas y sustancias inflamables o explosivos, depósitos o tuberías de combustible o gases con escapes, etc.

- 3) **Eléctricos:** Son todos aquellos peligros relacionados con la generación, distribución y consumo de energía; por ejemplo: cables que se recalientan o en mal estado, empalmes mal hechos, sobrecarga en circuitos, electricidad estática, corto-circuitos, conexiones mal hechas, cables o conexiones no entubados (*conduit*), tomas o enchufes en mal estado, equipos, motores y herramientas sin conexión a tierra o masa, abuso en el uso de la electricidad; tableros de distribución y cajas de conexiones sin cerrar o con las tapas desajustadas o ausentes, borneras de generadores, motores eléctricos o equipos sin tapas, etc.



Figura 4. Factor de riesgo eléctrico
Fuente: <http://riesgosbiologicosildamaria.blogspot.com/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 9 A

- 4) Locativos: Son los generados por el descuido en el entorno o ambiente laboral; por ejemplo, falta de orden y aseo, pisos resbalosos o lisos, huecos o desniveles en los pisos o cubiertas, obstáculos en los pasillos, almacenamiento inadecuado; escaleras resbalosas, sin protección o en mal estado; escaleras inadecuadas o mal diseñadas, escaleras de gato sin bordas, pasamanos o protección, cielorraso en mal estado, salidas de emergencia ausentes o sin demarcar, salidas de emergencia obstruidas, áreas sin demarcación o señalización, vías sin demarcar, ausencia de bordes o barras de protección donde se requiere, etc.



Figura 5. Factores de riesgo locativos

Fuente: http://www.ulacit.ac.cr/carreras/seccion/materia.php?career=10&grade_id=1&id=97&materia=1272

b. De higiene

1) Físicos:

a) Ruidos.

Generados por motores, calderas, compresores, ventiladores o extractores, turbinas, vehículos, herramientas eléctricas o manuales, cabrestantes o winches, plantas de aire acondicionado, grúas, maquinaria pesada, etc.

b) Vibraciones.

Causadas por motores, equipos o maquinaria pesada, aviones y helicópteros, maquinaria neumática, maquinaria eléctrica, etc.

c) Presiones anormales: para pilotos, submarinistas, buzos, etc.

d) Iluminación.

Causados por lámparas deficientes o de baja intensidad o luminosidad, número de luminarias insuficientes, mala ubicación de las lámparas o de las personas, lámparas dañadas, falta de ventanas o de luz natural, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- e) Temperaturas extremas.
 - Bajas: Cuartos fríos, cuartos de congelación, etc.
 - Altas: Calderas, cuartos de máquinas o maquinaria auxiliar, fundiciones, equipos de soldadura y corte, equipos de cocina, grandes hornos, etc.
- f) Radiaciones ionizantes.
Tales como equipos de rayos X, radiaciones gamma, partículas alfa o beta, centros de diagnóstico, etc.
- g) Radiaciones no ionizantes.
 - (1) Rayos ultravioleta (UV): Trabajo al aire libre y expuesto al sol, procesos de soldaduras, pantallas de televisión, terminales, etc.
 - (2) Rayos infrarrojos: Grandes hornos, marmitas, calderos, procesos de soldadura, estufas, fundiciones, moldeado de vidrio, etc.
 - (3) Ondas de radiofrecuencias y/o microondas: Tales como generadores de ondas de radio y televisión, centros de recepción de ondas, radares (emisión y recepción), etc.

2) Químicos:

Todos los compuestos químicos sólidos, líquidos, aerosoles (polvos, humos y neblinas), gases y vapores presentes en el medio laboral y que sean manipulados por los tripulantes o trabajadores, ya sea como materia prima o como productos o subproductos del proceso o servicio, etc.



Figura 6. Rutina de mantenimiento y pintura a casco de buques
Fuente: http://www.fondear.org/infonautic/barco/Diseno_Construccion/Corrosion_Maldita/Corrosion_maldita.htm

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 11 A

3) Biológicos:

Todo aquello que pueda contaminar o causar infección o reacción alérgica a las personas, tales como los animales (pelos y fluidos), el hombre en sí y sus fluidos, vegetales, mataderos, tanques y equipos de sistemas de aguas negras o grises, residuales; alimentos o líquidos contaminados, manipulación de basuras, limpieza de tanques de residuos, operarios de alcantarillado, limpieza de baños o corrales de animales, manipuladores de dinero, aguas estancadas, etc.

4) Psicosociales o psicolaborales:

Tales como: ritmo de trabajo, trabajo monótono o rutinario, sobrecarga laboral (cualitativa y cuantitativa), trabajos por turnos, ritmo excesivo de trabajo, mala planeación y organización del trabajo, navegaciones prolongadas, acuartelamientos, trabajos en zonas de orden público, estilos de mando autoritario, malas relaciones con los jefes y compañeros, atención al público y usuarios, falta de incentivos o estímulos por producción, conflictos de autoridad, inestabilidad laboral, bajos sueldos, problemas familiares, etc.

5) Sobrecarga física o ergonómica:

Tales como sobre esfuerzo físico, mala postura, mal diseño de herramientas y equipos, sobrecarga y esfuerzo, movimientos debajo de los buques mientras éstos permanecen varados en astilleros o diques, posiciones incómodas, trabajos e inspecciones en tanques y sentinas, exceso de trabajo de pie o sentado, superficies y relaciones de trabajo, sillas o puestos de trabajo inadecuados, manejo de cargos, etc.

6) Saneamiento y medio ambiente:

Este grupo se creó desde la expedición del Decreto No. 1295 de 1994 y es causado por la disposición de basuras, suministro y disposición de aguas, servicios y plantas sanitarias, emisiones ambientales, etc.

8.5. RIESGOS LABORALES EN MANTENIMIENTO

Se define el riesgo laboral como “la posibilidad de que un trabajador o tripulante sufra un determinado daño como consecuencia del trabajo”.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

La función de mantenimiento conlleva mayor riesgo que otras actividades. En casi todas las actividades, los riesgos inherentes suelen ser fácilmente identificados, y no pasan de cuarenta (40). En mantenimiento, se pueden agrupar en veintisiete (27) categorías:

a. Caídas a distinto nivel

Incluye las caídas de alturas (edificios, andamios, cubiertas, mástiles, escaleras, guindolas, árboles, máquinas, vehículos, etc.), y en profundidad (excavaciones, puentes, tanques, apertura de tapas de acceso o “man hold”, bodegas, etc.)

1) Prevención

Colocar bordas o barandillas, rejas, etc., hasta una altura suficiente y segura, emplear señalización (cintas amarillas), hacer uso de escaleras en buen estado y moverlas cuantas veces sea necesario, establecer suficiente y adecuada iluminación, no trabajar en altura si se tiene problemas con las mismas (vértigo, mareo, etc.) o si no se siente bien la persona, no hacer movimientos bruscos o exagerados, emplear ropa y calzado adecuado, etc.

2) Equipo de protección individual

Cinturón de seguridad, guantes, casco (si es necesario), ropa y calzado adecuado (suela de goma o caucho), etc.

b. Caídas al mismo nivel

Incluye caídas en superficies de trabajo (cubiertas) y caídas sobre o contra objetos.

1) Prevención

Limpieza y orden son las mejores formas de prevención

2) Equipo de protección individual

Calzado adecuado (suela de goma o caucho), guantes, etc.

c. Caídas de objetos

Incluye caídas de escaleras, andamios, guindolas, herramientas, componentes de sistemas o equipos, productos varios, etc.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 13 A

1) Prevención

Asegurar los diferentes elementos, accesorios,, repuestos o herramientas, trabajar con los guantes adecuados o sin ellos cuando no se puedan sujetar bien los objetos o herramientas, no subirse a escaleras o andamios inestables, no trabajar en guindolas defectuosas o mal aseguradas, trabajar sin prisa, señalar y aislar las áreas de trabajo, reapriete periódico de los tornillos y pernos en partes de equipos y sistemas que puedan desprenderse, vigilancia periódica de los elementos y herramientas empleadas, no trabajar debajo de zonas en las que se estén efectuando trabajos de altura.

2) Equipo de protección individual

Casco, botas de seguridad, cinturón portaherramientas, cabos para asegurar, ropa de trabajo, etc.

d. Pisadas sobre objetos o superficies húmedas o con aceites

Incluye los accidentes que dan lugar a lesiones como consecuencia de pisadas sobre objetos cortantes o punzantes, superficies húmedas (agua, aceites, etc.)

1) Prevención

Orden y limpieza en las zonas de trabajo, iluminación suficiente y adecuada, etc.

2) Equipo de protección individual

Botas de seguridad, superficies antideslizantes, etc.

e. Golpes contra objetos inmóviles

Se considera al trabajador o tripulante como parte dinámica, que interviene de forma directa y activa, golpeándose contra un objeto estático.

1) Prevención

Orden y limpieza en el sitio de trabajo, proteger y señalar las partes más salientes de estructuras o máquinas para que nadie se golpee, colocar iluminación suficiente y adecuada, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

1) Equipo de protección individual

Casco, gafas de seguridad, botas de seguridad, botas de trabajo, etc.



Figura 7. Protección laboral
Fuente: <http://thefisioidiaz.blogspot.com/>

f. Golpes y contacto contra partes móviles de una máquina o sistema

Se incluyen golpes, cortes o rasguños ocasionados por elementos móviles de máquinas o instalaciones. No se incluyen los atrapamientos.

1) Prevención

Cumplir Normatividad relacionada con las protecciones o guardas de las partes móviles de máquinas, para evitar contactos directos. Así mismo, aislar los equipos de las fuentes de energía (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) antes de trabajar en ellas, evitando la puesta en marcha accidental mediante la colocación de candados de llave única, palancas, etiquetas identificativas de bloqueo, etc. No retirar las seguridades de los equipos y cuando sea necesario retirar una para efectuar una reparación, trabajar extremando las medidas de seguridad.

2) Equipo de protección individual

Casco, guantes etc.

g. Golpes y cortes por objetos y herramientas

El operario o tripulante es lesionado por objetos o herramientas que se mueven por fuerzas diferentes a la gravedad. Se incluyen martillazos, golpes contra otras herramientas u objetos. No se incluyen golpes por caídas de objetos.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 15 A

1) Prevención

No emplear herramientas en mal estado o no adecuadas para el trabajo que se ejecuta

2) Equipo de protección individual

Casco, guantes, gafas y botas de seguridad

h. Proyección de fragmentos o partículas

Comprende los accidentes debidos a la proyección de partículas, esquirlas o fragmentos procedentes de máquinas o herramientas, sobre operarios o tripulantes.

1) Prevención

Toda persona que ejecute trabajos con herramientas de corte o soldadura, o los que estén cerca de ellos, deben tener gafas de seguridad y estar situados a distancias prudentes o adecuadas de los equipos.

2) Equipo de protección individual

Gafas de seguridad y casco.



Figura 8. Limpieza de casco

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limpieza_del_casco_de_un_buque_con_chorro_de_agua_en_Las_Palmas_de_Gran_Canaria.JPG

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

i. Atrapamientos por o entre objetos componentes de máquinas o sistemas

Constituyen los atrapamientos o atascamientos con elementos móviles y/o estáticos de máquinas o sistemas etc.

1) Prevención

No desconectar las seguridades o paradas de emergencias de las máquinas. Repararlas o cambiarlas si es necesario.

Extremar medidas de seguridad cuando haya necesidad de trabajar en equipos que tienen desconectadas las seguridades.

No trabajar cerca de equipos en funcionamiento si no se encuentra en buen estado de salud física y mental.

2) Equipo de protección individual

Guantes

j. Atrapamiento por volcada o volteada de máquinas o equipo rodante

Incluye atrapamientos debidos al volteado o volteada de tractores, cargadores, elevadores, grúas, vehículos en otra maquinaria, etc.

1) Prevención

Los anteriores equipos sólo deben ser operados por personal debidamente entrenado y autorizado. Conocer y tener presente las especificaciones y capacidades máximas de los equipos.

k. Sobreesfuerzos

Accidentes generados por empleo de cargas o por movimientos mal ejecutados

1) Prevención

Capacitar al personal en la forma correcta de levantar y mover pesos. Ejecutar ejercicios de calentamiento antes de iniciar labores de carga, descarga y movimientos de pesos.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 17 A

2) Equipo de protección individual

Emplear el respectivo cinturón.



Figura 9. Sobreesfuerzos

Fuente: <http://www.rubau-prl.com/rubau-prevencion-construcciones-rubau-presenta-ficha-informativa-sobreesfuerzos-en-la-manipulacion-manual-de-cargas/>

I. Exposición a temperaturas extremas

Accidentes o lesiones causadas por alteraciones fisiológicas al encontrarse los trabajadores o tripulantes expuestos a ambientes excesivamente fríos o calientes o cambio de uno a otro ambiente

1) Prevención

Airar o ventilar los espacios excesivamente calientes, emplear ropa adecuada, hidratar a las personas que allí laboran, relevar en forma continua a los trabajadores que deban estar en esos ambientes calientes, etc.

Si el ambiente es excesivamente frío, como cuartos fríos o de congelamiento, se deben suministrar chaquetas o abrigos. Así mismo, instalar dispositivos de alarma y de apertura de emergencia en caso de que las puertas se cierren accidentalmente.

Los encargados de los cuartos fríos o quienes tengan que pasar rondas de seguridad, deben informar a otras personas o tripulantes antes de ingresar a estos espacios.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

m.Contactos térmicos

Accidentes o lesiones por contacto con objetos o equipos que se encuentran a temperaturas extremas.

1) Prevención

Aislar y señalizar los puntos calientes de los equipos o sistemas (exhostos, líneas de los turboalimentadores, múltiples de escape, etc.

Aislar y enfriar determinados equipos antes de trabajar en ellos.

2) Equipo de protección individual

Guantes, gafas de seguridad, ropa adecuada, etc.

n. Contactos eléctricos directos

Causados por contacto de las personas con partes activas (fase o neutro) de una instalación o con partes bajo tensión.

1) Prevención

Desenergizar los equipos antes de trabajar en ellos, colocar candados y avisos de seguridad en los interruptores respectivos e informar al encargado de los tableros o turno de guardia.

Medir personalmente los puntos terminales del interruptor para cerciorarse de la ausencia de tensión.

2) Equipo de protección individual

Multímetro, guantes de alta tensión o dieléctricos, botas de seguridad o dieléctricas, (suela de goma o caucho), herramientas aisladas y en buen estado, vestido adecuado, etc.

3) Equipos de protección colectivos

Interruptores diferenciales, puestas a tierra o masa, mallas o acrílicos, etc.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 19 A

o. Contactos eléctricos indirectos

Es el contacto eléctrico con masas puestas accidentalmente bajo tensión.

1) Prevención

Los equipos deben estar conectados a la tensión eléctrica a través de interruptores diferenciales.

Desenergizar los equipos antes de trabajar en ellos y comprobar periódicamente el aislamiento de las mismas (trimestralmente) y su puesta a tierra o masa.

Mantener apropiadamente los equipos

2) Equipo de protección individual

Guantes de alta tensión o dieléctricos, herramientas aisladas y en buen estado.

3) Equipos de protección colectivos

Interruptores diferenciales, puestos a tierra

p. Inhalación o ingestión de sustancias nocivas

Accidentes o lesiones por encontrarse en una atmósfera o ambiente tóxico o por ingestión accidental de productos o sustancias nocivas, se incluyen asfixias y ahogamientos.

1) Prevención

No emplear, bajo ninguna circunstancia, envases de bebidas para contener cualquier producto químico o sustancia nociva.

En espacios confinados (depósitos, tanques, interior de artefactos navales, etc.) realizar las pruebas necesarias de libertad de gases o “gas free” antes de iniciar trabajos, para asegurar la ausencia de gases tóxicos y explosivos, y que la atmósfera o ambiente esté bien de oxígeno.

Verificar el correcto funcionamiento de los equipos de ventilación y extracción. Ninguna persona puede trabajar sola en un espacio confinado.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Cuando se trabaje con productos químicos que provoquen emisiones gaseosas, se debe emplear la mascarilla respectiva (especializada)

2) Equipo de protección individual

Mascarillas, equipo de respiración autónomo.

q. Contactos con sustancias cáusticas y/o corrosivas

Accidentes o lesiones por contactos con sustancias y productos que generan lesiones externas.

1) Prevención

Todo el personal o tripulación que trabaje con productos químicos, debe recibir capacitación o instrucción sobre su manejo y reacción, sus riesgos y forma de actuar en caso de contacto accidental.

2) Equipo de protección individual

Guantes, pantallas faciales, gafas de seguridad, mascarillas respectivas (especializadas), ropa de trabajo, delantales de caucho o plásticos.



Figura 10. Exposición a riesgos laborales

Fuente: <http://www.syvconsultores.com/>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 21 A

r. Exposición a radiaciones

Accidentes o lesiones causadas por exposición a radiaciones, tanto ionizantes como no ionizantes

1) Prevención

Todas las zonas o áreas expuestas a radiación deben estar señalizadas. El personal que trabaje en esas zonas o con equipo de radiación, deben tener el conocimiento, entrenamiento y autorización respectivos.

2) Equipo de protección individual

Ropa de trabajo especial, dosímetro de exposición

3) Equipos de protección colectivos

Aislamiento y señalización de los lugares expuestos a radiación

s. Explosiones

Accidentes que dan lugar a lesiones causadas por la onda expansiva o sus efectos secundarios

1) Prevención

Los trabajos que se realicen en espacios confinados, depósitos de combustible, y materiales susceptibles de explosiones, deflagraciones, etc., deberán tener permisos especiales, se deben efectuar varias pruebas de libertad de gases o “gas free”

El personal de seguridad debe pasar constantes rondas verificando el estado de los trabajadores o tripulantes, condiciones de trabajo y adoptar nuevas medidas de seguridad si es necesario.

Estos espacios deben contar con suficientes y adecuados equipos de ventilación y extracción, además de lámparas anti explosión.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

t. Incendios

Accidentes producidos por los efectos de fuego o sus consecuencias

1) Prevención

Seguir los procedimientos establecidos para este tipo de emergencia. Capacitar y entrenar al personal en las distintas clases de incendios y otras emergencias, y la forma de combatirlos y prevenirlos.

Mantener adecuadamente y en su respectivo sitio los equipos de contraincendios.

Redactar, aplicar y entrenar el Plan de Emergencia o de Contingencia.

Actualizar las cédulas de emergencia

2) Equipo de protección individual

Ropa de trabajo adecuada y/o ignífuga (si es necesaria)

u. Causados por seres vivos

Se incluyen los accidentes causados directamente por personas y animales, como agresiones, golpes, picaduras o mordeduras.

1) Prevención

Adiestrar adecuadamente a los perros de seguridad (antiexplosivos o antidrogas) para que no muerdan o ataquen a los trabajadores o tripulantes.

Aplicarles las revisiones y vacunas establecidas (especialmente la antirrábica)

Desratizar y fumigar la planta o Unidad a flote con la frecuencia establecida y por parte de personal especializado.

v. Golpes, atropellos y choques contra vehículos

Comprende los atropellos de personas por vehículos o accidentes de estos vehículos. No se incluyen accidentes de tránsito.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 23 A

1) Prevención

Los vehículos de la empresa o los vehículos oficiales deben ser conducidos solamente por el personal autorizado y que haya recibido la capacitación y entrenamiento necesario.

Respetar las normas de tránsito y cumplir la norma de velocidad máxima permitida. Las áreas de tránsito de vehículos y personas, deben estar demarcadas y señalizadas.

w. Agentes físicos

Incluyen accidentes causados por las diferentes manifestaciones energéticas como el ruido, las vibraciones, las radiaciones térmicas, etc.

1) Prevención

No permanecer por espacios prolongados de tiempo en ambientes con presencia de agentes físicos que sobrepasen los máximos límites permisibles. Si se debe permanecer en estos espacios, adoptar medidas de protección colectivas (insonorizaciones, montar bases amortiguadoras) o individuales.

2) Equipo de protección individual

Protectores acústicos y otros EPP

x. Agentes biológicos

Incluyen accidentes o lesiones causadas por virus, bacterias, hongos y parásitos.

1) Prevención

Mantener las instalaciones debidamente protegidas contra agentes biológicos nocivos.

Cumplir plan de fumigaciones

2) Equipo de protección individual

Mascarillas

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

y. Causas naturales (infarto, embolia, etc.)

Se incluyen accidentes sufridos en el área de trabajo, que no son consecuencia propia del trabajo, sino que se deben a causas naturales.

l) Prevención

Realizar exámenes médicos periódicos

Eliminar o reducir al máximo posible los tres factores de riesgo más importante: tabaquismo, sobrepeso y falta de ejercicio.

Respetar el tiempo de descanso de los trabajadores o tripulantes.

8.6. ACCIDENTES EN MANTENIMIENTO

De las anteriores categorías o grupos de factores de riesgos, cuatro (04) generan más del 50% de los accidentes que se presentan en las distintas actividades de mantenimiento y estas son:

- Golpes y cortes por objetos y/o herramientas
- Proyección de fragmentos, esquirlas o partículas
- Atrapamiento por o entre objetos y/o equipos
- Sobreesfuerzos

Las caídas a nivel producen más accidentes que las caídas a diferente nivel (altura o hacia fosos, etc.), los choques contra objetos inmóviles son superiores a los golpes contra objetos móviles y las pisadas sobre objetos o componentes.

De igual forma, son bajos los accidentes por explosiones e incendios, y los causados por contactos eléctricos. Estos últimos presentan consecuencias graves y por esta razón, se ha tomado conciencia y se han establecido medidas preventivas.

De acuerdo con el tipo de lesiones, las consecuencias más comunes de un accidente son los aplastamientos y contusiones, las torceduras, lumbalgias y distensiones. Luego vienen las fracturas, quemaduras, y presencia de cuerpos extraños en los ojos.

Los miembros superiores y luego los inferiores, son las partes del cuerpo más propensas a sufrir accidentes, seguidos del tórax y los ojos.

a. Formación en Seguridad Industrial

Una de las principales obligaciones de los Comandantes de Fuerzas y Bases Navales, Brigadas y Batallones, Unidades a flote y aéreas, Directores de Astilleros y Jefes de Dependencias, entre otros, es la de formar y capacitar a sus trabajadores o tripulantes en materia global de Seguridad Industrial.

Es preciso redactar un Plan de Capacitación, que contenga los temas a tratar, intensidad horaria, conferencista y en lo posible, el análisis de un accidente que aplique al proceso o procesos que se sigan dentro de la Institución.



Figura 11. Análisis de riesgos dentro de la Institución
Fuente: <http://www.atlas.com.co/riesgos>

Este plan debe contener por lo menos:

- Curso básico de seguridad
- Riesgos laborales
- Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (ATEP)
- Seguridad en:
 - Espacios confinados
 - Trabajos en caliente
 - Trabajos con buzos
 - Redes y distribuciones eléctricas
 - Manejo de productos químicos
 - Tránsito por escaleras y andamios
 - Trabajos a nivel y a altura
 - Trabajos en maquinaria: tornos, fresas, prensas, roladoras, etc.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

- Trabajos de corte y soldadura
- Manejo de pesos
- Trabajos con maquinaria pesada
- Manejo de situaciones de explosiones e incendios (antes, durante y después)
- Planes contra incendios e inundaciones
- Planes de Emergencia o Contingencia
- Formación del COPASO y Brigadistas
- Empleo y selección de elementos de protección personal (EPP)
- Planes de evacuación

De esta capacitación se debe dejar constancia o registro de asistencia y se debe elaborar la respectiva acta.

b. Plan de Seguridad

Este plan es el documento en el que se registran las actividades preventivas que se deben seguir para minimizar la ocurrencia de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales (ATEP)

Este plan contiene:

- 1) Qué hay que hacer?
- 2) Quién es el responsable?
- 3) Qué se pretende o busca en forma específica?
- 4) Qué medidas y recursos se requieren?

Este plan es derivado del análisis de riesgos que se hace previamente y en el cual deben participar los integrantes del Comité Paritario de Salud Ocupacional (COPASO). Dentro de este análisis, se deben incluir los reportes de los incidentes.

Se debe recordar que un incidente puede tomarse como un cuasi accidente y que los riesgos no se desaparecen sino que se minimizan.

Entre los puntos que se deben contemplar en este plan están:

- 1) Políticas de la Institución en la prevención de riesgos
- 2) Objetivos y metas a alcanzar con su aplicación
- 3) Actuaciones en materia de seguridad y prevención
- 4) Funciones y responsabilidades de todos los integrantes.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 27 A

- 5) Programas de capacitación al respecto
- 6) Supervisión de las actividades de salud de los trabajadores y/o tripulantes
- 7) Sistema de Vigilancia Epidemiológica



Figura 12. Comité Paritario de Salud Ocupacional - COPASO
Fuente: <http://saludyseguridadlaboralintegral.blogspot.com/2012/11/la-importancia-del-comite-de-seguridad.html>

c. Elementos de protección personal (EPP)

Se definen como los elementos que deben llevar o portar los tripulantes o trabajadores, para protegerse de los riesgos a que estén expuestos y que puedan afectar su salud o su seguridad.

La Legislación nacional exige que todo empleador debe suministrar los elementos de protección personal (EPP) adecuados a sus trabajadores para el desempeño de sus funciones. De igual forma, se obliga a los trabajadores a utilizar correctamente los EPP suministrados por los empresarios o por la Institución.

Estos elementos sirven para proteger al trabajador cuando ya se han adoptado todas las medidas posibles para evitar los riesgos, en la fuente y en el medio, y además, se han tomado las medidas de protección colectivas, existiendo aún riesgos para los trabajadores o tripulantes.

Las características generales de los EPP son:

- 1) Deben ser homologados y certificados por fábricas especializadas
- 2) Son de uso individual

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Los EPP más empleados en las actividades de mantenimiento son:

- 1) Casco
- 2) Botas de seguridad
- 3) Guantes (lana- tela- cuero- dieléctricos- neopreno)
- 4) Protectores acústicos
- 5) Protector facial
- 6) Gafas o lentes de seguridad
- 7) Arnés o cinturón de seguridad
- 8) Equipos de respiración autónomos (empleados en trabajos en espacios confinados)
- 9) Ropas o trajes especiales para protección contra radiación, ácidos, humedad, fuegos, etc.

La Institución, a través de los distintos Comandos y Direcciones, deben garantizar a través de la capacitación teórica y práctica, el correcto uso de los EPP por parte de los trabajadores y tripulantes.



Figura 13. Elementos de Protección Personal – EPP

Fuente: <http://agenciamarcadigital.com/senalizacion-seguridad-industrial.html>

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 29 A

d. Investigación de accidentes

Los accidentes o incidentes siempre deben ser investigados. En el caso de sucesos que no originan accidentes, la información facilitada suele ser precisa y fiable, al no haber ninguna responsabilidad.

Es por eso que suele ser más interesante investigar hechos leves que graves, pues en la mayoría de los casos, la diferencia radica en la casualidad.

La investigación de un accidente, nos aporta información relacionada con: dónde, cuándo, cómo, cuántos y por qué se presentan los accidentes, y su objetivo final es tratar de que no se vuelvan a presentar.

La investigación de un accidente se compone de:

- 1) Recopilación de información
- 2) Análisis e integración de esa información
- 3) Determinación de las causas
- 4) Conclusiones y recomendaciones

8.7. SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL FRENTE A LOS HIDROCARBUROS

Los compuestos derivados de los hidrocarburos, a pesar de ser el grupo de sustancias más empleados en los diferentes procesos industriales, no guardan una correlación con el conocimiento que de ellos se tiene, por parte del personal de la salud y de los trabajadores y tripulantes que los manipulan, en lo relacionado con los riesgos potenciales para la salud humana, las formas de monitoreo, las metodologías de prevención y los protocolos de su manejo, desde los puntos de vista médico y ocupacional.

Al estudiar los efectos clínicos en la salud del individuo expuesto ocasionalmente a hidrocarburos, es necesario considerar que en la mayoría de las ocasiones o casos, la exposición ocupacional no se hace a un producto único, sino que lo común es que se encuentren mezclados varios de ellos.

Otra característica a tener en cuenta, es que la mayor frecuencia de patología debida a hidrocarburos en el medio ocupacional, es de tipo crónica derivada de exposiciones repetidas y por largo tiempo a concentraciones por debajo del valor límite permisible.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Todos los productos derivados del petróleo son tóxicos, en mayor o menor grado. La exposición a ellos es el resultado de uno o más tipos de contacto con el individuo y la efectividad depende de la concentración, frecuencia y duración de la exposición.

En Toxicología Ocupacional la vía respiratoria es la principal vía de entrada al organismo humano, seguido de la dérmica y la oral o digestiva. Esta última vía en forma no muy frecuente, y se relaciona principalmente con la ingestión accidental o con malos hábitos higiénicos y alimenticios.

La biotransformación de los hidrocarburos absorbidos por el organismo, se realiza en el hígado en más o menos el 90%.

Los procesos de biotransformación y acumulación de los hidrocarburos en el organismo humano, están medidos por diferentes factores, entre los cuales están:

- a. Procesos productivos o sistemas de trabajo
- b. Aspectos del microclima laboral: presión atmosférica, humedad y temperatura
- c. Edad del individuo
- d. Enfermedades crónicas previas o antecedentes patológicos
- e. Uso de sustancias psicoactivas y/o alcohol
- f. Obesidad del individuo

La vía renal es la principal fuente de eliminación de los hidrocarburos, pero otras vías como la inhalatoria, la leche materna, la saliva y el sudor, también pueden servir para la excreción o eliminación.

SECCIÓN B

MEDIO AMBIENTE FRENTE A LA FUNCIÓN DE MANTENIMIENTO EN LA ARMADA NACIONAL

“Grupos de trabajo eficientes y productivos, generan ambientes de trabajo organizados, saludables y seguros.”

8.8. INTRODUCCIÓN

Diariamente se está expuesto y se expone a riesgos de diferente índole, por eso debemos afrontarlos conscientemente y con ello nos beneficiamos nosotros, la sociedad y el entorno que rodea a la Institución.

Para generar conductas acordes y ejecutar acciones que minimicen la exposición a los riesgos, es necesario conocerlos a fondo y con ello estamos previniendo tanto los accidentes de trabajo, como la enfermedad profesional, comúnmente llamados ATEP.

8.9. MEDIO AMBIENTE

La contaminación en cualquiera de sus formas, es uno de los problemas críticos que tiene el mundo moderno; además de afectar el medio ambiente, también presenta consecuencias graves sobre la salud y la seguridad de las personas.

Las diferentes actividades que es necesario ejecutar en los programas de mantenimiento y reparación de los sistemas y equipos instalados en las Unidades a flote y en las distintas dependencias o instalaciones, generan un sin número de riesgos para la salud y la seguridad de las personas, que además afectan el medio ambiente.

Constantemente se habla de los efectos negativos que representa para los seres vivos el deterioro de la atmósfera que los rodea. Este deterioro es un problema acumulativo a través de los años que se volvió crítico, ya que se han presentado cambios significativos en el clima, con consecuencias catastróficas como el calentamiento global, comportamientos anormales en los afluentes de agua, fertilidad de los terrenos, variaciones inesperadas en el clima y en las diferentes actividades del hombre y los demás seres vivos.

El principal protagonista en el deterioro y contaminación de la atmósfera es el hombre, ya que el desarrollo industrial y los nuevos procesos tecnológicos han generado fuentes de contaminación acelerada de la tierra.

La falta de control de los diferentes organismos responsables y la falta de responsabilidad del hombre sobre los procesos industriales que realiza, han hecho que muchas de esas consecuencias sean hoy irreversibles.

Uno de estos problemas es el deterioro de la capa de ozono, elemento esencial para la supervivencia de los seres vivos y que de no tomarse medidas drásticas por parte de los gobiernos, traerá como consecuencia final la desaparición de todas las formas de vida.

El ozono atmosférico filtra gran parte de los rayos ultravioleta del sol, protegiendo de esta forma a los seres vivos de los efectos dañinos de la radiación.

La contaminación del aire se produce principalmente por la combustión del petróleo y del carbón. Al arder estos elementos se liberan metales pasados. El más grave es el azufre, el cual se deposita en la atmósfera como dióxido de azufre (SO_2) y al entrar en contacto con el agua forma ácidos sulfuroso (H_2SO_3) y sulfúrico (H_2SO_4).

Estos ácidos corroen los mecanismos y demás componentes de las máquinas y sistemas, y causan enfermedades respiratorias y pulmonares en el hombre.

Adicional a los problemas del daño de la capa de ozono y la liberación del azufre, se presenta el del dióxido de carbono (CO_2), el cual forma una capa densa a poca altura sobre la superficie, disminuyendo la irradiación del calor de la misma hacia el espacio, causándose con ello, el incremento de la temperatura promedio.

En la siguiente Figura se muestran algunos contaminantes de la combustión y sus efectos.

Contaminante	Efecto global	Efecto local
NO_x SO_x	Lluvia ácida	Humo-niebla Salud
HC CO CO_2	Capa de ozono Efecto invernadero	Humo-niebla Efecto invernadero Salud
Partículas	Imperceptible	Visibilidad Salud
Metales pesados y elementos de transición	Contaminación recursos y fuentes acuíferas	Salud Agroindustria

Figura 1. Contaminantes de la combustión y sus efectos

Fuente: Shell de Colombia y Programa Salud Ocupacional Astillero Naval COTECMAR

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 3 B

La lubricación puede tener un efecto negativo sobre el medio ambiente, dependiendo de su manejo y de las bases lubricantes y aditivas que se han empleado, y de la forma como se traten los desechos o residuos oleosos.

Los lubricantes minerales o derivados del petróleo después de ser empleados en los diferentes procesos y/o actividades, han sido arrojados a los ríos, a la tierra o simplemente, se queman en procesos de fundición u otras actividades. Esto genera contaminación de las fuentes superficiales de agua, de los acuíferos (subsuelo), destinados en muchas ocasiones para consumo del hombre, daños en la capa de ozono y el calentamiento global.

Esta preocupación, ha hecho que se empiece a tomar conciencia sobre el empleo y disposición final de los desechos o residuos de los lubricantes, por parte de los fabricantes de éstos y de la industria en general.

Se habla ya de los “lubricantes con conciencia ambiental” o EAL (Environmental Awareness Lubricants), los cuales permiten la conservación de los recursos no renovables como el petróleo, disminución de las fuentes de contaminación y daño de la atmósfera, entre otros.

Dentro de los lubricantes EAL, es decir, los que retrasan el impacto negativo o que no tienen incidencia alguna sobre el medio ambiente, están los ecológicos, los biodegradables y los no tóxicos.

a. Lubricantes ecológicos. Son aquellos que minimizan los efectos negativos sobre el medio ambiente a través de su máximo empleo, es decir, hasta que su ciclo de utilización se agote y así lo demuestren las pruebas o análisis que se le hacen.

En este grupo se encuentran todos los lubricantes, incluyendo los derivados del petróleo, cuyo proceso de biodegradabilidad es lento.

b. Lubricantes biodegradables. La biodegradabilidad de un aceite se define como su capacidad para descomponerse en dióxido de carbono y agua, por acción de microorganismos en un tiempo determinado, lo que disminuye su nocividad al entorno. El prolongado tiempo para descomponerse, hace no biodegradables a los aceites minerales.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Existen diferentes entidades con Normas para determinar la biodegradabilidad de los aceites.

Entre ellas están:

- EPA (Agencia para Protección del Medio Ambiente)
- CEC (Concilio Europeo de Coordinación)
- OECD (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico).

La prueba EPA, también conocida como Shaque Flash Test, determina que más del 60% del carbón presente en el aceite se biodegrada convirtiéndose en dióxido de carbono en 28 días.

La prueba CEC-L-33T-82 se publicó en 1982 y se desarrolló específicamente para determinar la biodegradabilidad de los aceites para motores de dos tiempos (2T), pero en la actualidad se emplea para todos los aceites. Esta prueba cuantifica que la biodegradabilidad del aceite (conversión del carbón en dióxido de carbono), debe ser al menos 80% en 21 días.

En la siguiente figura se especifica la biodegradabilidad de diferentes tipos de aceites, haciendo uso de la prueba CEC-L-33-T-82.

Lubricante	Porcentaje de biodegradabilidad
• Aceites vegetales	90-100
• Aceites sintéticos (diésteres y poliésteres)	50-100
• Aceites sintéticos (polialfaolefinas)	30-55
• Aceites sintéticos (polialkileneglicol)	20-55
• Aceites blancos	25-45
• Aceites minerales	20-30

Figura 2. Biodegradabilidad de aceites según prueba CEC
Fuente: Shell de Colombia e Ing. Pedro Albarracín Aguillón

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 5 B

Biodegradabilidad no significa disponer de los residuos o los desechos al medio ambiente (suelo, agua, desagües etc.), ya que existe un tiempo que demora el proceso de biodegradabilidad, y los contaminantes líquidos y sólidos que contenga el aceite afectan el medio ambiente.

- c. Lubricantes no tóxicos.** La toxicidad se mide por los efectos nocivos que el aceite pueda tener sobre el medio ambiente (hombre, animales, agua y flora). Esta medición se hace con las pruebas EPA 560/6-82-002 y WHC.

La prueba EPA 560/6-82-002 consiste en tener un determinado número de peces en un estanque con agua, a la cual se le adiciona una concentración de 1000 ppm del aceite a probar. Se considera no tóxico el aceite, si sobrevive el 50% de los peces después de 96 horas.

La prueba WHC es una prueba europea y clasifica los aceites en cuatro grupos, de acuerdo con el potencial de desechos peligrosos basados en la toxicidad a las bacterias y peces. Estos grupos son:

- WHC 0 : No compromete la calidad del agua
- WHC 1 : Compromete ligeramente la calidad del agua
- WHC 2 : Compromete la calidad del agua
- WHC 3 : Compromete seriamente la calidad del agua

Lubricante	Toxicidad según WHC
• Aceites vegetales	0
• Aceites sintéticos (diésteres y poliésteres)	0
• Aceites sintéticos (polialfaolefinas)	0-1
• Aceites sintéticos (polialkileneglicol)	1-2
• Aceites minerales	2

Figura 3. Toxicidad de acuerdo con la WHC
Fuente: Shell de Colombia e Ing. Pedro Albarracín Aguillón

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

d. Lubricantes vegetales. Se cuenta con recursos naturales que pueden sustituir algunas fuentes de energía contaminantes, como el petróleo, y que tratados con la respectiva tecnología pueden generar productos competitivos y de escaso o mínimo impacto negativo sobre el agua, el aire, la tierra y los diversos recursos naturales disponibles. Los lubricantes vegetales son la mejor opción para reemplazar a los minerales; incluyendo a los sintéticos, menos críticos que estos últimos. Las semillas más empleadas para producir los aceites vegetales son la soya, la colza, canola, girasol, jojoba y resino; siendo los dos primeros los más empleados y de mayor cosecha en el mundo.

Se cuenta con recursos naturales que pueden sustituir algunas fuentes de energía contaminantes, como el petróleo, y que tratados con la respectiva tecnología, pueden generar productos competitivos y de escaso o mínimo impacto negativo sobre el agua, el aire, la tierra y los diversos recursos naturales disponibles.

Los lubricantes vegetales son la mejor opción para reemplazar a los minerales; incluyendo a los sintéticos, menos críticos que estos últimos.

Un galón de aceite mineral derivado del petróleo, puede contaminar un millón de galones de agua limpia; así mismo, el aceite mineral puede atravesar por movilidad varios metros del subsuelo y contaminar fuentes acuíferas.

Los lubricantes vegetales o “verdes” son derivados de semillas vegetales, es decir su disponibilidad es de fuentes renovables e inagotables, además de ser biodegradables, no son tóxicos. Una de las principales dificultades que presentan es el bajo nivel de desempeño en la lubricación de mecanismos, llegando a presentarse falla prematura en éstos y en las máquinas.

Las principales ventajas de los aceites vegetales sobre los minerales son:

- 1) Mayor lubricidad
- 2) Mayor índice de viscosidad
- 3) Elevados puntos de inflamación
- 4) Proviene de recursos renovables inagotables

Sus desventajas frente a los minerales son:

- Baja resistencia a la oxidación
- Bajo punto de fluidez

e. Lubricantes sintéticos. Son productos elaborados a partir de una reacción química entre varios materiales de bajo peso molecular, para obtener otro de alto peso y estructura molecular con características determinadas.

Al ser su alto costo una limitante para su empleo generalizado, sólo se utilizan donde los aceites minerales no son confiables, o en circunstancias de requerimientos especiales que no pueden ser cubiertos por aceites convencionales, tales como altas o bajas temperaturas de operación, periodos de cambio prolongados, lubricación sellada o de por vida, reducción del consumo de energía, ambientes críticos, etc.

Su mayor aplicación está en unidades de refrigeración, sistemas hidráulicos, sistemas sellados permanentes, sistemas de circulación, bombas de vacío y compresores centrífugos en plantas petroquímicas que comprimen gases de hidrocarburos, como el isobutano, que generan alta dilución del aceite, disminuyendo el espesor de la película de lubricante.

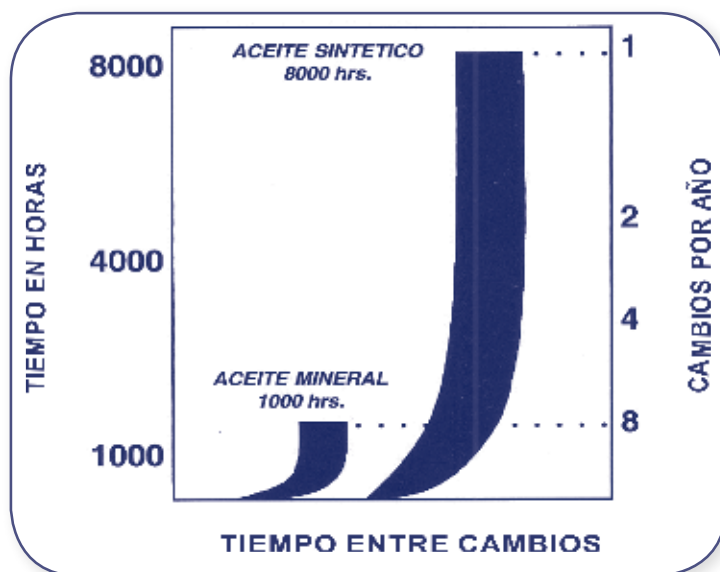


Figura 4. Comparación entre aceites sintéticos y minerales
Fuente: Chevron Texaco

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Las principales ventajas de los aceites sintéticos y que permiten mejores desempeños, son:

- 1) Elevado índice de viscosidad (IV)
- 2) Excelente estabilidad térmica y resistencia a la oxidación
- 3) No son inflamables a altas temperaturas
- 4) Mínima cantidad de residuos de evaporación
- 5) Adecuada protección contra la corrosión en ambientes críticos
- 6) Buena demulsibilidad
- 7) Baja tendencia a la formación de espuma
- 8) Elevada conductividad térmica
- 9) Alta adhesividad a las superficies metálicas
- 10) Reducción en consumo de energía
- 11) Alta miscibilidad a bajas temperaturas y baja solubilidad a altas temperaturas, con todos los freones cuando trabaja en sistemas de refrigeración

Entre las desventajas por el empleo de aceites sintéticos están:

- 1) Más costosos
- 2) No permiten mezclas entre sí y mucho menos con derivados del petróleo
- 3) Se evaporan fácilmente
- 4) Atacan retenedores y sellos hechos de Nitrilos y BUNAN. Se deben reemplazar por sellos de material Vitón
- 5) De difícil adquisición para determinadas condiciones de operación

La expectativa de vida de los aceites sintéticos es ocho veces mayor que la de los aceites derivados del petróleo. En la figura anterior, se puede observar la frecuencia de cambios y la menor rata de oxidación que presentan los aceites sintéticos.

8.10. SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE ACEITES SINTÉTICOS

El hecho de que un lubricante sea sintético, no significa que sirva para cualquier condición de operación, ya que en unas condiciones puede ofrecer excelentes resultados y en otros, puede generar consecuencias graves en la operación de mecanismos o sistemas.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 9 B

En la selección correcta de un aceite sintético, además de las condiciones de velocidad, carga, temperatura y exposición a ambientes contaminados, también se deben tener en cuenta los siguientes factores que justifiquen y garanticen su empleo seguro:

- Control de fricción y desgaste
- Temperaturas de operación
- Compatibilidad con los componentes del proceso o sistema
- Control de la corrosión y herrumbre
- Paradas de la maquinaria o sistemas
- Control de contaminantes
- Alta detergencia y capacidad de limpieza natural

En la implementación de un aceite sintético o cambio de un aceite mineral por uno sintético, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Compatibilidad de los retenedores y sellos con el aceite, en caso contrario, se deben cambiar por material de VITON
- Limpieza absoluta o ausencia de trazas del lubricante que se estaba empleando. Por lo general, el empleo o cambio a aceites sintéticos se recomienda hacerlo cuando se efectúen mantenimientos generales u *overhaul*
- Chequear periódicamente el nivel, ya que se evaporan fácilmente
- No completar nivel con aceites sintéticos diferentes al que se emplea y mucho menos con uno mineral

8.11. REACONDICIONAMIENTO Y RECUPERACIÓN DE ACEITES

Para prevenir la contaminación del medio ambiente, es básico saber qué se debe hacer con los aceites minerales que están trabajando en los mecanismos y máquinas, y posteriormente, qué hacer con los mismos cuando se les desecha.

Los aceites sintéticos son menos críticos, pero de igual forma, se deben tratar como minerales, ya que son tóxicos y no biodegradables.

El reacondicionamiento de un aceite mineral consiste en someterlo a un proceso físico, con el fin de eliminarle las sustancias contaminantes que aceleran el proceso de oxidación y dejarlo en una condición estándar, que permita que pueda seguir lubricando eficientemente, pero con una menor vida disponible.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Los aditivos de los aceites se van deteriorando con su empleo hasta que finalmente se agotan, iniciándose aquí la oxidación del aceite.

Existen varias formas de reacondicionar los aceites contaminados que se encuentran en operación, entre los cuales están:

- Por gravedad o decantación
- Filtración y filtros coalescentes
- Centrifugación
- Termo-vacío o diálisis

El método elegido depende del tipo y grado de contaminación que tenga el aceite, siendo el más completo el de termo-vacío o diálisis.

La recuperación de los aceites se lleva a cabo cuando su vida útil o de servicio ha finalizado, es decir, cuando se ha oxidado y contiene ácidos sulfúrico, sulfurosos, fosfóricos, etc., en solución. No se pueden analizar procesos físicos para su recuperación, sino que debe recurrirse a procesos químicos o de destilación.

La recuperación puede tener dos propósitos:

- Procesarlo para empleo secundario (combustible)
- Para emplearlo como aceite original después de añadir los aditivos

Los procesos de recuperación de aceites oxidados más empleados son:

- Re-refinación con arcillas ácidas
- Diálisis con tratamiento de arcilla
- Evaporación total
- Evaporación de componentes lubricantes en alto vacío
- Evaporación total con recuperación de lubricante residual
- Destilación con post-tratamiento de hidroacabado

8.12. PROGRAMA AMBIENTAL CON ACEITES USADOS

Los aceites minerales que se drenan de las máquinas o sistemas, por finalización de ciclo de vida o por contaminación, se convierten en un problema para las tripulaciones de las Unidades a Flote y aéreas, porque la aplicabilidad de las Normas y Legislación ambiental impiden que se quemen, se viertan a los afluentes, al mar o a la tierra.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 11 B

Dentro de los planes de actividades y programas de mantenimiento de las Unidades a flote y de las Bases Navales, se deben incluir rutinas de mantenimiento a los aceites que se están empleando en las máquinas, y manejo responsable de los desechos o residuos oleosos una vez se concluye el ciclo de vida útil o de servicio; es decir, cuando se oxidan.

Las rutinas de mantenimiento o reacondicionamiento que se pueden realizar a los aceites minerales que se están empleando a bordo, consisten en limpieza o filtración con filtros coalescentes y la centrifugación.

Los aceites minerales están compuestos por una base lubricante y uno o más aditivos que inhiben la acción de los contaminantes.

Durante la operación de los aceites y por presencia de contaminantes, la concentración de los aditivos va disminuyendo hasta que se agotan y es en este momento, cuando se inicia el deterioro de la base lubricante y la oxidación del aceite.

Los Jefes de Departamento, con apoyo de los proveedores y analizando los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y en los análisis o pruebas ejecutadas a bordo (maletines portátiles), deben determinar el momento oportuno para efectuar estas rutinas de mantenimiento o reacondicionamiento de los aceites.

Al presentarse reposición de aceite por frecuencias de cambio establecidas o por contaminación, estos aceites deben drenarse a los tanques de aceite usado y/o sucio.

Al arribo a puerto por término de operación y teniendo en cuenta los niveles existentes en los tanques, se debe coordinar el apoyo de la Base Naval con carro- tanque, bongo o canecas para retirar estos residuos oleosos; los cuales deben ser llevados o entregados a un ente especial que los reacondiciona o recupera, tal es el caso de la firma ORCO LTDA en Cartagena.

Los residuos oleosos contenidos en los sistemas, deben pasarse o achicarse a través de los separadores de aceite o de-oiler y en ningún momento se deben descargar al mar directamente.

Las Unidades a flote que carezcan de estos equipos, deben retirar los aceites usados con bombas eléctricas o manuales y depositarlos en canecas o tanques dispuestos para tal fin.

Las Bases Navales deben fomentar a través de conferencias, talleres y seminarios, la conciencia de no contaminar el medio ambiente y hacer una correcta disposición final de los desechos oleosos. De igual forma, deben facilitar los medios para recolección de éstos y su seguro transporte hacia el o los centros de acopio y tratamiento.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

8.13. ALMACENAMIENTO, MANEJO, TRANSPORTE Y EMPLEO DE LOS ACEITES Y GRASAS

Las bodegas en tierra y los compartimentos o almacenes de aceites y grasas de a bordo, deben ser ventiladas adecuadamente y con sistema de extracción para prevenir la acumulación de gases inflamables, explosivos y tóxicos.

Los pisos y cubiertas deben ser fáciles de limpiar y resistentes al ataque de estas sustancias. La estantería debe ser rígida, estable y resistente.

Los aceites y grasas deben estar correctamente identificados, y las existencias deben estar actualizadas de acuerdo con tarjetas de *kárdex* y/o computador. La rotación de inventarios es esencial para evitar daño o deterioro de estas sustancias. La limpieza y el orden son factores determinantes en la adecuada conservación de los aceites y grasas, de lo contrario, se afectarán las propiedades físico-químicas de los mismos.

El manejo incorrecto de los tambores (canecas de 55 galones), bidones, baldes y demás recipientes en que se venden los aceites y grasas, trae como consecuencia daño o rotura de las uniones metálicas, causando derrames sobre los pisos y cubiertas, con pérdidas considerables y posibilidad de generar caídas y accidentes graves en el personal.

Las canecas de cincuenta y cinco (55) galones no deben ser manipulados por una sola persona y sin la ayuda de dispositivos mecánicos.

El cargue y descargue de estas canecas debe hacerse con la ayuda de elevadores mecánicos, plataformas hidráulicas, montacargas o carretillas manuales, y en ningún caso debe hacerse con ayuda de llantas, ya que al caer la caneca y golpear con el piso, se deforma y puede incluso romperse.

El transporte o desplazamiento debe hacerse en vehículos, cargadores, elevadores, cama-baja, o cualquier otro mecanismo, pero nunca debe rodarse, ya que la estructura se debilita y puede romperse, además de que es peligroso y puede causar atrapamiento, aplastamiento u otra clase de accidente.

Si la cabeza de altura o succión de la bomba lo permite, puede trasegarse el aceite desde el muelle o cubierta hacia los tanques de almacenamiento o cárteres o depósitos de los equipos y sistemas. Si lo anterior no es posible, deben izarse las canecas a las cubiertas superiores con ayuda de grúas, pescantes, polipastos o aparejos, y posteriormente trasegar los aceites con bombas eléctricas o manuales.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 13 B

Durante la ejecución de estas maniobras, deben extremarse las medidas de precaución con el fin de evitar accidentes; así mismo, se deben disponer y ubicar a corta distancia las herramientas, extintores, caneca con aserrín, trapos y otros elementos útiles.

Antes de rellenar o trasegar aceites a los tanques de almacenamiento, de recirculación y/o servicio diario, se debe verificar su contenido a través de las mirillas o niveles externos, sondas y tablas de sondaje. Los venteos o tapas de sondas deben estar destapadas.

Los Oficiales de Guardia y el personal de Guardia de Ingeniería deben estar enterados del tipo de maniobra que se realiza, iniciación y finalización, tripulación de puestos o estaciones, etc., con el fin de establecer las rondas periódicas y evitar accidentes o derrames.

Las maniobras que se llevan a cabo sin supervisión pueden presentar riesgos o accidentes, especialmente cuando se manipulan sustancias inflamables y tóxicas. Además de los riesgos para el personal, existe la posibilidad de que ocurran derrames o daños a instalaciones y equipos.

Los principales riesgos asociados con el manejo y almacenamiento de aceites, grasas o sustancias inflamables, son los incendios y explosiones.

Muchas sustancias son peligrosas por sí solas y se les debe dar consideraciones especiales en cuanto a almacenamiento y manejo. Muchos químicos y derivados del petróleo, combinan diversos riesgos y se deben dar cuidados especiales a su exposición y dispersión.

Para relleno de aceites y engrase de equipos y sistemas de diferentes tipos y/o marcas, se deben emplear baldes, bidones, aceiteras y graseras distintas, ya que se pueden presentar contaminaciones y variaciones en las composiciones, pudiéndose generar daños en mecanismos o equipos.

Los equipos y demás accesorios empleados en lubricación y engrase se deben mantener limpios. Nunca se deben usar trapos sucios.

La observación de la limpieza y de un procedimiento ordenado, se reflejará en la aptitud y eficiencia del personal de lubricación al aumentar el criterio de responsabilidad y auto-imagen, y tendrá un efecto directo y positivo sobre el programa de lubricación y engrase de las Unidades a flote y aéreas.

El almacenamiento de cualquier producto o sustancia, que sirva para la lubricación o engrase de un determinado equipo o mecanismo es de gran importancia.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

Para las Unidades a flote que no dispongan de tanques de almacenamiento, existen dos formas de almacenamiento: a la intemperie o bajo techo.

a. Almacenamiento a la intemperie:

Se debe evitar en lo posible, ya que el aceite se puede contaminar con agua (condensación o filtración), se pueden deteriorar las canecas y borrar las marcas y especificaciones, generándose problemas en la aplicación o empleo de estos aceites posteriormente.

El almacenamiento prolongado a la intemperie, puede ocasionar fugas del producto

De no existir otra opción o alternativa de almacenamiento distinta a la ubicación sobre cubierta, se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

1) Almacenar la caneca en posición horizontal

Distinto a las condiciones en que el aceite trabaja como una emulsión (equipos de corte), el agua es la sustancia que más afecta la vida de un aceite y que varía las propiedades físico-químicas.

Para evitar el ingreso de humedad o agua, las canecas se deben colocar en posición horizontal y de tal forma, que el aceite cubra la tapa y tapón de cada una, creándose así una contrapresión que impide la entrada de humedad. Esta es la opción más favorable.

2) Almacenar la caneca en posición vertical

Cuando por condiciones de espacio disponible a bordo, sea necesario colocar las canecas de aceite en posición vertical, estas se deben ubicar con las tapas y tapones hacia abajo, previa verificación del ajuste de las mismas.

Es recomendable también, colocarles un plástico o lona asegurada con cabos de nylon o manila; ya que esto previene una posible contaminación por filtración de agua.

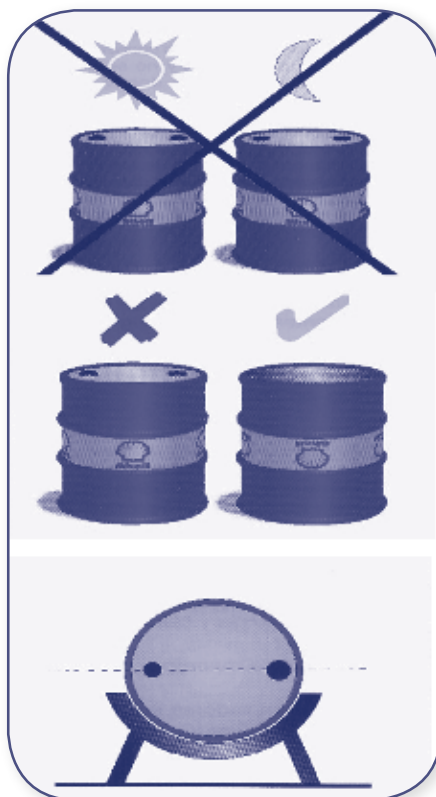


Figura 5. Manejo correcto de los aceites
Fuente: Shell de Colombia

3) Almacenamiento bajo techo o cubierta

Es el almacenamiento adecuado, porque se impide el deterioro de los aceites y grasas al contaminarse con agentes del medio ambiente o entorno, tales como polvo, arena, sílice, agua, etc.

Las canecas pueden colocarse sobre estibas de madera y unas sobre otras, dependiendo del espacio disponible. De igual forma, pueden colocarse en posición vertical u horizontal.

Estos espacios deben tener suficiente ventilación, iluminación, adecuados espacios para maniobrar o manejar las canecas, aseados y organizados, de tal forma, que garanticen seguridad y disponibilidad.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

En los lugares donde se almacenen aceites y grasas no se debe fumar, ni encender llamas. Se debe disponer de extintores de espuma o *foam*, para combatir cualquier conato de incendio. El orden y correcta colocación u organización de las canecas, es determinante para combatir un incendio.

Entre los factores que pueden afectar la vida de los lubricantes por incorrecto almacenamiento, están:

- a) Manipulación o manejo inadecuado.
- b) Almacenamiento en espacios con temperaturas anormales.
- c) Almacenamiento por largos periodos de tiempo.
- d) Contaminación con otros aceites (tipos).
- e) Contaminación con aceites de otras marcas.
- f) Contaminación con agua, disolventes u otras sustancias líquidas.
- g) Contaminación con partículas sólidas.

8.14. MANEJO DE DESECHOS

El manejo de desechos o residuos oleosos puede ser efectuado por diversas técnicas que involucran la disolución, neutralización, inactivación o incineración, o mediante tratamiento especial hecho en laboratorios especiales (ORCO LTDA en Cartagena u otros). Los aceites derramados accidentalmente sobre pisos o cubiertas, deben ser recogidos con arena o aserrín, o con trapos absorbentes, los cuales pueden ser incinerados posteriormente.

8.15. GRASAS

De acuerdo con la ASTM, las grasas lubricantes se definen como productos cuya consistencia varía de sólido a semisólido, como resultado de la dispersión de un agente espesante (jabón metálico) en un lubricante líquido (aceite base).

La composición de las grasas está dada por:

ACEITE BASE + AGENTE ESPESANTE + ADITIVOS

- | | | |
|-------------|---|------------------------|
| - Sintético | - Jabón (sodio, litio, - Antidesgaste calcio, etc.) | |
| - Mineral | - Sin jabón (Arcillas, gel) | - Extrema presión (EP) |
| | | - Antiespumante |
| | | - Antioxidante |
| | | - Anticorrosivo |
| | | - Adhesividad |
| | | - Colorantes |
| | | - Estabilizantes |

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 17 B

El aceite empleado en la fabricación de grasas, se selecciona con características iguales a las que se usan para lubricar mecanismos con aceite. El aceite base le da las características lubricantes a las grasas, y el espesador le da propiedades físicas como la capacidad de soportar altas temperaturas, humedad, ácidos y otros contaminantes.

Los aceites sintéticos se utilizan en grasas que trabajan en condiciones extremas de alta o baja temperatura y generalmente, se emplean con espesantes de jabón de litio.

8.16 FUNCIONES

Entre las funciones que cumplen los diferentes tipos de grasas están:

- Prevenir y disminuir el desgaste.
- Servir de sellante.
- Protección contra la corrosión y la herrumbre.
- Reducir frecuencia de lubricación y/o relubricación.
- Inhibir la oxidación.
- Suspender aditivos sólidos.
- Protección a sellos de caucho.
- Reducir vibración y ruido.
- Minimizar escapes, goteos y salpicaduras.

8.17. COMPOSICIÓN

La facultad de las grasas lubricantes de operar en diferentes aplicaciones, bajo una variada gama de condiciones y medios ambientes o entornos, constituyen un testimonio de la flexibilidad de su composición.

Las grasas son fórmulas complejas de espesantes, componentes estructurales, bases fluidas y aditivos diseñados para cumplir requisitos de aplicaciones específicas.

Cuando las grasas se emplean como lubricantes, tienen un desempeño similar al de los aceites. Reducen la fricción proveyendo una película que separa superficies en movimiento. Además, tienen la ventaja de permanecer donde se aplican, y tienen menos probabilidad de perderse de una máquina o de superficies que lubrican, si se encuentra sometida a fuerza de gravedad o fuerza centrífuga.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

De igual forma, las grasas pueden formar un sello efectivo contra la humedad y los contaminantes sólidos.

8.18. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Entre las características de las grasas están:

a. Consistencia

Es la principal propiedad que distingue a una grasa de otras. Está relacionada con la dureza o blandura y con el número de penetración obtenido en una muestra de grasa.

Se define como la resistencia que presenta un material plástico a la deformación cuando se le aplica una fuerza.

La consistencia especifica la capacidad de lubricación, sellamiento, permanencia, bombeabilidad y capacidad para soportar valores de temperatura.

Se determina según el método ASTM D 217, conocido como **cono de penetración de las grasas** y fue establecido por el Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (NLGI).

La penetración del cono es la medida de la distancia, en décimas del milímetro, que un cono de peso y medidas precisas, penetra una muestra de grasa a 25°C durante 5 segundos.

La penetración ASTM tiene correlación con una escala numérica estandarizada por la NLGI y clasifica la consistencia de las grasas.

En la siguiente figura, se da la clasificación ASTM y su equivalencia en el sistema NLGI.

Por ejemplo, las grasas Balina 2 (Shell), Mobilux 2 (Mobil) y Unirex 2 (Esso), tienen una consistencia NLGI 2, y esto está determinado por el número que aparece después del nombre de cada grasa.

TOMO III MANTENIMIENTO

CAPÍTULO VIII SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PÁGINA 19 B

PENETRACIÓN ASTMA 25°C	ASTMA 25°C NLGI	GRADO DUREZA	APLICACIÓN
445 – 475	000	Muy fluida	Engranajes
400 – 430	00	Fluida	Engranajes
355 – 385	0	Semifluida	Rodamientos. Sistema centralizado
310 – 340	1	Muy blanda	Rodamientos. Sistema centralizado
265 – 295	2	Blanda	Rodamientos
220 – 250	3	Media	Rodamientos
175 – 205	4	Dura	Cojinetes lisos. Grasa en bloque
130 – 160	5	Muy dura	Cojinetes lisos. Grasa en bloque
85 – 115	6	Durísima	Cojinetes lisos. Grasa en bloque

Figura 6. Clasificación ASTM y consistencia NLGI de las grasas
Fuente: Shell de Colombia e Ing. Pedro Albarracín Aguillón

Los grados 1, 2 y 3 son los más empleados. Los grados 1 y 2 se emplean para lubricar puntos de apoyo rodantes y el 3 para puntos de apoyo que operan a temperaturas altas.

b. Punto de goteo

Es la mínima temperatura a la cual la grasa pasa del estado semisólido al líquido y fluye a través de un orificio bajo condiciones de ensayo.

c. Resistencia a la corrosión

Depende del tipo de jabón metálico empleado en el proceso de fabricación de la grasa. Así mismo, de la reacción con el agua y de su capacidad para formar y mantener un sello que proteja contra la admisión de materiales corrosivos.

d. Resistencia a la oxidación

Es la resistencia de la grasa al deterioro químico que se pueda presentar durante su almacenamiento y operación posterior por exposición al medio ambiente o aire. Esta resistencia depende de la estabilidad de los componentes y aditivos que se hayan empleado.

Cambio No. _____ Fecha de cambio _____ Reemplaza a: _____

e. Resistencia al agua

Es la capacidad de la grasa de adherirse a un panel de acero inoxidable cuando se somete al rociado directo del agua.

f. Protección anti desgaste

Es la capacidad de la grasa para prevenir el desgaste en las aplicaciones de deslizamiento de acero sobre acero.

Otras características son:

- 1) Resistencia al ablandamiento.
- 2) Bombeabilidad.

Teniendo en cuenta el tipo de jabón como agente espesante, en la siguiente figura se presenta un cuadro comparativo de las características de las grasas.

CARACTERÍSTICAS	SODIO	LITIO	CALCIO	ALUMINIO
Punto de goteo (°C)	120/180	180/200	100	100
Textura	Lisa – Fibrosa	Lisa	Lisa	Lisa
Resistencia al calor	Buena	Muy buena	Mediana	Mediana
Resistencia a esfuerzos mecánicos	Buena	Muy buena	Mediana	Mediana
Resistencia al agua	Poca	Buena	Buena	Buena
Resistencia a bajas temperaturas	Mediana	Muy buena	Mala	Mediana

Figura 7. Características de las grasas
Fuente: Shell de Colombia y ExxonMobil.

