

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN MANTENIMIENTO PREDICTIVO
MEDIANTE ANÁLISIS DE ACEITE PARA UNA FLOTA DE
EMBARCACIONES PESQUERAS DE 420 TON**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO**

YONO FLORES FLORES

PROMOCIÓN 2001-II

LIMA – PERÚ

2014

ÍNDICE

	PÁG.
PRÓLOGO	1
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
1.4 JUSTIFICACIÓN	11
1.5 ALCANCES.....	11
1.6 RECURSOS.....	11
CAPITULO 2: FUNCIONAMIENTO DE EMBARCACIONES PESQUERAS	
2.1 EMBARCACION PESQUERA DE CERCO.....	12
2.1.1 Maquinaria principal (Motor Principal).....	13
2.1.2 Equipo Auxiliar.....	13
2.1.3 Equipos de Navegación y electrónicos.....	14
2.1.4 Equipos de Seguridad.....	14
2.1.5 Propulsión y gobierno.....	14
2.1.6 Equipo de refrigeración y bodegas.....	15
2.1.7 Equipo de pesca.....	15
CAPITULO 3: MARCO TEORICO DE MANTENIMIENTO	
3.1 RESEÑA HISTÓRICA DE MANTENIMIENTO.....	16
3.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO.....	18
3.3 OBJETIVO DE MANTENIMIENTO	19

3.4	TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	21
3.5	LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	21
3.6	IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN Y EL ANÁLISIS DE ACEITE.....	24
3.7	PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS.....	38
3.8	FORMA Y MECANISMOS DE MUESTREO.....	46
3.9	PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE PARA ANÁLISIS.....	51
3.10	FRECUENCIA DE MUESTREO.....	53

CAPITULO 4: IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITE

4.1	SELECCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES	59
4.2	PROGRAMAS DE MONITOREO.....	60
4.3	POLÍTICAS DE MONITOREO.....	61
4.4	PRUEBAS DE CAMPO.....	62
4.5	ALIMENTACIÓN DE RESULTADOS	73
4.6	INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	74

CAPITULO 5: COSTOS DE IMPLEMENTACION

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

APÉNDICE

PRÓLOGO

El presente trabajo tiene como objetivo la Implementación de un Plan de Mantenimiento Proactivo basado en los análisis de aceite aplicados en Equipos Principales de una flota piloto de E/P de 420 TON. Para el cumplimiento de tal objetivo se explicara el contenido de la siguiente manera:

En el Capítulo 1 mostramos la introducción del trabajo donde mencionamos como antecedentes la historia y desarrollo de la pesca en el Perú, mencionamos los objetivos del trabajo, la justificación, los alcances y los recursos necesarios.

En el Capítulo 2 mostramos en forma resumida el funcionamiento de una embarcación pesquera , así como sus componentes principales y para qué sirven.

En el Capítulo 3 se tocaran dentro del marco Teórico los siguientes temas que nos servirán para comprender más adelante el programa a implementar, estos temas son los siguientes : reseña histórica, definición, objetivo y tipos de Mantenimiento; la Filosofía del Mantenimiento Predictivo y su importancia en el camino al Mantenimiento de Clase Mundial; la importancia de la lubricación y el análisis de aceite, las propiedades de los fluidos, la contaminación del aceite y detalles sobre la contaminación por partículas; y por último la forma y mecanismo de muestreo de aceite, los puntos correctos de toma de muestra en estos equipos, se determinara la frecuencia de muestreo o toma de muestra. Hablaremos de las propiedades de los fluidos analizados (varios tipos de aceite), la contaminación y desgaste por partículas externas, la contaminación por agentes externos (agua, calor, glicol, anticongelante, hollín y combustible) y la importancia del control de estas, así como estableceremos los objetivos de limpieza de los lubricantes

En el Capítulo 4, explicaremos en orden los puntos para la implementación del Plan en Base al análisis de Aceite, siendo estos los siguientes: selección de acuerdo a su importancia de los equipos Mecánicos principales en una E/P que son lubricados por aceite. Presentación del programa de monitoreo seleccionado y las políticas a seguir en la organización para el cumplimiento del plan y para culminar con la preparación del plan mencionado, señalaremos las Pruebas sencillas que nos ayudaran a que este plan sea más efectivo, llamadas Pruebas de campo y que se realizaran en cada una de las muestras tomadas y nos ayudaran al mejor control y mantenibilidad de la flota seleccionada. Entre ellas tenemos: Prueba de medición de viscosidad comparativa, Prueba de la Gota (Contaminación por Hollín, Combustible(Dilución) y agentes contaminantes) y la Prueba de crepitación (contaminación por agua). Asimismo se mostrara los formatos desarrollados para llevar un histórico del desarrollo del Plan a implementar.

Con todos estos preliminares demostraremos mediante el Plan desarrollado en 5 E/P de 420TON, todo el procedimiento, proceso de comunicación, manejo base de datos de los resultados de los análisis, la interpretación de estos y los actos correctivos que resultasen de estos, esto con la finalidad de incrementar la disponibilidad de la Flota Pesquera.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES

La Industria Pesquera

El sector pesquero es un elemento estratégico para la economía del Perú, principalmente por ser una importante fuente generadora de divisas después de la minería. Se destaca particularmente la importancia de la pesquería marítima y en menor grado la pesca continental y la acuicultura. En el año 2008, los desembarques de recursos hidrobiológicos marítimos y continentales representaron 7 353 miles de toneladas con un valor de exportaciones de 2 335 millones de dólares; estas últimas significaron un crecimiento de 19 por ciento en relación al valor de las exportaciones en el 2007.

La actividad pesquera peruana está tradicionalmente sustentada en los recursos pesqueros marinos pelágicos, principalmente en la anchoveta (*Engraulis ringens*) y en otros recursos como el jurel (*Trachurus murphyi*) y caballa (*Scomber japonicus*). En años recientes se ha incrementado la participación en la captura de otros recursos como pota (*Dosidicus gigas*), dorado o perico (*Coryphaena hippurus*) entre otros.

A la pesquería pelágica le sigue en importancia la denominada pesquería de arrastre costero. El principal recurso explotado por esta pesquería es la merluza

(*Merluccius gayi*). A principios de la presente década la delicada situación de este recurso motivó la aprobación de un nuevo Reglamento de Ordenamiento Pesquero con el propósito de lograr su recuperación en el mediano plazo y su aprovechamiento sostenido y el de su fauna acompañante. También se creó una Comisión Técnica cuya función es proponer la adopción de medidas de ordenación pesquera en base a los estudios biológico-pesqueros y a los factores socio-económicos; en esta Comisión está integrado el sector empresarial de la industria pesquera.

Otra pesquería importante es la denominada artesanal o de menor escala que es ejercida por embarcaciones pesqueras con capacidad de bodega hasta 32,6 m³, sobre recursos ubicados mayormente en la zona litoral costera; estos recursos comprenden una variedad estimada de 220 especies de las cuales aproximadamente el 80 por ciento son peces; 17 por ciento invertebrados; 2 por ciento algas y el 1 por ciento otros recursos. Esta pesquería se desarrolla con base en alrededor de 200 caletas pesqueras a lo largo del litoral peruano y el principal destino de sus capturas es el abastecimiento para consumo humano directo fresco. La extracción de la pesquería artesanal, en el año 2008, fue cercana a las 721 mil toneladas.

En años recientes parte de la flota de pequeña escala se diversificó hacia la captura del calamar gigante o pota, habiendo logrado capturas importantes de hasta 485 mil toneladas (2008).

Se considera que otras pesquerías marinas pueden experimentar cierto un grado de desarrollo mediante la diversificación de las técnicas de captura y de procesamiento tradicional, aunque para este cambio se requieren embarcaciones especializadas, particularmente ha sido el caso de atunes y del bacalao de profundidad. Así mismo se han logrado identificar algunos recursos potenciales como

langostinos rojos de profundidad y la centolla o cangrejo gigante, los cuales podrían sustentar nuevas pesquerías en el futuro.

Las pesquerías continentales se realizan principalmente en los ríos y cochas de la Amazonía, en algunas lagunas de la sierra y selva alta y en el Lago Titicaca. En el año 2007, la pesca continental extrajo 43 mil toneladas de pescado.

Las actividades acuícolas marinas y continentales en su conjunto produjeron una cosecha de 43 mil toneladas en el 2008. El valor de las exportaciones acuícolas para el año 2008 fue de 94 millones de dólares para el mismo año. La producción acuícola marina significó un 65.24% y la continental un 34.76%. Las principales especies cultivadas fueron la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) (12.4 mil t); ostión de abanico (*Argopecten purpuratus*) (14.8 mil t); Camarón patiblanco (*Litopenaeus vannamei*) (13.3 mil t) y tilapia del Nilo (*Oreochromis sp.*) (1.7 mil t). Otras especies cultivadas fueron: algas (*Gracilaria spp*); boquichico (*Prochilodus nigricans*); Camarón gigante de Malasia (*Macrobrachium rosenbergii*); Gamitana (*Colossoma macropomum*); Ostras del pacífico (*Crassostrea gigas*); Paco (*Piaractus brachipomus*); Pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) y carpa (*Cyprinus carpio*). Otras especies cultivadas en los últimos años incluyen la Carachama (*Pterigoplychtis multiradiatus*); Sábalo collar roja (*Brycon cephalus*), Boquichico reticulado (*Prochilodus reticulatus*).

El cultivo del langostino *Penaeus vannamei* en el Perú se ha intensificado debido, principalmente, al aumento de la demanda mundial, a la disminución de los volúmenes obtenidos por extracción, a la rentabilidad de su cultivo y a su importancia como generador de divisas. Se pretende que mediante el cultivo de esta especie se pueda alcanzar una mayor producción dependiendo esta de la demanda y la cotización internacional.

La historia de la pesquería peruana del siglo pasado ha sido una batalla continua por alcanzar una producción sostenible, aquella capaz de generar beneficios continuos para la población actual sin limitar las capacidades productivas de las generaciones futuras, ni comprometer la integridad del mar peruano.

La pesca, actividad humana ancestral, ha ido evolucionado en el tiempo con los avances tecnológicos, lo que ha permitido el desarrollo de una industria capaz de capturar organizada y eficientemente a los peces e invertebrados acuáticos de nuestros mares. Esta industria abarca, en la actualidad, la mayoría de nuestras interacciones con los recursos pesqueros y es aquí donde empieza la verdadera lucha hacia la sostenibilidad.

Nuestros problemas son varios, nos concentraremos en tan solo dos y empezaremos con la sobreexplotación, o la extracción excesiva, de la anchoveta.

Disponibilidad de la productividad primaria dentro de la cadena alimenticia del sistema de afloramiento de la Corriente de Humboldt

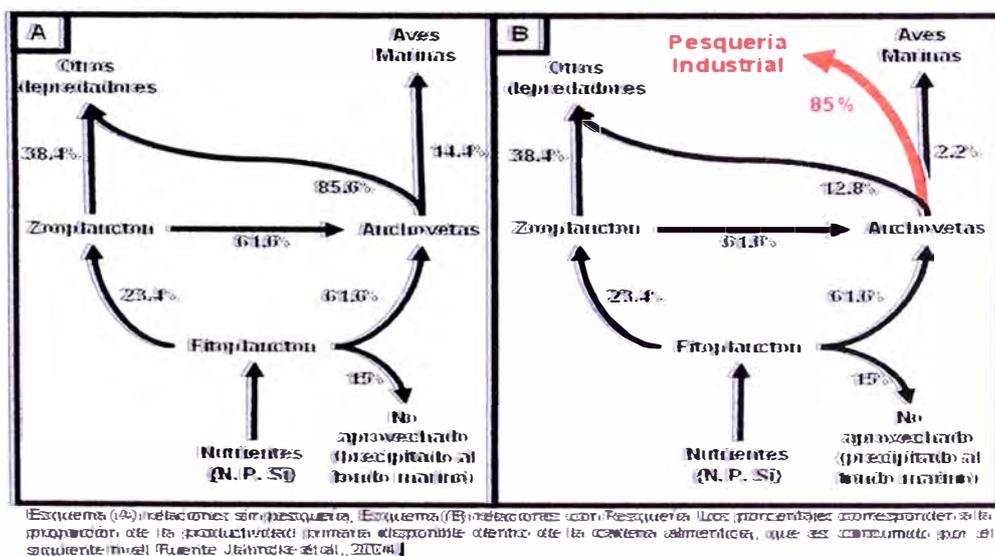


Fig. 1.1 Porcentaje de Consumo Industrial y humano de anchoveta

en la rentabilidad de la industria calculadas en alrededor de 225 millones de dólares americanos anuales.

Pero los efectos negativos de la sobrecapacidad también la observamos en la flota. Actualmente, hay aproximadamente 1,200 embarcaciones con una capacidad de bodega de 205771 m³ y con una capacidad de pesca diaria de 156,000 TM. Pescando tan solo 180 días por año, la flota podría capturar alrededor de 28 millones de TM, cifra equivalente a 5 o 6 veces la cuota anual reciente.

La flota industrial se subdivide en dos tipos:

La Flota de Acero

Compuesta por embarcaciones grandes, conocidas como bolicheras, que poseen redes del tipo cerco. Tenemos 655 bolicheras con capacidades individuales de bodega de 110-600 TM y con una capacidad de bodega total de 163,000 TM.



La Flota Vikinga

Compuesta por embarcaciones algo más pequeñas, conocidas como bolichitos, con capacidades de bodega individuales de 32-110 TM. Los 604 bolichitos tienen en conjunto una capacidad de bodega total de 35,000 TM.

Fig. 1.3 Tipos de Embarcaciones Pesqueras por Flotas

Dado el excesivo tamaño de la flota pesquera industrial, la Ley de Pesca prohibió el aumento en el tamaño de la flota pesquera, para que el problema de la sobrecapacidad no siga creciendo. No obstante, la capacidad de bodega dentro de las embarcaciones, principalmente de la flota *vikinga*, ha seguido creciendo en un intento de lograr pescar la mayor cantidad de anchoveta en el menor tiempo posible y ganar un poco más de dinero.

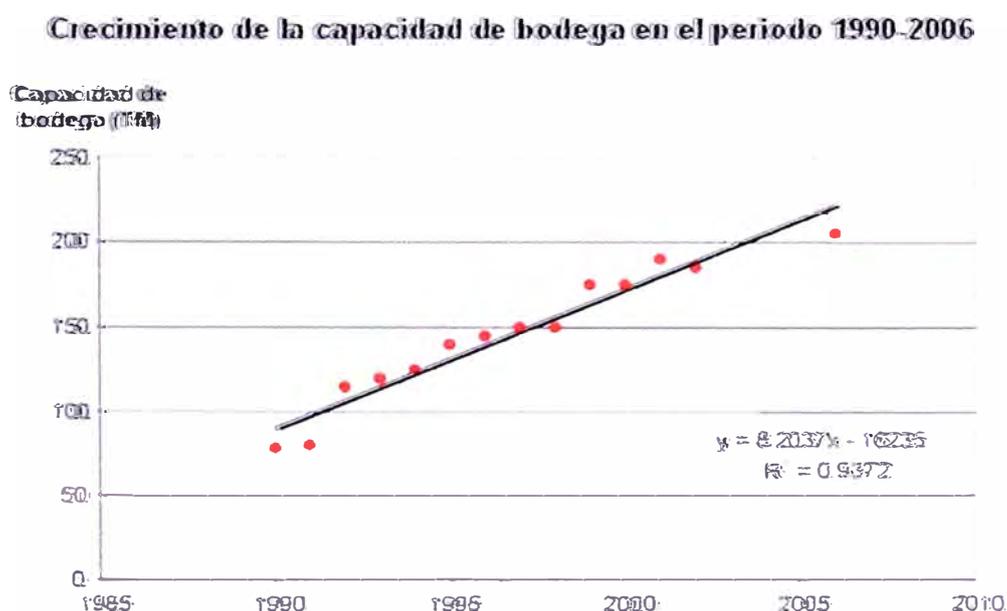


Fig. 1.4 Crecimiento de Capacidad de Bodega

Fuente: Larsen & Strukova, 2005

Al ir aumentando la capacidad de flota y el número de plantas de procesamiento de harina de pescado, la temporada de pesca de anchoveta ha sido reducida forzosamente. En el 2006 sólo en 60 días se logró capturar 5.5 millones de TM de anchoveta, el 64.7% de la cuota total anual de pesca. Como el incremento en el volumen de las capturas diarias se traduce en periodos de pesca más cortos, o vedas

más largas, el desempleo, la baja eficiencia y las pérdidas económicas se han visto incrementados en el sector.

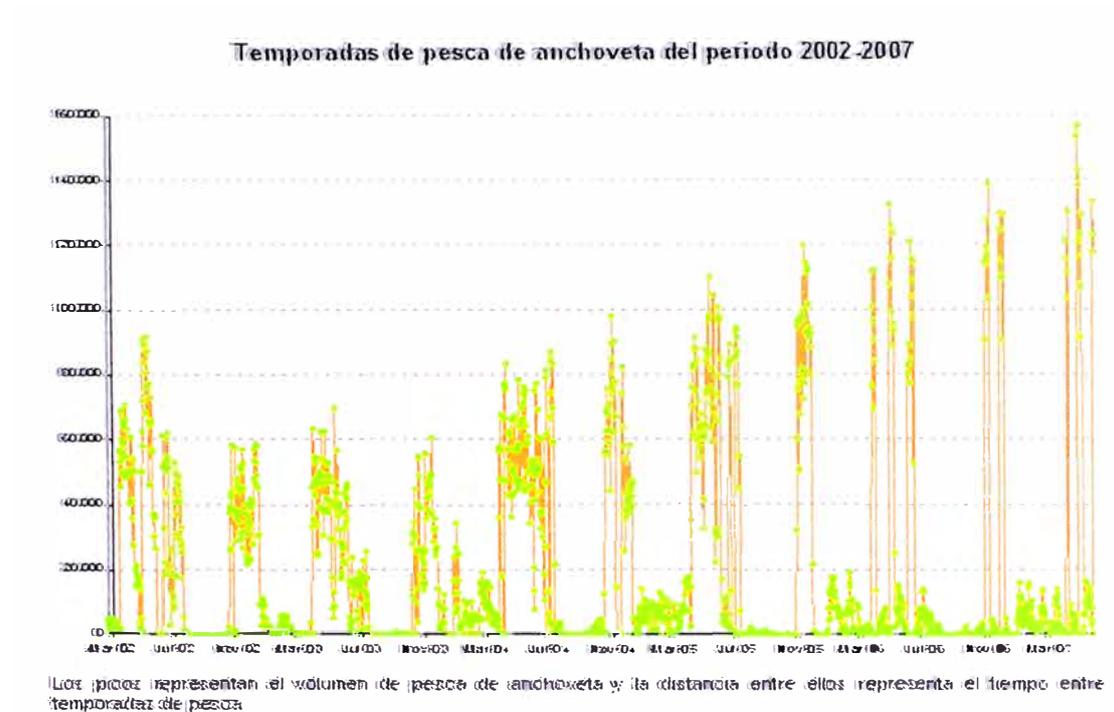


Fig. 1.5 Volumen de Pesca de Anchoveta en Perú (2002-2007)

1.2 OBJETIVO GENERAL

Con el propósito de optimizar la gestión del mantenimiento en los barcos pesqueros de la flota Se diseñó un plan de mantenimiento predictivo para los equipos críticos de los barcos de la flota. El diseño del plan de mantenimiento predictivo se inició con una evaluación del estado de la organización de mantenimiento. Luego de la evaluación se hizo el diagnóstico, identificando las debilidades y las fortalezas de la organización de mantenimiento. Finalmente se plantearon acciones de mejora para optimizar la gestión de mantenimiento. La implementación de las acciones de mejora se inició con el estudio de criticidad a los equipos de los barcos. Los resultados del estudio de criticidad indican que en un barco los equipos más críticos son: El motor

principal, los tres motores auxiliares (dos generadores y un hidráulico) , el motor de la panga; así como sus cajas de transmisión respectivas, así como el Sistema Hidráulico como tal. Para los cinco motores y transmisiones se analizaron los modos de falla y sus consecuencias, luego se determinaron las tareas para controlar los modos de falla encontrados y los responsables de ejecutarlas. Las tareas predictivas que aplican para prevenir los modos de falla de los motores críticos es basad prácticamente en el análisis de aceite. Las tareas de monitoreo son llevadas a cabo por el personal de la embarcación y dirigidas por el ingeniero del barco y registradas. Se realizaron procedimientos para la implementación de programas de mantenimiento predictivo por análisis de aceite.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Mejorar la eficiencia y disponibilidad de la flota evaluada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Este trabajo es desarrollado con la finalidad de demostrar mediante un piloto que se puede mejorar la disponibilidad de la flota pesquera, así como la reducción significativa de los gastos de mantenimiento.

1.5 ALCANCES

Puede ser utilizada como punto de partida para flota de equipos similares.

1.6 RECURSOS

Contamos con los datos proporcionados en su momento por la empresa TASA, donde se desarrolló el Plan mostrado.

CAPÍTULO 2

FUNCIONAMIENTO DE EMBARCACIONES PESQUERAS

A continuación se describe brevemente en qué consiste el funcionamiento de una embarcación pesquera de cerco y posteriormente una descripción de los sistemas y equipamiento principales.

2.1 EMBARCACION PESQUERA DE CERCO

Las redes capturan los peces, previamente detectados con aparatos específicos de la embarcación, rodeándolos por todos los lados y cerrando la red por la parte inferior con la jareta, hasta la formación de una bolsa.

El puente de gobierno puede estar a proa o a popa. El equipo de la embarcación consta básicamente de un halador y de un chigre, ambos utilizados para izar el arte de pesca.

Se utiliza un bote auxiliar con luces muy potentes para atraer el banco de peces. Cuando la red está prácticamente recogida, se inicia el salabardeo, con el fin de sacar del copo las capturas y dejarlas en la cubierta.

- 1. Plomo**
- 2. Jareta**
- 3. Anillas**
- 4. Red**
- 5. Corcho**

- 6. Auxiliar
- 7. Faroles
- 8. Chigre
- 9. Halador

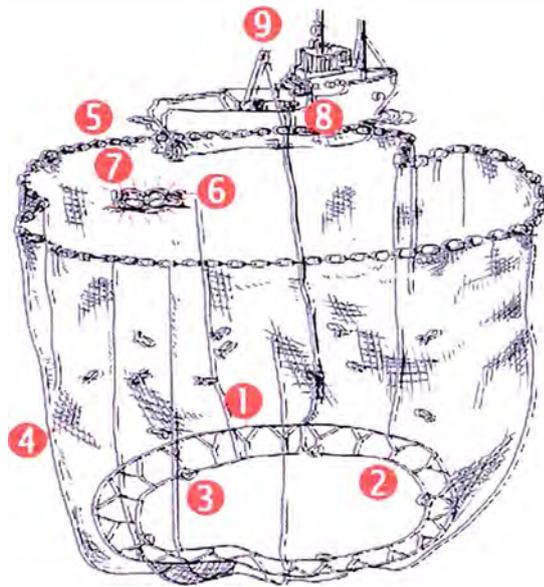


Fig. 2.1 Partes de una embarcación pesquera de cerco

2.1.1 Maquinaria principal (Motor Principal)

Está formada por el motor o motores que dan propulsión a la embarcación, la transmisión y el sistema de controles para operar la maquinaria; así como las instalaciones necesarias para su funcionamiento, como tuberías, instalaciones.

2.1.2 Equipo Auxiliar

Son el motor o motores auxiliares; generadores de corriente continua o alterna; bombas para achique, baldeo, para agua potable y trasiego de combustible y aceite; capacidad de los tanques de agua y combustible, para

calcular la autonomía en tiempo y distancia que tiene el barco, con los equipos que existen a bordo.

2.1.3 Equipos de Navegación y electrónicos

Son todos aquellos instrumentos electrónicos o magnéticos, que se utilizan para navegar, localizar las especies que se van a pescar, y para comunicación con otros buques o hacia tierra.

Los instrumentos de navegación y electrónicos más comunes son:

Compás	Radio SSB	Navegador por satélite
Radar	Radio CB	Piloto Automático
Sonar	Radio 2 metros	Teléfono celular
Video/sonda	Radio VHF	Otros

2.1.4 Equipos de Seguridad

Estos equipos deben ser adecuados al tipo de embarcación y a las aguas y límites de navegación dentro de los cuales realizará sus operaciones de pesca.

Los principales elementos o equipos de seguridad son:

Aros salvavidas	Balsa o balsas	Extinguidores
Luces de bengala	Chalecos	Anclas
Espía	Cadena	Otros

2.1.5 Propulsión y gobierno

Todas las embarcaciones necesitan sistemas de propulsión y gobierno, y éstos son muy similares para todos los tipos de buques.

Esta parte de la embarcación, la forman principalmente el o los ejes propulsores, las hélices, el sistema de gobierno, y los componentes e instalaciones necesarias para que estos tres elementos operen adecuadamente.

2.1.6 Equipo de refrigeración y bodegas

Todas las embarcaciones pesqueras, necesitan almacenar el producto a bajas temperaturas, para evitar la descomposición del producto capturado. Para lograrlo, la embarcación debe contar con bodegas debidamente aisladas y equipos de refrigeración adecuados para mantener la temperatura que el producto necesita para su conservación, hasta que el barco descargue en puerto. El tipo de equipos de refrigeración y las temperaturas necesarias, varían para cada tipo de embarcación.

2.1.7 Equipo de pesca

Este es un componente que todas las embarcaciones pesqueras deben tener; pero los equipos que lo componen son diferentes para cada tipo de embarcación. Los principales son:

Malacate.- Todas las embarcaciones en condiciones de salir vía la pesca, cuentan con al menos uno.

Redes.- Casi todas las embarcaciones las utilizan, pero se debe especificar el tipo y la dimensión.

Cables.- Necesarios para las maniobras de pesca.

Tablas.- Se utilizan en los buques camareros.

Power block y cápsula.- Utilizados en los buques sardineros y atuneros.

Carretes.- Utilizados en las embarcaciones de escama y pesca múltiple.

CAPÍTULO 3

MARCO TEORICO DE MANTENIMIENTO

3.1 RESEÑA HISTÓRICA DE MANTENIMIENTO

El término "mantenimiento" se empezó a utilizar en la industria hacia 1950 en EE.UU. En Francia se fue imponiendo progresivamente el término "entretenimiento". El concepto ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción (ENTRETENIMIENTO) hasta la concepción actual del MANTENIMIENTO con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar el coste global:

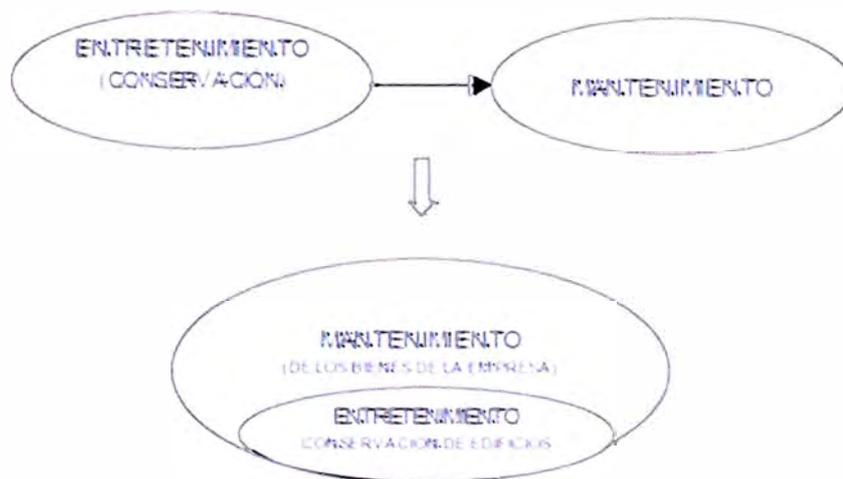


Fig. 3.1 Evolución del término mantenimiento

Los servicios de mantenimiento, no obstante lo anterior, ocupan posiciones muy variables dependientes de los tipos de industria: posición fundamental en centrales

nucleares e industrias aeronáuticas. Posición importante en industrias de proceso. Posición secundaria en empresas con costos de paro bajos. En cualquier caso podemos distinguir cuatro generaciones en la evolución del concepto de mantenimiento:

1ª Generación: La más larga, desde la revolución industrial hasta después de la 2ª Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. El Mantenimiento se ocupa sólo de arreglar las averías. Es el Mantenimiento Correctivo.

2ª Generación: Entre la 2ª Guerra Mundial y finales de los años 70 se descubre la relación entre edad de los equipos y probabilidad de fallo. Se comienza a hacer sustituciones preventivas. Es el Mantenimiento Preventivo.

3ª Generación: Surge a principios de los años 80. Se empieza a realizar estudios CAUSA-EFECTO para averiguar el origen de los problemas. Es el Mantenimiento Predictivo ó detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles. Se comienza a hacer partícipe a Producción en las tareas de detección de fallos

4ª Generación: Aparece en los primeros años 90. El Mantenimiento se contempla como una parte del concepto de Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad al tiempo que se reducen los costos. Es el Mantenimiento Basado en el Riesgo (MBR): Se concibe el mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos. Se identifica el mantenimiento como fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo

la disponibilidad necesaria en cada caso al mínimo coste. Se requiere un cambio de mentalidad en las personas y se utilizan herramientas como:

- Ingeniería del Riesgo (Determinar consecuencias de fallos que son aceptables).
- Análisis de Fiabilidad (Identificar tareas preventivas factibles y rentables).
- Mejora de la Mantenibilidad (Reducir tiempos y costes de mantenimiento)

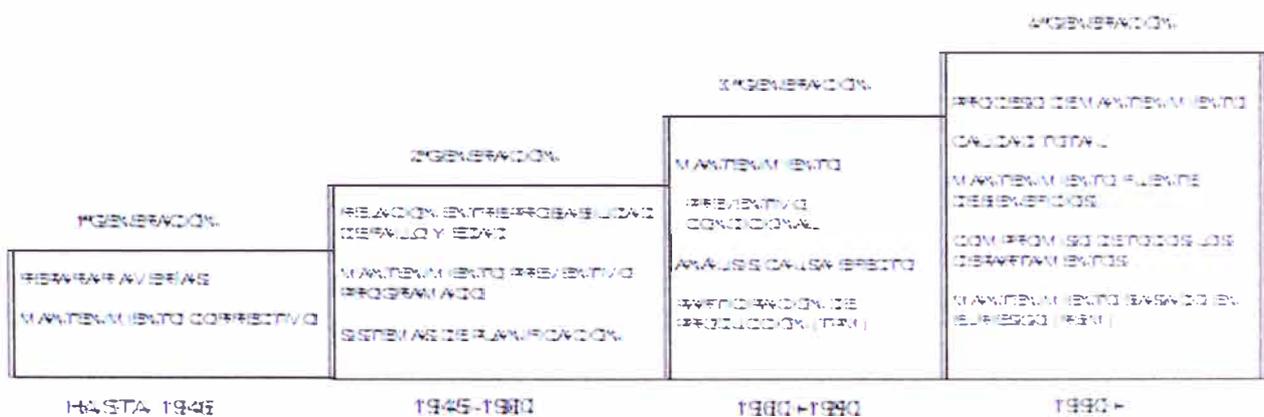


Fig. 3.2 Evolución de los Tipos de Mantenimiento

3.2 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.

3.3 OBJETIVO DE MANTENIMIENTO

Asegurar la competitividad de la empresa por medio de:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada,
- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa,
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente, y
- Maximizar el beneficio global.
- Confiabilidad es la probabilidad de estar funcionando sin fallas durante un determinado tiempo en unas condiciones de operación dadas.
- Mantenibilidad es la probabilidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.
- Soportabilidad es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de Mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

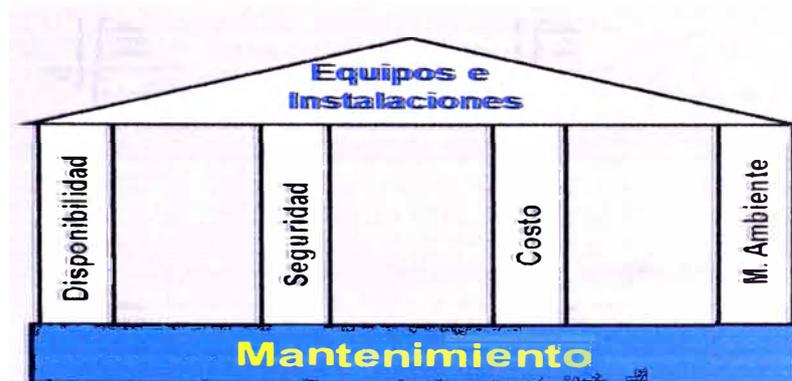


Fig. 3.3 Objetivo del Mantenimiento de Equipos

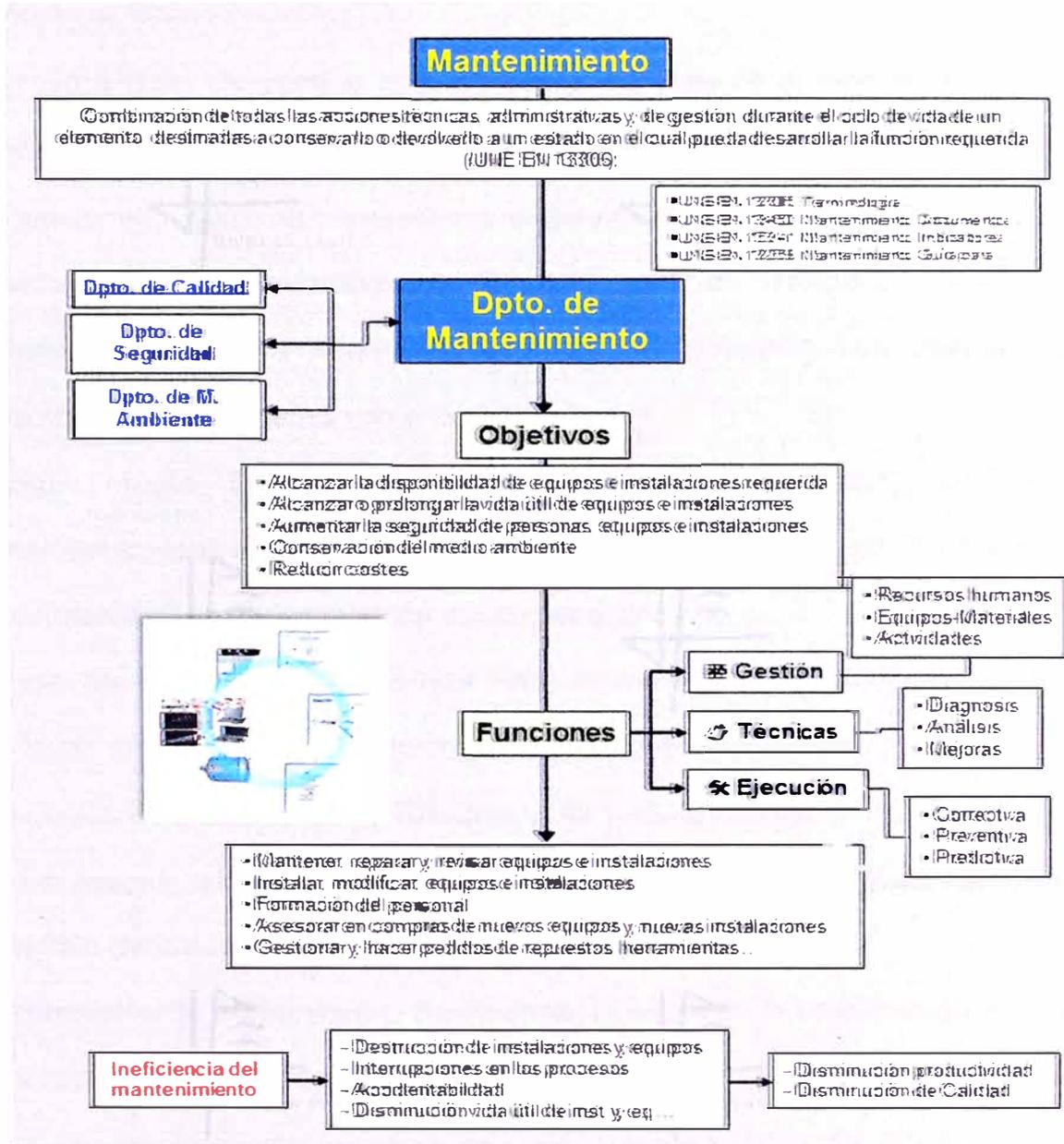


Fig. 3.4 Objetivos y Funciones del Mantenimiento

3.4 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento Correctivo o A la Rotura, consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento Preventivo o Basado en el Tiempo, consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición, consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acción para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas según condición.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas, consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

Mantenimiento Mejorativo o Rediseños, consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

No es tarea de mantenimiento propiamente dicho, aunque lo hace mantenimiento.

3.5 LA FILOSOFÍA DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Este tipo de mantenimiento se basa en **predecir el fallo antes de que esta se produzca**. Se trata de conseguir adelantarse al fallo o al momento en que el equipo deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

El mantenimiento predictivo consiste en:

- **Análisis.** Determinar el número de equipos objetivo, estudiar sus características fundamentales y sus modos potenciales de fallo.
- **Normalización.** Traducir los modos de fallo a parámetros predictivos de supervisión y asignarles los límites de aceptación o alarmas correspondientes.
- **Sistematización.** Establecer las pautas de comportamiento de la organización en la eventualidad de que un parámetro supere su valor de alarma: confirmación del diagnóstico, evaluación, acción.

Tradicionalmente los sectores donde se ha aplicado y desarrollado el mantenimiento predictivo de maquinaria con mayor índice de implantación han sido:

- **Generación eléctrica.** Grandes turbinas, las cuales son vulnerables de averías mecánicas severas que pueden ocasionar su autodestrucción.
- **Petroquímico.** Resaltamos los mecanismos de trasvase de fluidos, los cuales ponen en cuestión el total de la instalación.
- **Cemento.** Motores y reductores son partes fundamentales de la cadena de transmisión de potencia. La vigilancia sobre ellos es fundamental a fin de evitar la parada de la producción.
- **Papel.** Sus prensas condicionan la calidad del papel. El análisis de las vibraciones da información de rodamientos, cilindros, lubricación, accionamientos, ...
- Laminación de metales, industria del automóvil, alimentarias, farmacéuticas, ... son campos habituales de aplicación



Fig. 3.5 Confiabilidad

Estrategias Modernas de Mantenimiento



Fig. 3.6 Estrategias Modernas de Mantenimiento (Ref. Seminario de Mantenimiento Proactivo mediante análisis de aceite 2001-Noria Latin America)

Monitoreo de Condición – Factores claves

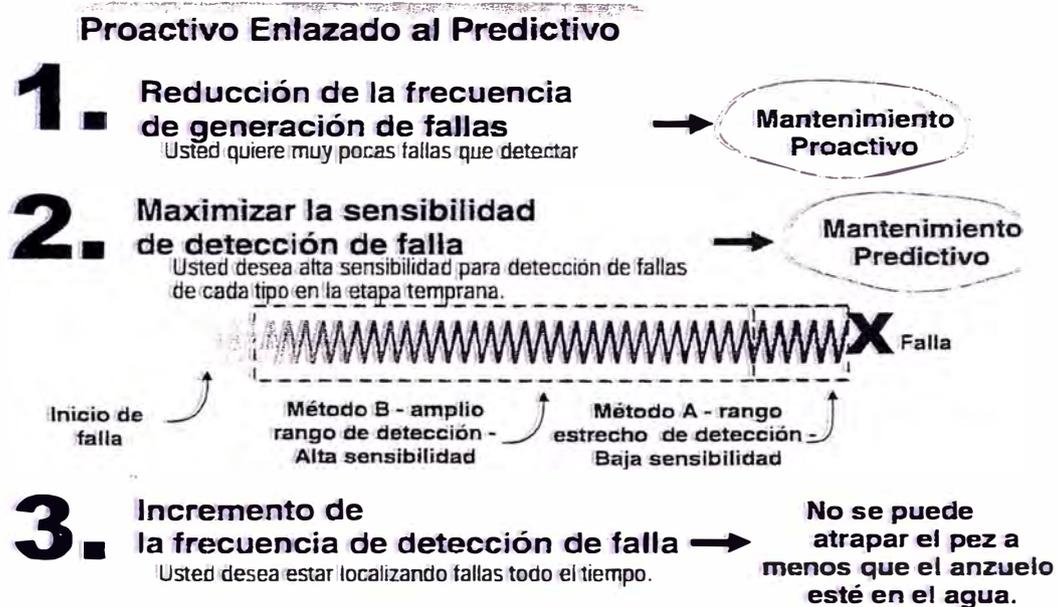


Fig. 3.7 Monitoreo de Condición (Ref. Seminario de Mantenimiento Proactivo mediante análisis de aceite 2001-Noria Latin America)

3.6 IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN Y EL ANÁLISIS DE ACEITE

Las funciones de los lubricantes son:

- Controlar la fricción
- Controlar el desgaste
- Controlar la corrosión
- Controlar la temperatura
- Controlar la contaminación
- Transmitir potencia, en el caso de circuitos hidráulicos

El aceite transporta y contiene toda la información acerca de los contaminantes y partículas de desgaste.

El análisis de aceite es una técnica simple, que realizando medidas de algunas propiedades físicas y químicas proporciona información con respecto a:

- La salud del lubricante
- Contaminación del lubricante
- Desgaste de la maquinaria

El análisis de aceite no sólo va a permitir monitorear el estado de desgaste de los equipos, detectar fallas incipientes, sino también establecer un Programa de Lubricación basado en Condición.

Los fabricantes de equipos recomiendan Planes de Mantenimiento que incluyen cambios de lubricantes a intervalos fijos, llevando a un costoso sobre mantenimiento, pues sustituye lubricantes todavía aptos para el uso.



Fig. 3.8 Beneficios de utilizar el Análisis de Aceite

Estrategia Proactiva

Para llevar adelante la estrategia Proactiva es fundamental establecer dos tipos de alarmas:

- Alarmas Absolutas
- Alarmas Estadísticas

Las alarmas absolutas son límites condenatorios que se aplican al estado de contaminación del lubricante, y se pueden tomar las recomendaciones del fabricante del equipo, en el caso que las hubiera o en su defecto las recomendaciones del Laboratorio de Análisis de Lubricantes.

Mientras que las alarmas estadísticas están basadas en los propios valores registrados en el equipo. El análisis de la tendencia estadística permite identificar fallas incipientes. No se debe olvidar la variabilidad inherente a la propia exactitud de las pruebas que se realizan.

Resulta muy importante para poder identificar las causas de falla tener en cuenta las condiciones operativas y ambientales. Tal como es sabido, aún dos máquinas idénticas condiciones operativas y ambientales disímiles no requerirán las mismas intervenciones de mantenimiento, ni presentarán la misma clase de fallas.

Pero para el caso de equipos idénticos en condiciones operativas similares, se pueden utilizar las mismas alarmas estadísticas.

Así mismo, es fundamental conocer la metalurgia de las partes móviles que tienen contacto con el lubricante, para eventualmente identificar el origen de los metales de desgaste.

Para llevar adelante una Estrategia Proactiva el primer paso es seleccionar los equipos a incluir dentro del Programa, y definir los objetivos de limpieza, y luego tomar acciones para llevarlos a cabo.

Para seleccionar los puntos de lubricación a monitorear mediante análisis de aceite, tal como ya se mencionó anteriormente, debe tenerse en cuenta la criticidad del componente y en cómo afecta éste a la confiabilidad y disponibilidad de la máquina. Incluso debe incluirse en el programa un reductor de 2 litros de capacidad, si éste afecta la confiabilidad y seguridad de la máquina. Para ésta caso no se esperan beneficios extendiendo la vida del aceite, sino desde el punto de vista del Mantenimiento Predictivo.

El control de contaminación de los aceites, es el pilar básico de la Estrategia Proactiva, enfocándose al control de la principal causa de desgaste y falla de los equipos, debiéndose evitar que los contaminantes ingresen al sistema.

El objetivo de limpieza afecta desde la recepción, almacenaje y manipulación de los lubricantes nuevos, la limpieza de los respiraderos, la correcta selección y frecuencia de cambio de filtros.

A continuación se detallan las principales consecuencias sobre la superficie metálica, según el tipo de contaminante.

Tabla 3.1 Efectos de la contaminación externa sobre la maquinaria

Tipo de contaminante	Efectos sobre la superficie de la maquinaria
Partículas	Desgaste superficial por abrasión y fatiga
Agua	Herrumbre, rayado
Combustible	Incremento del desgaste, por pérdida de resistencia de la película lubricante
Anticongelante	Herrumbre, corrosión Incremento del desgaste por pérdida de resistencia de la película lubricante
Aire	Cavitación
Calor	Formación de barniz Incremento del desgaste por pérdida de resistencia de la película lubricante

Los aceites sufren un mecanismo de envejecimiento natural que va alterando sus propiedades físicas: la densidad, la viscosidad, y las propiedades químicas, que disminuye su vida útil, a través los siguientes mecanismos:

- Oxidación
- Polimerización
- Ruptura
- Evaporación

Al disminuir la contaminación con agua, con aire, con partículas, con calor, no sólo se estará disminuyendo el desgaste de la maquinaria, sino también extendiendo la vida útil del aceite.

Tabla 3.2 Interpretación Análisis de Aceite (Ahorro relativo según mantenimiento seleccionado (Ref. Seminario de Mantenimiento Proactivo mediante análisis de aceite 2001-Noria Latin America)

	Detección de causa de falla	Detección de inicio de falla	Diagnóstico del problema	Progreso de la falla	Autopsia
Que nos dice	Una condición peligrosa que puede llevar a una causa de falla	Cuando existe una falla en la etapa temprana, que de otra manera pasaría desapercibida ej. Desgaste anormal.	Cuál es la naturaleza del problema que ha estado siendo observado. ¿De dónde viene? ¿Qué tan severo es? ¿Puede ser arreglado?	Qué la máquina esta prácticamente descompuesta y requiere ser reparada o reemplazada.	¿Qué ocasionó la falla de la maquina? ¿Podría haber sido evitado?
Lo que se analiza y monitorea	Partículas, humedad, viscosidad, temperatura, aditivos, oxidación, Acidez o basicidad del aceite, hollín, glicol.	Densidad de desgaste, temperatura, conteo de partículas, humedad, análisis de elementos, viscosidad, rebabas ferrosas y otros metales.	Análisis de rebabas, análisis de elementos, humedad, conteo de partículas, temperatura, viscosidad, rebabas ferrosos y de otros metales, análisis de vibración.	Análisis de elementos, Análisis de las rebabas de desgaste, análisis de vibración, temperatura.	Análisis de las rebabas de desgaste, análisis de la densidad ferrosa, análisis de metales y piezas.
Filosofía de Mantenimiento	Proactivo	Predictivo	Predictivo	Falla	Falla
Ahorro relativos	10	6	3	2	1

10 = Alto, 1 = Bajo

Tipos de Mantenimiento predictivo conocidos:

Análisis de Vibraciones

El avance tecnológico de la industria y la creciente competitividad de los mercados ha forzado la tecnificación de los métodos de mantenimiento para maquinaria industrial.

El control de vibración es un método de ensayo no destructivo para la supervisión de máquinas. Se lo utiliza para detectar fallas tempranas de componentes de máquinas. Una supervisión "inteligente" de máquinas implica no solo el decir que

algo está fallando, sino conocer cual elemento de la máquina es el que está fallando y porque se produce la falla.

Se define Vibración como una oscilación mecánica alrededor de una posición de referencia. Vibración es un fenómeno tan común que lo vemos en nuestras casas, durante el transporte y en nuestros trabajos. Muchas veces se lo define como el lado negativo de un proceso útil.

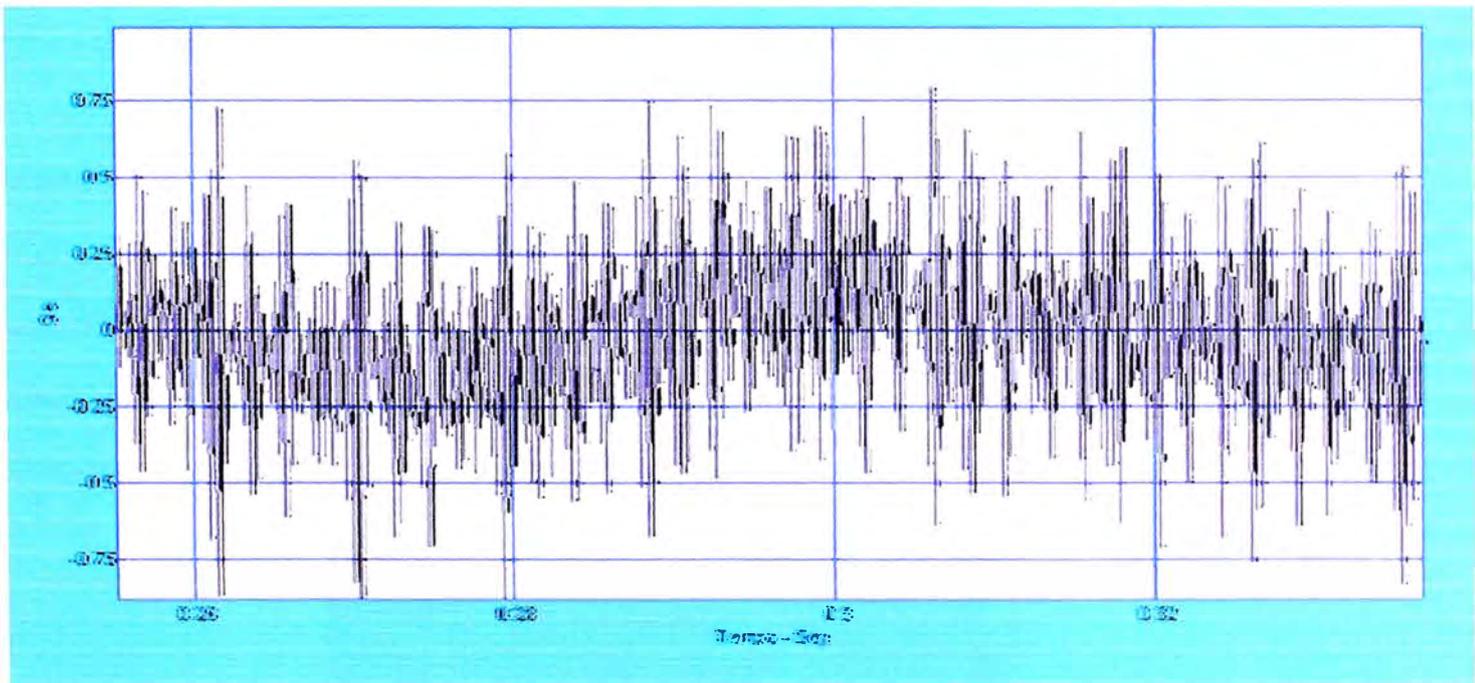


Fig.3.9 Espectro de vibración gs-tiempo

La vibración en máquinas es el resultado de fuerzas dinámicas producidas por sus partes en movimiento. Como toda máquina está compuesta por distintas partes, cada una de estas vibrará con diferentes frecuencias y amplitudes, causando desgaste y fatiga a los componentes, siendo muchas veces esta la causa de fallas catastróficas.

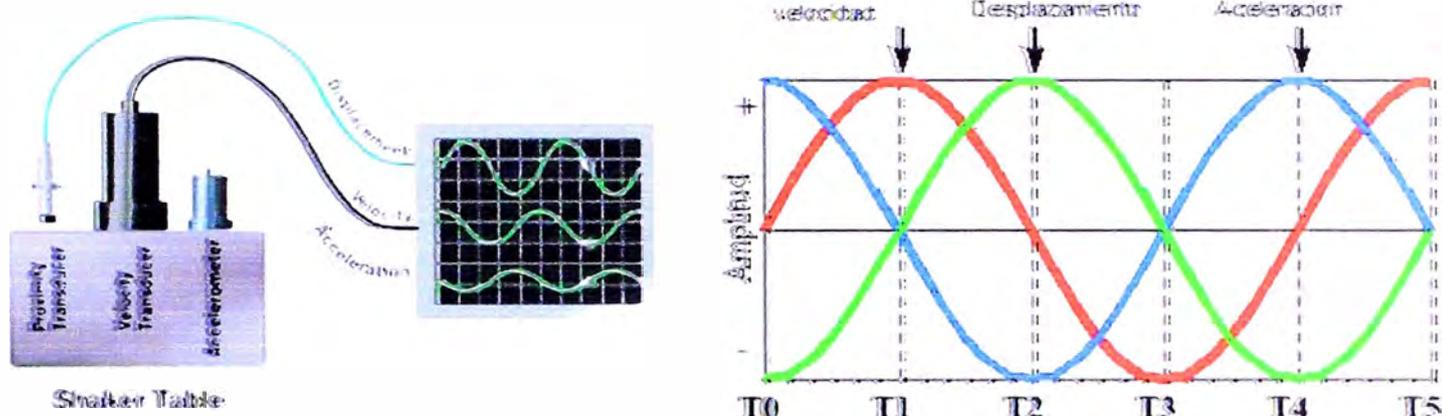


Fig. 3.10 Mecanismo de muestreo de vibraciones y sus parámetros

Ante la falta de algún instrumento para medir vibración, en algunas plantas la vibración es evaluada por medio del tacto, en algunos casos se utiliza una varilla que transfiere la señal de vibración a la cabeza del operador, ó en otros casos se utiliza un estetoscopio del tipo médico. En cada uno de estos casos, la señal de vibración es evaluada sobre la base de la experiencia, sin ningún valor numérico de referencia que sirva para una posterior comparación.

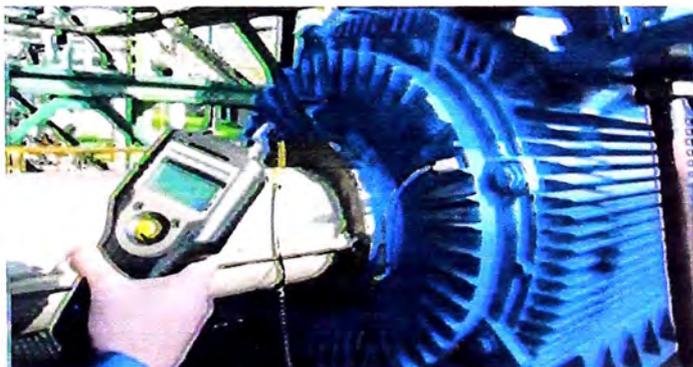


Fig. 3.11 Método practico indicativo de vibración

Los objetos mecánicos vibran en respuesta a fuerzas de excitación. Sin embargo, la vibración también depende de las características estructurales del sistema. Esto incluye masa, rigidez y características de amortiguación. La masa de un objeto es igual a su volumen multiplicado por su densidad. La rigidez depende de la elasticidad

del material y es expresada en unidades de fuerza por unidad de deflexión (lb/plg). El amortiguamiento es una medida de la habilidad del sistema para disipar energía en forma de calor.

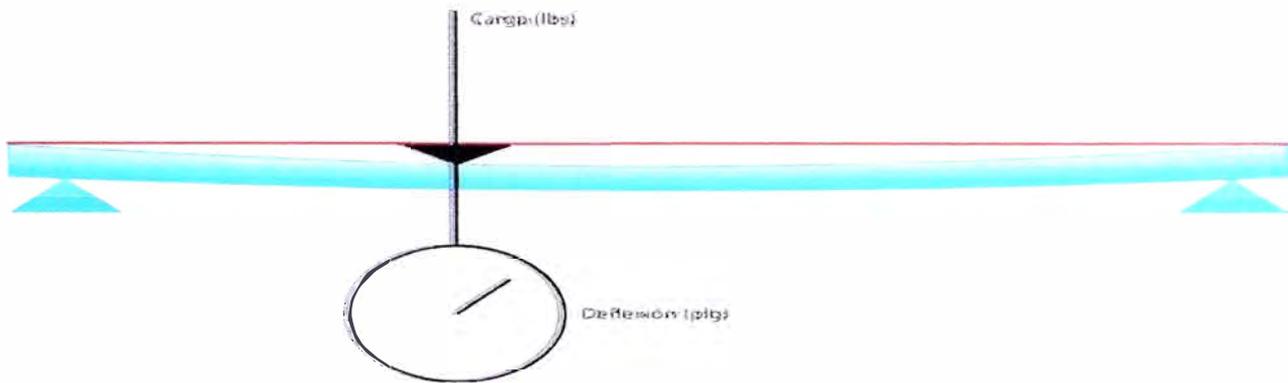


Fig. 3.12 Figura representativa carga vs. Deflexión

La excitación es usualmente gobernada por tolerancias y defectos dentro del sistema, de su manufactura, del proceso de instalación y de la forma en que el sistema fue diseñado. Las tres características de la vibración son la frecuencia, la amplitud y la fase.



Fig. 3.13 Vibro metro Digital

$$\text{Amplitud de vibración} = \frac{\text{Fuerzas excitadoras}}{\text{Rigidez del sistema}}$$

Termografía Infraroja

La **termografía infrarroja** es la ciencia de adquisición y análisis de la información térmica obtenida mediante los dispositivos de adquisición de imágenes térmicas a distancia.

Termografía significa “escritura en calor”, igual que fotografía significa “escritura con luz”. La imagen generada se denomina termograma o imagen térmica.

Sir William Herschel, alrededor del año 1800, accidentalmente descubrió la porción infrarroja del espectro electromagnético.

Herschel concluyó de sus experimentos que adicional a los rayos visibles, el sol también emite rayos invisibles, el los identificó como “espectro termométrico”



Fig. 3.14 William Herschel

Aplicaciones generales:

Una primera categorización sería dividir las aplicaciones de la termografía en mecánicas, eléctricas, sistemas energéticos, monitoreo de procesos, control de calidad, medicina, veterinaria, ensayos no destructivos e investigación y desarrollo.

Monitorizado de procesos:

La termografía puede ser utilizada para Monitorizado de procesos, tal es el caso de hornos y calderos, problemas de flujo de fluidos, medición de nivel en tanques y depósitos, etc.

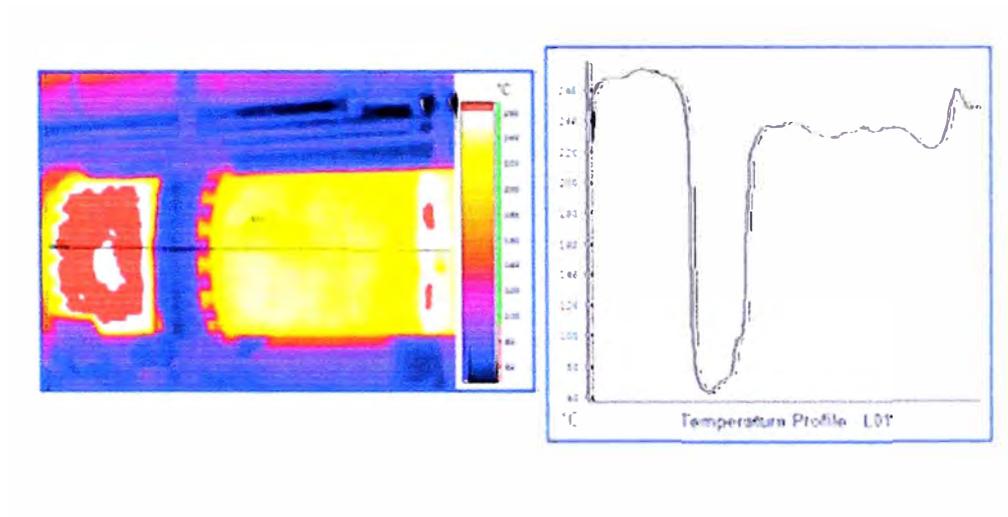


Fig. 3.15 Análisis termo gráfico en componentes mecánicos fijos

En el monitoreo de componentes rotativos:

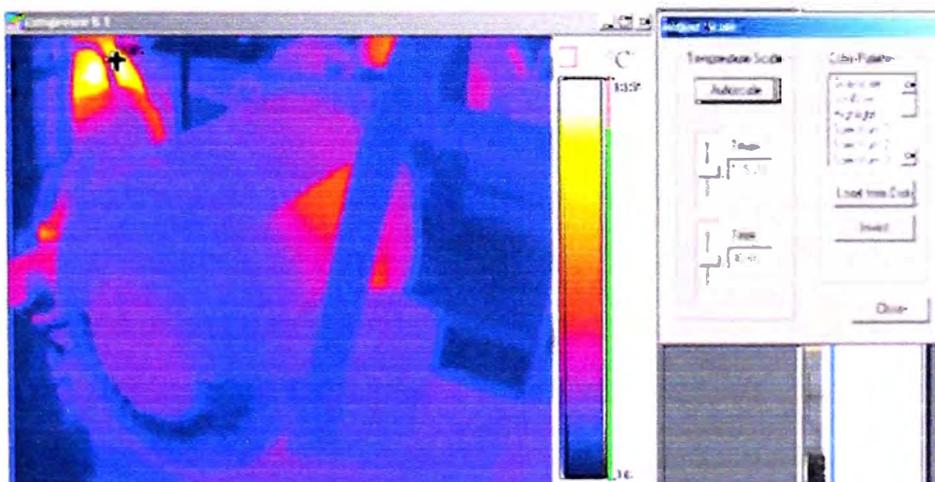


Fig. 3.16 Análisis termo gráfico en componentes mecánicos rotativos

Análisis por Ultrasonido Pasivo



Fig. 3.17 Captación análisis por ultrasonido

El uso del **ultrasonido** en el mantenimiento de equipos ha sido utilizado desde hace aproximadamente 40 años. Hoy en día, instrumentos portátiles que detectan el ultrasonido se usan comúnmente para detectar fugas en sistemas de aire o gas comprimido, comprobar el correcto funcionamiento de válvulas y trampas de vapor, encontrar descargas corona en equipos eléctricos, detectar fallas en rodamientos y efectuar pruebas de hermeticidad.

El **ultrasonido** se define como ondas de frecuencia por encima del límite audible humano ó en exceso a los 20000 Hz de frecuencia. El sonido se propaga a través de ondas longitudinales a través de cualquier medio (agua, aire, vidrio, metal, etc.).

Una **onda** es una perturbación en movimiento que ocasiona que las partículas del medio sobre el cual se desplaza vibren.

El ultrasonido se utiliza también para complementar inspecciones termográficas en líneas de transmisión en donde, el efecto corona no incide en un incremento de temperatura del objetivo.



Fig. 3.18 Sensores parabólicos y de distancia extendida pueden incrementar la distancia de detección entre 60-100 yardas.

Análisis de Aceites

El Análisis de aceites consiste en la realización de test físico-químicos en el aceite con el fin de determinar si el lubricante se encuentra en condiciones de ser empleado, o si debe ser cambiado. es una de las técnicas simples, que mayor información proporciona al Administrador de Mantenimiento, con respecto a las condiciones de operación del equipo, sus niveles de contaminación, degradación y finalmente su desgaste y vida útil.

Muchos departamentos de mantenimiento tienen actualmente Programas de Análisis de Aceite. Algunos utilizando el laboratorio de su proveedor de lubricantes o contratando los servicios de laboratorio privados. En muchos de los casos los resultados del análisis, son recibidos semanas o meses después de la toma de la muestra y la información se vuelve irrelevante, ya que para ese momento, las

condiciones del equipo ya son diferentes, en muchos casos el aceite ya fue cambiado y en otros el equipo ya falló y fue reparado.

Objetivos del seguimiento analítico de los aceites:

- Controlar el estado de la carga de aceite
- Controlar el estado del equipo

Beneficios de utilizar el Análisis de Aceite

Algunas de las fallas que el análisis de aceite puede ayudar a detectar:

- Partículas abrasivas en el aceite
- Aceite contaminado con Agua
- Combustibles
- Productos químicos
- Operación en alta temperatura
- Desalineamiento
- Desbalanceo
- Cavitación
- Fatiga
- Sobrecarga
- Agotamiento de aditivos
- Aceite aplicado erróneamente
- Inicio de falla en cojinetes
- Inicio de falla en rodamientos
- Inicio de fallas progresivas
- Etc.

Tabla 3.3 Objetivos y Resultados mediante Analisis de Aceite

Analisis de Aceite	Objetivo	Resultado esperado
Viscosidad	Salud del lubricante	Estable
Numero de Neutralización (AN y BN)	Degradación del lubricante	Tendencia (decreciente lenta)
Punto de inflamación	Contaminación	Estable
Análisis de elementos por emisión atómica	Degradación de aditivos Contaminación Metales de Desgaste	Decremento suave Negativo Negativa – Tendencia suave
FTIR – Analisis infrarrojo	Degradación de aditivos Contaminación	Decremento suave Negativa
Conteo de partículas	Contaminación y/o desgaste	Estable en la meta establecida
Análisis de humedad	Contaminación	Negativa
Densidad ferrosa o partículas ferrosas	Desgaste	Decremento o Estable
Ferografía analítica	Localización del tipo de desgaste presente	Identificación del tipo de desgaste, procedencia y causa
Resistencia a la oxidación (RPVOT)	Salud del lubricante	Estable
Pruebas de membrana y gota	Salud del lubricante Contaminación Desgaste	Conservación de aditivos Negativa Negativa - Estable

3.7 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

La lubricación es la separación de partes en movimiento por una película de aceite, mientras más cercanas están estas partes unas de otras, más importante se vuelve la lubricación.

El aceite circula a través del sistema con el refrigerante. Los aceites para refrigeración deben tener ciertas propiedades, porque se mezclan con los refrigerantes. El aceite entra en contacto directo con los devanados calientes del motor, en unidades herméticas y semiherméticas; por lo que debe ser capaz de soportar temperaturas extremas, y no ser dañino al refrigerante y al equipo.

Además, debe mantener viscosidad suficiente, para permitir una lubricación adecuada. Asimismo, el aceite se enfría a la más baja temperatura del sistema, y debe permanecer fluido en todas las partes. La fluidez de la mezcla aceite - refrigerante, es

determinada por el refrigerante utilizado, las temperaturas, las propiedades del aceite y su miscibilidad con el refrigerante.

Estos aceites, por lo tanto, tienen características muy especiales llamadas propiedades, las cuales se describen por número para dar un valor exacto. A continuación, se examinarán cada una de esas propiedades:

1. Viscosidad
2. Punto de Ecurrimiento
3. Punto de Floculación
4. Punto de Inflamación y Punto de Ignición
5. Rigidez Dialéctica
6. Número de Neutralización
7. Carbonización
8. Peso Específico
9. Tendencia a la Corrosión
10. Oxidación Acelerada
11. Humedad
12. Color
13. Punto de Anilina
14. Estabilidad Térmica
15. Compatibilidad con Otros Materiales

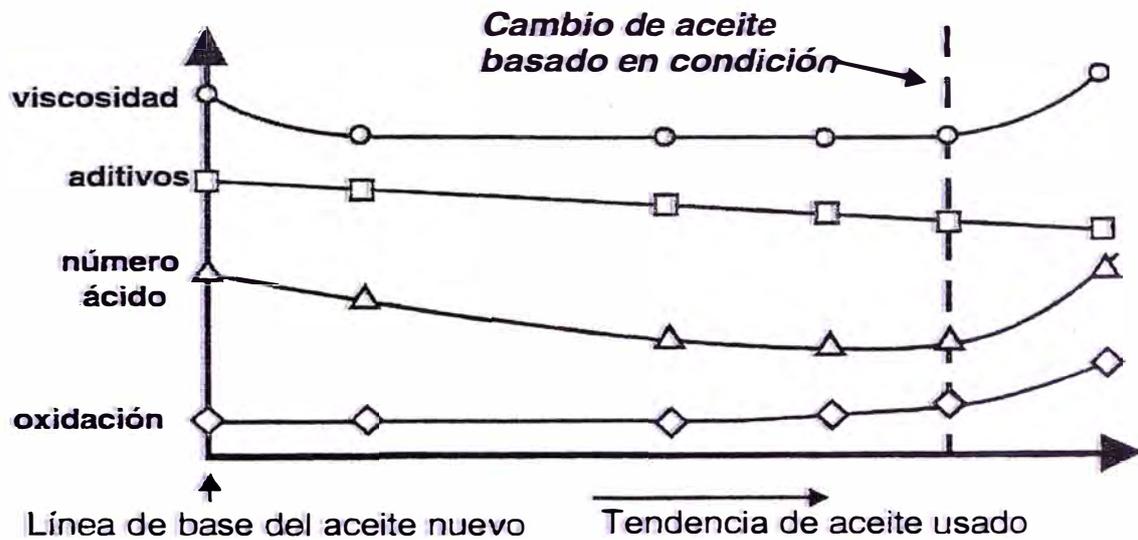


Fig. 3.19 Tendencia de Propiedades de lubricante (Ref. Seminario de Mantenimiento Proactivo mediante análisis de aceite 2001-Noria Latin America)

SÍNTOMAS CARACTERÍSTICAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL ACEITE

Por contaminación de un aceite se entiende la presencia de materias extrañas a él, sin importar su origen, las principales son: partículas y óxidos metálicos, polvos atmosféricos, combustible, agua, materias carbonosas y ácidos provenientes de los gases de combustión y de la oxidación de lubricante.

La contaminación puede producirse por cuatro causas principales:

- **Partículas de procedencia externa.** Ingresan al motor por los sistemas de admisión, lubricación y combustible; tales como polvo atmosférico, agua, materias carbonosas y combustible.
- **Partículas generadas internamente.** Son producidas por el desgaste de las piezas que componen el motor y por la degradación del lubricante.

- **Partículas introducidas durante el proceso de fabricación y montaje.** Es el caso de la arena residual de la fundición, residuos abrasivos del esmerilado de válvulas, polvo y virutas provenientes del mecanizado, sustancias usadas para limpieza y pulido de piezas, etc.
- **Partículas introducidas por acciones de mantenimiento.** Como levantamiento de la tapa de balancines o de la culata, etc.

Los elementos contaminantes que se pueden encontrar en el aceite de los motores son los siguientes:

- **Elementos metálicos.** Originados por el desgaste de las partes metálicas del motor sometidas a fricción. Producen desgaste abrasivo, rugosidad de las superficies con lo cual se facilita el desgaste adhesivo y la catalización de los procesos de degradación del aceite.
- **Óxidos metálicos.** Proviene del desgaste corrosivo del motor y de la oxidación de las partículas metálicas.
- **Impureza y polvo atmosférico.** Se introduce en los motores a través de la admisión (Por filtros ineficientes o rotos y conductos con fugas), respiraderos, orificio para medición del nivel o al añadir aceite. Estos elementos y el anterior producen desgaste abrasivo y rugosidad de las superficies, lo cual promueve el desgaste adhesivo.
- **Productos carbonosos.** Son el resultado del paso de los productos de la combustión al aceite.
- **Gases de la combustión.** Entran al aceite a través del soplado y producen ácidos que facilitan la degradación del aceite.

- **Productos de la degradación del aceite.** Lacas, barnices, etc, resultado del proceso de envejecimiento del aceite.
- **Agua.** Procedente de la combustión o sistema de refrigeración.
- **Glicol.** Proveniente de fugas internas de lubricante, promueve la degradación del aceite.
- **Combustible.** Se introduce al aceite mediante el soplado; tiene su origen en las fallas de los inyectores, mala combustión o funcionamiento del motor en frío.
- **Ácidos.** Proviene del soplado y la degradación propia del aceite. Producen corrosión de metales y catalizan la degradación del lubricante.

La contaminación y degradación del aceite están íntimamente relacionadas, ya que la primera, además de alterar las propiedades físicas y químicas del aceite acelerando el desgaste del motor, provoca su degradación. Por otra parte, esta última produce partículas sólidas no solubles en el aceite, que lo contaminan y adicionalmente promueven los procesos de desgaste.

Contaminación por Partículas

La contaminación del aceite es el enemigo número uno del equipo. Los estudios de los fabricantes indican que el nivel de contaminación es directamente relacionado a la vida útil del equipo. Los análisis normales de aceites usados nos indica el estado básico de contaminación en partes por millón, nivel de aditivos, desgaste, etc. Éste análisis normalmente mide las partículas menores a 5 micrones. Una vez que tenemos un control básico, se recomienda hacer el conteo de partículas junto con el análisis básico del aceite. Para evaluar el grado de contaminación de partículas, se desarrolló

la Tabla ISO 4406. En este sistema se cuenta las partículas por ml y se clasifica por rango, de acuerdo a su tamaño.

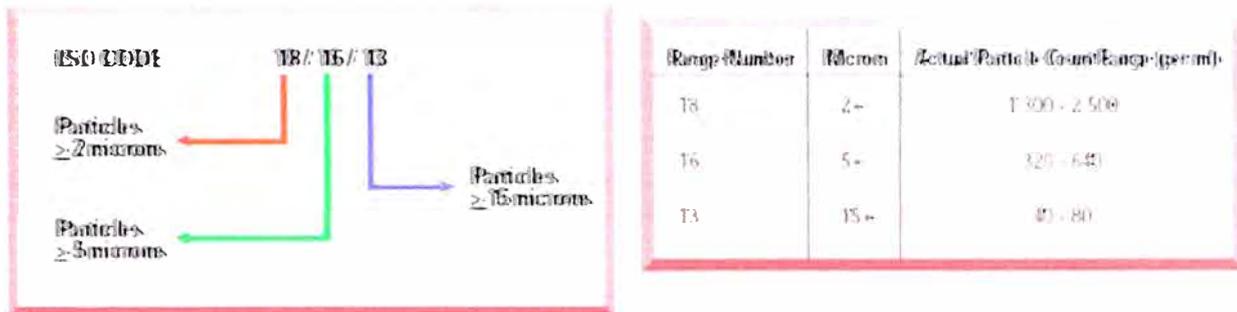


Fig. 3.20 Nomenclatura Norma ISO 4406

En este conteo se anota las partículas ≥ 2 micrones, ≥ 5 micrones y ≥ 15 micrones. Esto nos ayuda a saber la contaminación, el desgaste directo y la eficiencia del filtro del aceite. Tenemos que mirar el análisis básico para saber de qué material son las partículas. Si el filtro es eficiente hasta 10 micrones pero hay muchas partículas > 15 micrones, hay una contaminación o desgaste severo y directo o el filtro no está funcionando correctamente. Si la mayoría de las partículas son entre 2 y 5 micrones, estarán circulando por el filtro. Tal vez vale la pena colocar un filtro "by-pass" de menor micronaje.

Poco tiempo atrás hicimos un análisis y conteo de partículas de un aceite de turbina donde se ve la limpieza ISO de 19/17/13. O sea, entre 2500 y 5000 partículas ≥ 2 micrones, entre 640 y 1300 partículas ≥ 5 micrones y entre 40 y 80 partículas ≥ 15 micrones.

(Nota: Aunque este aceite tiene muchas horas de uso y está sucio, es más limpio que el aceite nuevo del primer ejemplo).

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																						
Lab No	Date Taken	Time on Oil	Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Potassium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Niobium	Titanium	Vanadium	Potassium
121715	20-MAY-03		4220	50	7	18	2	283	16	0	1278	5	75	47	34	0	816	22	2	303	0	1169
Critical	06-JUN-03		C	A				C			C											

Lab No	Physical Properties						Additional Tests
	Acid	Visc:100	Visc:1000	Water	Sulf Solids	Glycol	
121715	N/A	N/A	N/A	75	0.3	N/A	
				C			

Fig. 3.21 Análisis Espectro métrico

En la tabla siguiente, podemos ver los rangos para la interpretación de la limpieza ISO. La tabla indica, por normas y estudios de la industria, que si podrían bajar la contaminación de 19/17/13 a 16/14/11, se podría DUPLICAR la vida útil de la turbina. Una reducción a 15/13/10 podría TRIPLICAR la vida útil.

Tabla 3.3 Tabla de Limpieza ISO

Current Machine Cleanliness (ISO)	Target	Target	Target	Target
26/26/23	25/23/21	25/22/19	23/21/18	22/20/17
27/25/22	25/23/19	25/22/18	22/20/17	21/19/16
26/24/21	23/21/18	22/20/17	21/19/16	21/18/15
25/23/20	22/20/17	21/19/16	20/18/15	19/17/14
25/22/19	21/19/16	20/18/15	19/17/14	18/16/13
25/21/18	20/18/15	19/17/14	18/16/13	17/15/12
22/20/17	19/17/14	19/16/13	17/15/12	16/14/11
21/19/16	18/16/13	17/15/12	16/14/11	15/13/10
20/18/15	17/15/12	16/14/11	15/13/10	14/12/9
19/17/14	16/16/13	15/13/10	14/12/9	14/12/8
18/16/13	15/13/10	14/12/9	13/11/8	-
17/15/12	14/12/9	13/11/8	-	-
16/14/11	13/11/8	-	-	-
15/13/10	13/11/8	-	-	-
14/12/9	13/11/8	-	-	-
Life Extension Factor	2x	3x	4x	5x

3.8 FORMA Y MECANISMOS DE MUESTREO

Tradicionalmente las muestras de aceite son tomadas de tanques o en puertos de drenado, haciendo que la información resultante no sea representativa de las condiciones de operación del equipo. Adicionalmente en el análisis de aceites es posible instalar puertos de muestreo secundarios que permitirán la localización del problema efectivamente “Mejores Prácticas” para toma de muestra:

- Mediante un dispositivo fijo
- Lubricante en movimiento
- A temperatura y condiciones normales de operación
- En zonas de flujo turbulento (no lineal)
- Antes de los filtros
- Después de los componentes de la maquinaria
- Con dispositivos e implementos de muestreo limpios
- Purga de líneas con flujo estático
- En un envase o recipiente limpio
- Con la misma frecuencia
- Registrando las horas de operación de la maquinaria y las horas del aceite

Se requiere que el proceso de muestreo sea “Consistente”, para que la información resultante pueda ser convertida en datos de tendencia y reconocer y analizar su comportamiento en el tiempo.

En los últimos cinco años, la cantidad de instrumentos de análisis de aceites en sitio ha crecido en número y se ha reducido en tamaño y sofisticación, permitiendo que esta técnica pueda realmente proporcionar al profesional del mantenimiento la

información necesaria para controlar las causas que ocasionan la falla de sus equipos y además poder monitorear el progreso de fallas no tribológicas.

Correcta toma de Muestra

La clave para la identificación de problemas en la maquinaria y el lubricante es mantener consistencia al efectuar los procedimientos de análisis de aceite. Si insiste en ignorar los procedimientos consistentes tendrá que eliminar factores adicionales que podrían sesgar los resultados del análisis de aceite, dando como resultado un recuento impreciso de la salud de su lubricante o de su maquinaria.

Es sumamente importante que tengamos un abordaje consistente para:

- La ubicación de la muestra
- El recipiente de la muestra
- El procedimiento de extracción de la muestra
- La frecuencia de muestreo
- Los métodos de prueba de la muestra

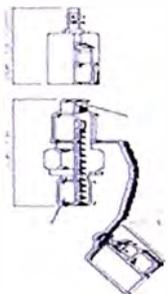


Fig. 3.22 Localización de Toma de Muestra

El puerto de muestreo es el accesorio apropiado para la toma de muestra se aceite, ya que cuenta con una válvula check de protección la cual impide que el aceite pueda fugar y el único medio para accionar la válvula es el adaptador para poder sacar la muestra de aceite.

En el caso de que es sistema no sea presurizado, se requiere de la ayuda de una bomba manual o vampiro, así como de manguera flexible y de frascos previamente esterilizados.

Unos de los grandes beneficios de contar con puertos de muestreo es que cualquier técnico puede tomar la muestra del mismo punto previamente identificado en el momento que sea necesario.



ESPECIFICACIONES

Maximum working pressure	9000 PSI (630 bar)
Connect under pressure	5800 PSI (400 bar)
Check valve ball	Stainless steel
O-ring	Viton
Maximum operating temperature	-4° F to 392° F

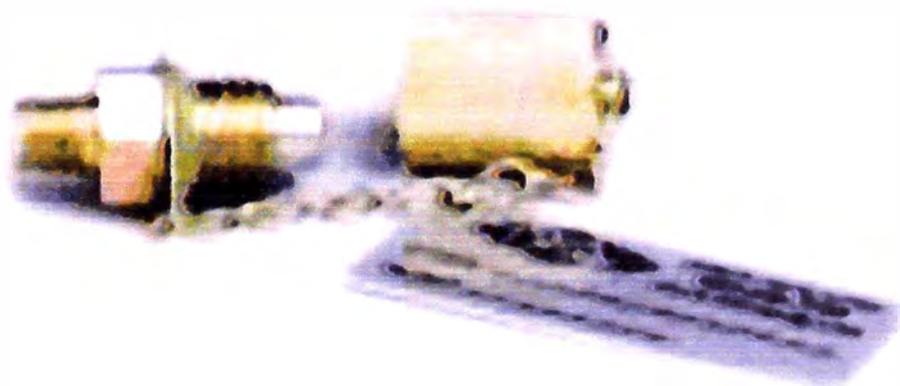


Fig. 3.23 Puerto de Muestreo

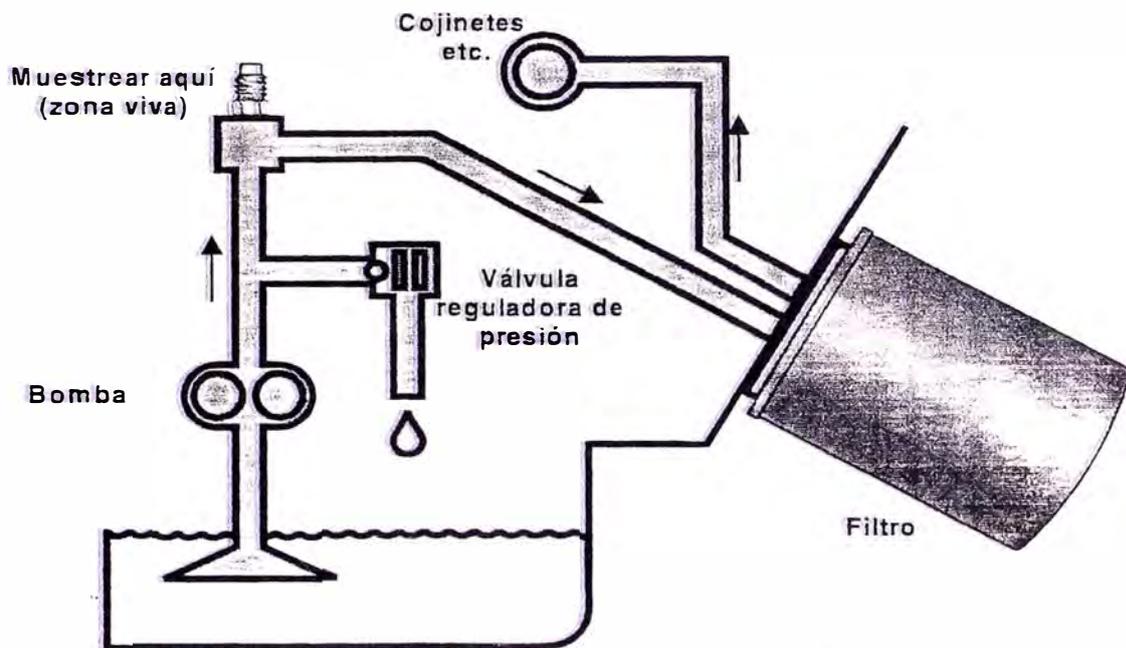


Fig. 3.24 Ubicación de Puerto de muestreo (Ref. Seminario de Mantenimiento Proactivo mediante análisis de aceite 2001-Noria Latin America)

- Muestrear de una tubería sin movimiento de flujo y/o tubos ciegos
- Muestra en zonas de flujo laminar
- Muestreo de tanque de aceite o después del filtro
- Muestrear cuando la máquina está fría o sin operar.

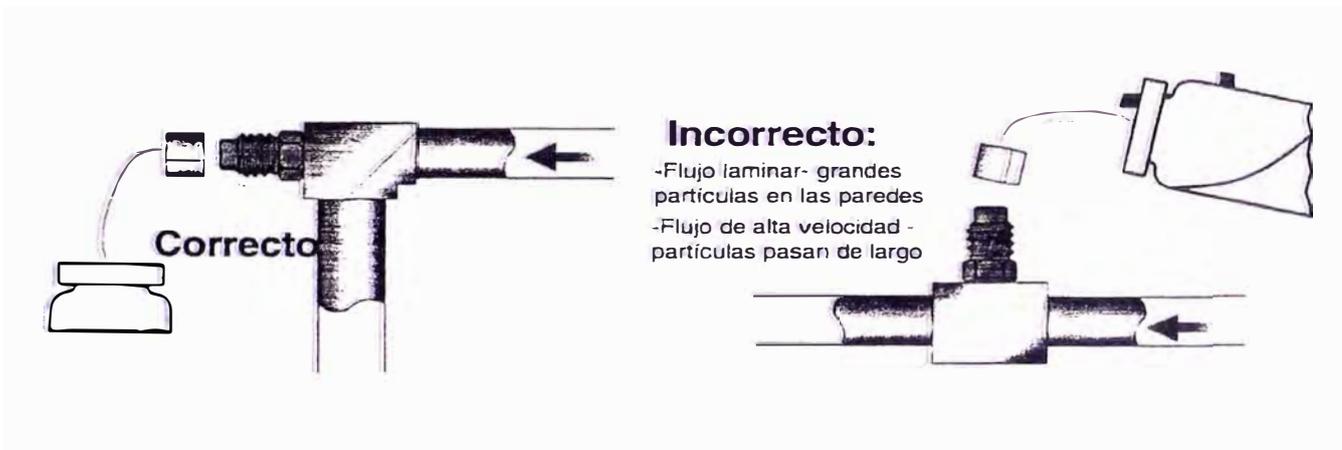


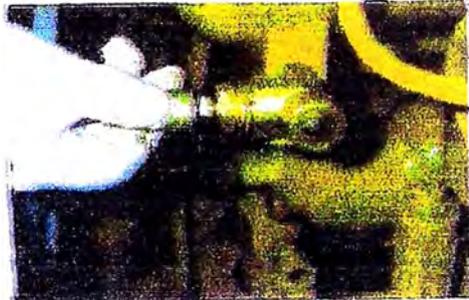
Fig. 3.26 Toma de muestra en puntos correctos del sistema

3.9 PROCEDIMIENTO PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE PARA ANALISIS

Una vez que el motor haya llegado a su temperatura de operación se puede proceder a realizar la toma de muestra, para esto se debe de asegurar con el kit completo de muestreo a la mano: guantes, paños de limpieza, frasco, conector, manguera, etc.

A continuación proceder:

Paso N° 1: Con los guantes colocados proceder a retirar la tapa del conector de testeo



Paso N° 2: Una vez retirada la tapa del conector proceder a limpiar la superficie del mismo con paño de limpieza.



Paso N° 3: Se introduce el conector provisto de la manguera tal como se muestra en la figura.



Paso N° 4: Aperturar el conector y drenar aceite lo suficiente para limpiar el paso.



Paso N° 5: Sin retirar el frasco de la bolsa llenar la muestra hasta aproximadamente 200ml, luego cerrar el frasco y cerrar la bolsa respectivamente (ziplock).



Paso N° 6: Desechar la manguera y limpiar el conector.



Paso N° 7: La muestra será enviada a laboratorio con su etiqueta debidamente llenada con los datos solicitados por este para su control y resultados.

3.10 FRECUENCIA DE MUESTREO

Determinar la frecuencia de la toma de muestras: el objetivo de la frecuencia de toma de muestras es conseguir un modelo regular de toma de muestras. De esta forma se determina una tendencia histórica verosímil del rendimiento de la máquina.

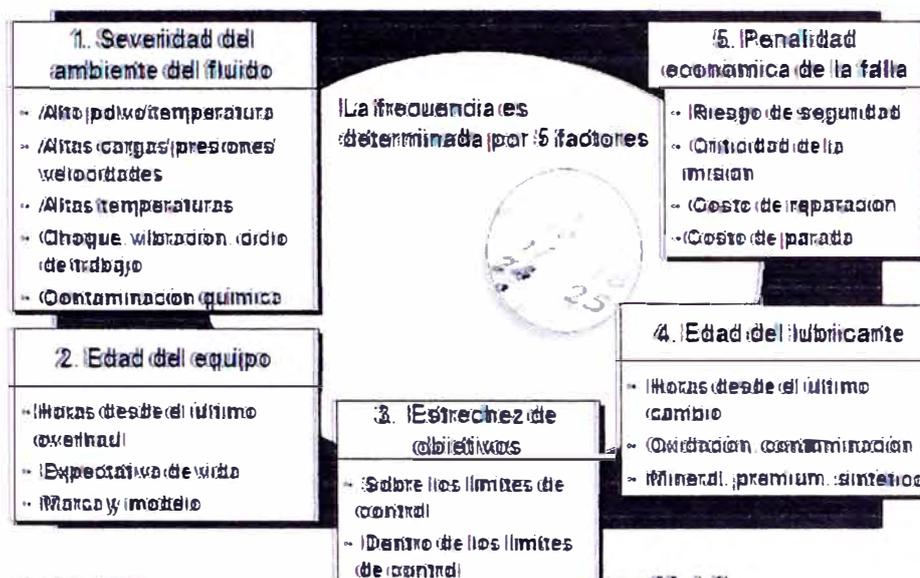


Fig. 3.27 Consideraciones para definir periodo de muestreo (Ref. ExxonMobil Lubricants & Specialties Europe-División de ExxonMobil Petroleum & Chemical, BVBA)

Equipos para aplicaciones fuera de carretera

Punto de toma de muestras	Frecuencia
Motor diesel	250 horas
Motor de cubo	250 horas
Diferencial/Engranaje	500 horas
Sistema hidráulico	500 horas
Transmisión	500 horas
Transmisión final	1000 horas

Fig. 3.28 (Ref. ExxonMobil Lubricants & Specialties Europe-División de ExxonMobil Petroleum & Chemical, BVBA)

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO EN BASE AL ANÁLISIS DE ACEITE

El análisis del aceite aporta un beneficio máximo como instrumento para el análisis de tendencias que facilita la supervisión de los equipos y de las condiciones del lubricante con el paso del tiempo. Un análisis de una secuencia de datos en función del tiempo pone de manifiesto cómo se pueden elevar al máximo la vida útil de la maquinaria y su fiabilidad y, al mismo tiempo, disminuye los costes de mantenimiento. El éxito empieza cuando se asignan los recursos necesarios para poner en práctica un programa de análisis del aceite.



Fig. 4.1 Consecuencia directa del Análisis de aceite

PRUEBAS BÁSICAS

ENSAYOS DE LABORATORIO

ENSAYOS QUE INCLUIAMOS PARA EL DIAGNOSTICO

Desgaste, contaminación, aditivos.

En este ensayo incluimos los siguientes metales.

METALES DE DESGASTE:

Hierro, Cromo, Molibdeno, Aluminio, Plomo, Cobre, Estaño, Níquel, Plata, Antimonio, Titanio.

METALES CONTAMINANTES:

Silicio, Sodio, Potasio Boro.

METALES DE ADITIVOS:

Magnesio, Calcio, Bario, Fósforo, Zinc.

VISCOSIDAD A 40° Y 100° C.

Indica una resistencia del fluido al flujo con respecto a la temperatura.

NÚMERO ÁCIDO TOTAL (TAN)

Un número de resistencia ideado para medir todos los materiales ácidos, o con efecto ácido en el lubricante, incluyendo ácidos fuertes y débiles.

NÚMERO BÁSICO TOTAL (TBN)

El TBN mide la reserva alcalina del lubricante, y mayormente se aplica a los lubricantes para motores Diesel. Si un lubricante contiene aditivos no alcalinos, no es muy útil determinar el TBN. El TBN es atacado por los ácidos de combustión y disminuye por el uso.

CONTEO DE PARTÍCULAS

El recuento de partículas es un concepto técnicamente simple, pero aun así, abarca un área que el análisis de metales espectrométrico básico no puede alcanzar: partículas >10 micrones. Estos son los tipos de partículas que a menudo anticipan fallas (generalmente se acepta que las fallas catastróficas por fatiga se caracterizan por la generación de partículas de >10-15 micrones).

El agua y la alta opacidad impiden el recuento de partículas preciso, ya que el sensor es engañado y cuenta las gotas de agua como partículas. Si la muestra es opaca, es necesario diluirla, lo que puede reducir el valor de la información. Nuestra práctica usual ante esta situación es realizar una ferrografía de lectura directa, la cual no es sensible al agua o la opacidad.

DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIONES

Los resultados se comparan con una gran base de datos que contiene información de la metalurgia de las piezas lubricadas y las especificaciones de los aceites sin uso.

Este sistema tiene experiencia en ofrecer diagnósticos desde hace más de cuarenta años.

Interpretación de resultados: Los análisis dan una opinión basada en resultados anteriores y asesora sobre un curso de acción.

Los resultados de los análisis se comparan con experiencia de campo de resultados mecánicos y tienen en cuenta las recomendaciones de límites condinatorios de los fabricantes de motores y maquinarias. Con estas comparaciones se preparan los diagnósticos.

El estudio de las tendencias de los resultados: Es la base para tomar las decisiones. No es solo el análisis de una muestra. Con el análisis de acuerdo a las frecuencias recomendadas (o las decididas por el usuario) se corroboran el grado y calidad del aceite en uso, contaminaciones de diferentes orígenes, desgastes anormales y condiciones de servicio del equipo, o sea que debe controlarse:

- a) Tendencias a lo largo de un período de tiempo.
- b) Cambios abruptos en las tendencias.
- c) Inconsistencia con los valores típicos del producto.

DIRECTIVAS GENERALES DE LA OFICINA DE MANTENIMIENTO DE FLOTA

La Empresa T.A.S.A. tiene una idea clara de que es necesario e imprescindible el Buen Mantenimiento de las E/P, como parte fundamental de la Pesca. Para poder llevar a cabo esto, se ha encargado a la Oficina de Mantenimiento preparar un Plan de Mejora en el Mantenimiento de las E/P.

Como parte de esto estamos dirigidos a:

Mejorar el Mantenimiento Preventivo (Planificación de mantenimiento por horas de servicio del equipo) existente.

Utilizar el Mantenimiento Predictivo (Análisis de Aceite, Agua de Refrigeración y Petróleo, vibración, etc) como instrumento fundamental de prevención de fallas. Para esto se ha comenzado con la implementación del Programa de Análisis de Aceite y Agua, para lo cual se está entregando las instrucciones debidas para comenzar el plan. Nuevos formatos del Parte Diario de Maquinas, tratando de que la información solicitada sea lo más completa posible y así poder controlar mediante la medición de sus instrumentos la situación en que se encuentran los equipos observados, así como

alguna observación de falla ocurrida durante la operación de estos. También contempla los repuestos y utensilios solicitados por el Ing. de máquinas.

4.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS PRINCIPALES

Tabla 4.1. CLASIFICACION DE EQUIPO CRITICOS

Clase	Tipo	Descripción
1	Esencial	Maquinas o equipos que deben estar funcionando y en línea para continuar todos los procesos. La pérdida de la maquinaria afectaría considerablemente la productividad y las ganancias. En esta clase se incluyen las maquinas con altos costos de reparación o que requieren de mucho tiempo para obtener piezas de repuesto. Son los que su posible avería pueden generar altos riesgos en la seguridad del personal o las instalaciones
2	Crítico	Maquinaria o equipo que limitaría la producción de una línea importante, así como también equipos con altos costos iniciales o de repuesto y también con problemas crónicos de mantenimiento.
3	Importante	Maquinaria o equipo que son críticos para la producción de la planta, pero que requieren vigilancia para asegurar un rendimiento aceptable a la misma.
4	Uso general	Maquinaria o equipo de alta velocidad o de mucha carga proclive a sufrir fallas prematuras como resultado de su exigente modo de funcionamiento pero que no se considera crítica para el funcionamiento del proceso productivo.
5	Auxiliares	Maquinaria o equipos complementarios a la producción o que actúan como equipos en Stand by, apoyando equipos principales.

Los equipos seleccionados para el programa a implementar serían los siguientes por embarcación:

-Motor Principal

-Motores Auxiliares

Motor Auxiliar Nro.01

Motor Auxiliar Nro. 02

Motor Panga

-Caja Transmisión principal

-Caja Panga

-Sistemas Hidráulico

4.2 PROGRAMA DE MONITOREO

Tabla 4.2 Cuadro de frecuencia de muestreo y Cambio de aceite para equipos seleccionados

TECNOLÓGICA DE ALIMENTOS S.A. CUADRO N°1 LUBRICANTES

NAVES	EQUIPO	CODIGO DE EQUIPO	TIPO DE ACEITE	Horas						VOLUMEN DE ACEITE DE CARTER (GLNS)
				150	250	500	750	1.000	2.000	
BÓN ANGELO (TASA 41)	Motor Principal MANE 2230 AD (V)	T41M1	GADINIA 40			●	●	▲	●	105
	Caja M. Principal MANE 231KUB	T41CM1	GADINIA 40					●	▲	15
	M. Auxiliar N°1 JHON DEERE	T41A1	GADINIA 40		▲	●				15
	M. Auxiliar N°2 JHON DEERE	T41A2	GADINIA 40		▲	●				10
	M. Auxiliar N°3 JHON DEERE	T41A3	GADINIA 40		▲	●				20
	Motor Panga CAT 3306	T412PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
	Caja Panga TWIN DISC MG 506	T41CPA	GADINIA 40			●		▲	●	6
GARMEN LUISA (TASA 42)	M. Principal CAT 331E	T42M1	RIMULA X 15W/40			●		▲	●	220
	Caja M. Principal Reintjes WAF 841	T42CM1	GADINIA 40					●	▲	30
	M. Auxiliar N°1 (E) GM 4-53	T42A1	ROTELLA DD-40		▲	●				10
	M. Auxiliar N°2 (E) GM 4-53	T42A2	ROTELLA DD-40		▲	●				10
	M. Auxiliar N°3 CAT 3406	T42A3	RIMULA X 15W/40		▲	●				10
	Motor Panga CAT 3306	T42PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
	Caja Panga TWIN DISC MG 506	T42CPA	GADINIA 40			●		▲	●	6
SIPESA 63 (TASA 51)	M. Principal CAT -3806	T51M1	CAT DEO			●		▲	●	105
	Caja M. Principal SOANA VOLDA	T51CM1	GADINIA 40					●	▲	75
	M. Auxiliar N°1 CAT -3306	T51A1	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
	M. Auxiliar N°2 LISTER TR-6	T51A2	RIMULA X 15W/40		▲	●				6
	Motor Panga CAT 3406	T51PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				12
	Caja Panga TWIN DISC MG 514 DC	T51CPA	GADINIA 40			●		▲	●	9
	SIPESA 62 (TASA 52)	M. Principal CAT -3806	T52M1	CAT DEO			●		▲	●
Caja M. Principal SOANA VOLDA		T52CM1	GADINIA 40					●	▲	75
M. Auxiliar N°1 CAT -3306		T52A1	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
M. Auxiliar N°2 LISTER TR-6		T52A2	RIMULA X 15W/40		▲	●				6
Motor Panga CAT 3406		T52PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				12
Caja Panga TWIN DISC MG 514 DC		T52CPA	GADINIA 40			●		▲	●	9
MARU II (TASA 60)		M. Principal CAT 3816	T53M1	RIMULA X 15W/40			●		▲	●
	Caja M. Principal Reintjes WAF 741	T53CM1	GADINIA 40					●	▲	30
	M. Auxiliar N°1 (E) GM 3-71	T53A1	ROTELLA DD-40		▲	●				18
	M. Auxiliar N°2 (E) GM 3-71	T53A2	ROTELLA DD-40		▲	●				8
	M. Auxiliar N°3 (E) DETROIT D-6-71	T53A3	ROTELLA DD-40		▲	●				10
	M. Auxiliar N°4 (E) DETROIT D-6-71	T53A4	ROTELLA DD-40		▲	●				10
	Motor Panga CAT 3306	T53PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
SEBASTIAN (TASA 61)	Caja Panga TWIN DISC MG 509	T53CPA	GADINIA 40			●		▲	●	6
	M. Principal DEUTZ 628M	T51M1	GADINIA 40		●	▲				165
	Caja M. Principal SOANA VOLDA AGG	T51CM1	GADINIA 40					●	▲	30
	M. Auxiliar N°1 CUMMINS 6BT	T51A1	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
	M. Auxiliar N°2 PERKINS T-4236	T51A2	RIMULA X 15W/40		▲	●				2,5
	M. Auxiliar N°3 CUMMINS KTA19	T51A3	RIMULA X 15W/40		▲	●				10
	Motor Panga CAT 3306	T51PA	RIMULA X 15W/40		▲	●				5
Caja Panga TWIN DISC MG 509	T51CPA	GADINIA 40			●		▲	●	5	

▲ Cambio de aceite
● Muestra de aceite para analisis

4.3 POLÍTICAS DE MONITOREO

1. Las personas u oficina involucradas directamente con el envío de Muestras de Aceite se observan en el Esquema siguiente.



Fig. 4.2. Esquema de Política establecida para Monitoreo de aceite

2. Todas estas deben estar comprometidas en cumplir con las disposiciones y responsabilidades designadas correspondientemente, contribuyendo con el desarrollo del Programa de Mantenimiento asignado a los equipos de nuestra flota.
3. Responsabilidades Asignadas:

Ing. de Maquinas y/o Motorista.

Toma de la muestra de Aceite (Procedimiento -01)

Llenado de la etiqueta de muestra (Procedimiento -02)

Cumplir con la periodicidad de Toma de Muestra y Cambio de Aceite (cuadro N° 01)

Llevar al día los cuadros de Consumo de Aceite y Control de Envío de Muestras (cuadro N° 02 y cuadro N° 3). Estos serán revisados convenientemente por la Oficina de Planificación de Mantenimiento.

Alcanzar las muestras lo más antes posible a los jefes de Bahía y/o asistentes de Bahía.

Jefe de Bahía

Juntar y remitir lo más antes posible con carácter de urgencia las Muestras de Aceite y enviarlas a la oficina de Planificación de Mantenimiento, ya sea por agencia o por móvil.

Planificación de Mantenimiento

Encargada de hacer llegar las muestras hacia el Laboratorio Externo seleccionado, pudiendo ser de rutina (Laboratorio Shell) o análisis específico (según la falla)

Control de resultados de Análisis y generación de recomendaciones de mantenimiento a partir de estas, las cuales serán consultadas y remitidas al Superintendente de Mantenimiento, el cual tomará la medida correctiva asignada.

Retroalimentación. La oficina será encargada de hacer llegar a las personas involucradas en el análisis de aceite los resultados de estos y la condición en que se encuentran estos equipos, ya sea por la RED o en formatos, que deberán ser archivados en un file, como historial.

4.4 PRUEBAS DE CAMPO

Prueba de Viscosidad Comparativa (Viscosímetro comparativo)

Procedimiento:

1. Tomar una muestra de aceite nuevo y usado. Dejar reposar por lo menos una hora. Es muy importante que las muestras se encuentren en la misma temperatura



Fig. 4.3 Muestra aceite usado y nuevo

2. Ubicar el viscosímetro comparativo sobre una superficie lisa

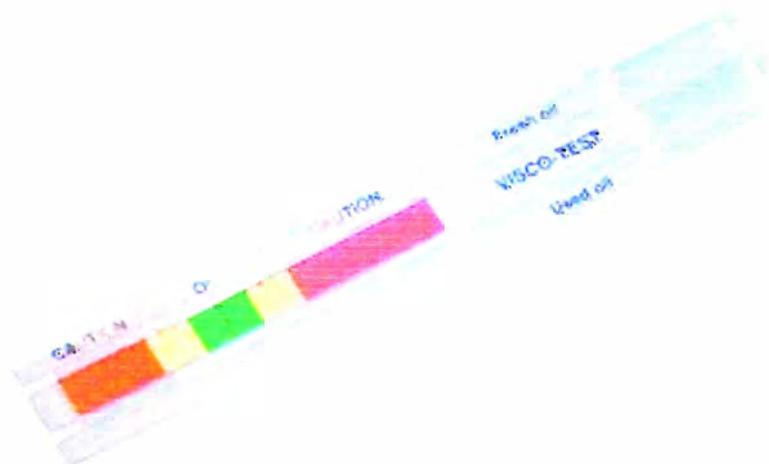


Fig. 4.4 Viscosímetro (viscosidad comparativa)

3. Adicionar 5ml. de aceite usado y nuevo (mismo aceite) en sus respectivos depósitos(según lo señalado)
4. Inclinar el viscosímetro hasta que el aceite derrame y permita que el aceite corra por los canales
5. Cuando el aceite nuevo alcance el punto STOP en la escala , ubicar el viscosímetro en posición horizontal.
6. Si ambos aceites alcanzan el mismo punto en la escala, la viscosidad es satisfactoria.
7. Si el aceite usado no ha alcanzado el punto OK, entonces la viscosidad es más grande que la recomendada.
8. Si el aceite usado ha pasado el punto OK, entonces la viscosidad es más baja que la recomendada.
9. Si el aceite usado se ubica en el rango rojo, entonces la viscosidad está muy por encima o por debajo del estado normal. Estado de alerta.

Prueba de la gota

Esta prueba consiste en determinar de forma sencilla y practica la contaminación del aceite usado por hollin, combustible y/o glicol.

Procedimiento:

El ensayo de la gota de aceite es una prueba que se realiza en dos etapas, conocidas como preparación de la muestra y análisis de la muestra. En ambos casos, se debe mantener la consistencia para asegurar que los resultados de cada muestra sean comparables.

Cada muestra debe ser preparada y analizada de acuerdo con el siguiente procedimiento y programación:

1. Agite vigorosamente a mano la muestra por un minuto
2. Destape la botella de muestra
3. Extraiga una muestra de aceite con él toma muestras
4. Coloque una gota de aceite sobre la marca en el papel cromatográfico
5. Deposite el exceso de aceite del toma muestras en el contenedor de desechos de aceite
6. Limpie el tubo del toma muestras de aceite con papel
7. Deje que el cromatograma se desarrolle por seis horas (para hollín y glicol)
8. Inspeccione por hollín y glicol
9. Compare el cromatograma contra los patrones suministrados
10. Reporte los resultados en una hoja
11. Deje que el cromatograma se desarrolle por 18 horas más (hasta completar 24) antes de analizar por dilución con combustible
12. Inspeccione el cromatograma con luz ultravioleta UV para dilución por combustible
13. Compare el cromatograma contra los patrones suministrados
14. Reporte los resultados en una hoja
15. Reporte condiciones o resultados anormales
16. De ser necesario envíe una muestra al laboratorio para análisis de excepción

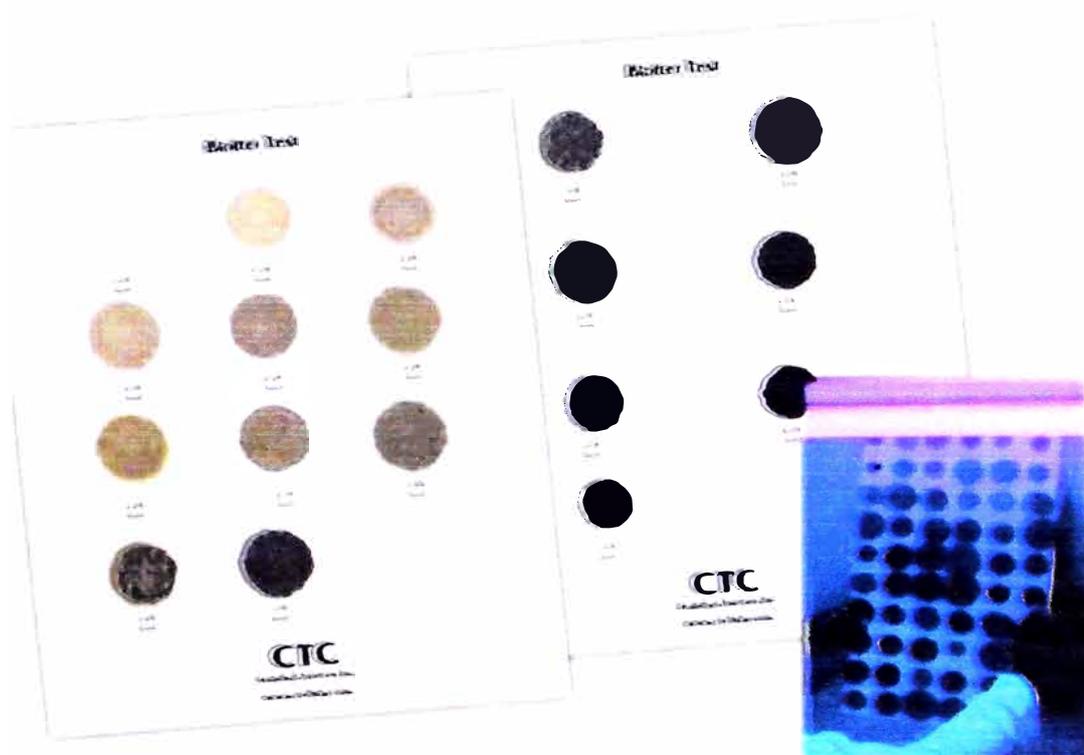
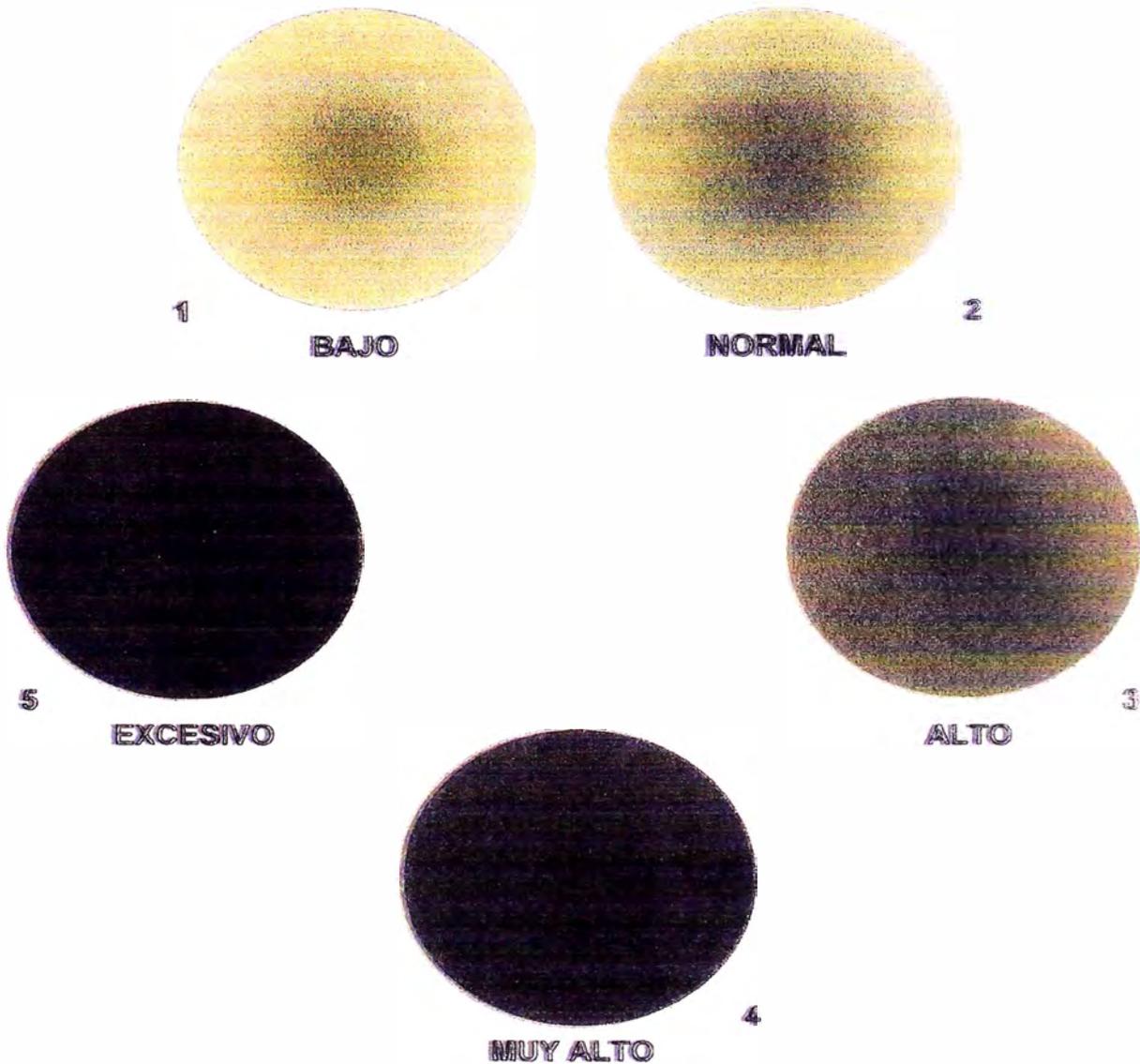


Fig. 4.5 Prueba de la gota. Cromatograma bajo la luz violeta

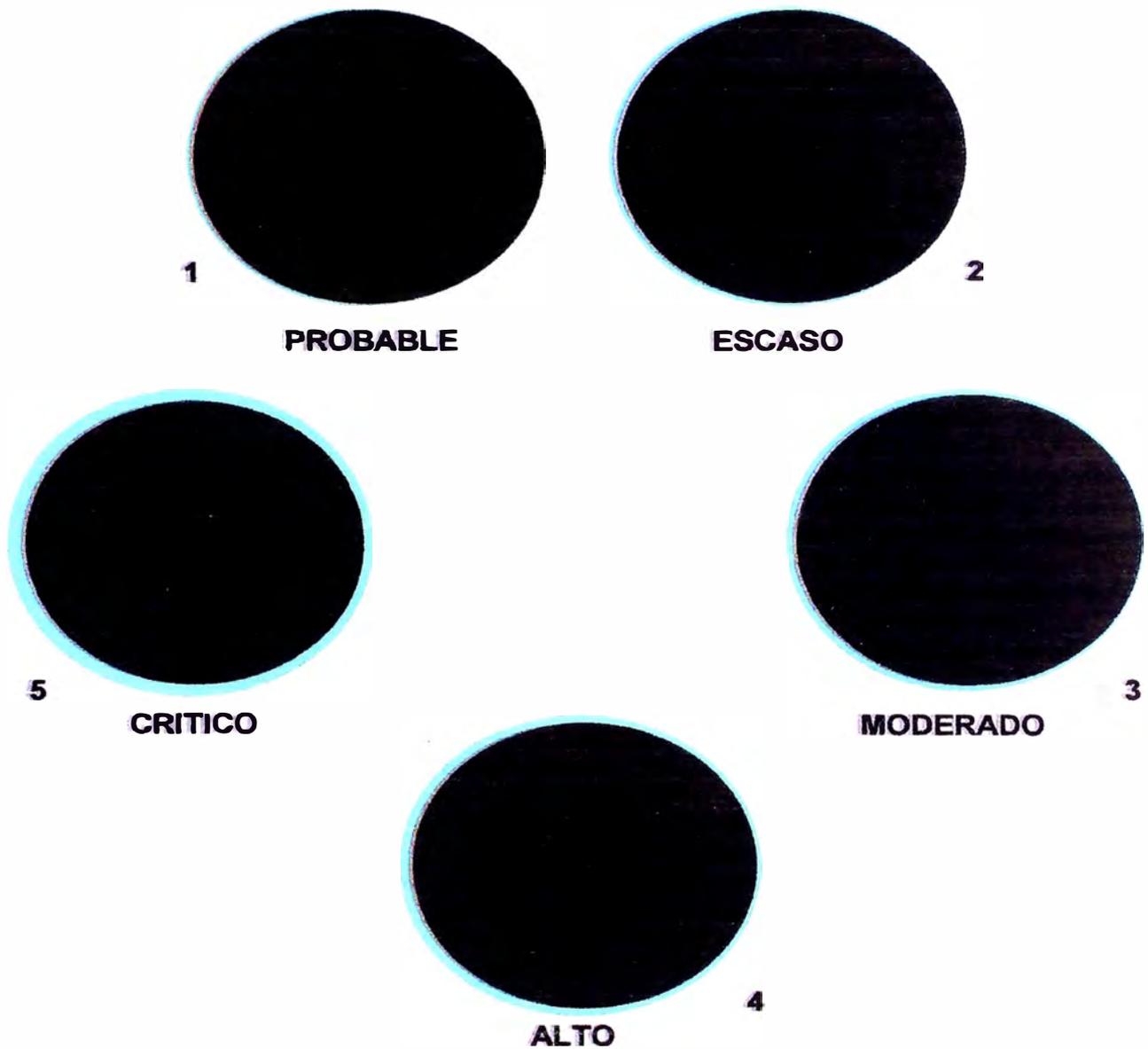
PLANTILLA PARA IDENTIFICAR CONTENIDO DE HOLLÍN



- * Se recomienda interpretar los fitrogramas 24 horas después de haber sido tomados
- * Para interpretar otros parámetros diferentes al hollín, consultar la plantilla correspondiente

Fig. 4.6 Prueba de la gota. Plantilla de Grado de Contaminación con Hollín

PLANTILLA PARA IDENTIFICAR CONTENIDO DE DIESEL

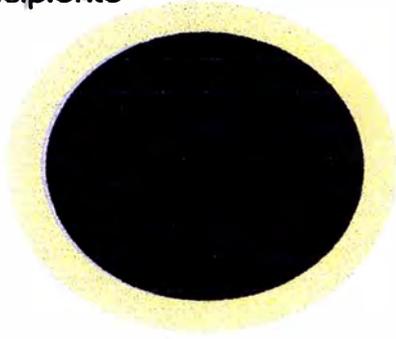


- * Se recomienda interpretar los filtrogramas 24 horas después de haber sido tomados
- * La revisión del filtrograma para interpretar diesel debe hacerse bajo luz ultravioleta
- * Para interpretar otros parámetros diferentes al diesel, consultar la plantilla correspondiente

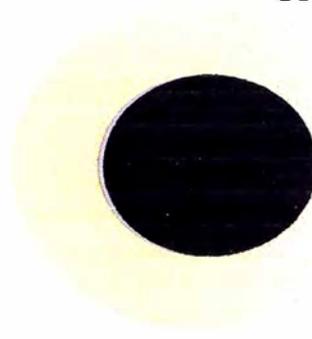
Fig. 4.7 Prueba de la gota. Plantilla de Grado de Contaminación con Diesel

PLANTILLA PARA IDENTIFICAR OTROS PROBLEMAS

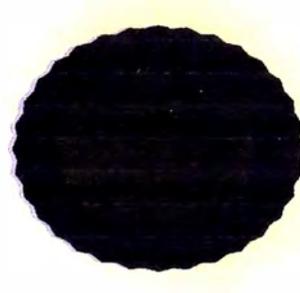
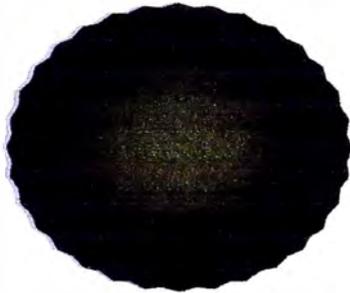
incipiente



severa



FALLAS DE DISPERSANTE



CONTAMINACION CON ANTICONGELANTE

- * Se recomienda interpretar los filtrogramas 24 horas después de haber sido tomados
- * Para interpretar otros parámetros como hollín o diesel, consultar la plantilla correspondiente

Fig. 4.8 Prueba de la gota. Plantilla de Grado de Contaminación con Aditivos

Prueba del Chasquido (Contaminación con Agua)

La contaminación del aceite por agua es uno de los problemas más frecuentes que vemos en las plantas y campamentos que atendemos y en los vehículos que atraviesan el país para ver las obras. El agua entra por la condensación de la humedad del aire que ingresa al tanque de aceite o cárter, la lluvia, los ríos que cruzamos, los lavados de equipos y motores, retenes, empaquetaduras o sellos deteriorados, residuos en medidores o bidones lavados con agua, fisuras de enfriadores, radiadores o camisas, como producto de la combustión, y varios otros orígenes. A veces ésta agua es sucia o limpia, pero aun limpia causa daños en sí, contiene sales y otros minerales que causan corrosión. Toda agua que entra al motor es sumamente dañina para el aceite y el equipo.

Esta agua puede tener presencia en el aceite de tres formas:

1. **Disuelta:** Se caracteriza por moléculas individuales dispersadas en el aceite, como la humedad en el aire. Las moléculas son tan pequeñas que no se las puede ver.
2. **Emulsificada:** Una vez que se termina de saturar el aceite, el agua queda suspendida en gotas microscópicas en una forma conocida como emulsión. Este nivel de contaminación es visible y se ve el aceite como "lechoso".
3. **Libre:** Cuando la cantidad de agua sobrepasa de lo que puede mantenerse en forma emulsificada, empieza a acumular una parte de la misma libremente en el fondo del envase, reservorio, o cárter.

Las formas más dañinas para el sistema de lubricación son la emulsificada y la libre. La diferencia en consistencia y compresibilidad entre el aceite y el agua pueden causar una rotura de la película hidrodinámica, permitiendo el contacto entre piezas.

Procedimiento:

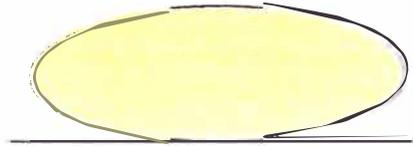
1. Calentar en sartén o plato a 160°C. El uso siempre de la misma temperatura le ayudara a repetir y entender la cantidad de agua.
2. Agitar la muestra de aceite para que sea totalmente homogénea.
3. Colocar una gota de la muestra en el plato con un gotero.
4. Observar la gota
5. Después de unos segundos, si no hay sonido ni vapor, no hay agua emulsificada o libre en la muestra.
6. Si burbujas pequeñas (0.05mm) son producidas, pero desaparecen rápidamente, existe entre 0.05% a 0.10% de agua.
7. Si las burbujas producidas tienen un tamaño de 2mm, y se congregan en el centro de la gota, agrandan hasta 4mm y desaparecen, existe cerca de 0.1% hasta 0.2% de agua.
8. Cuando el nivel de agua está por encima de 0.2%, las burbujas pueden empezar de tamaños de 2 a 3mm, y crecer hasta 4mm una o dos veces. Niveles más altos se identifican por sonidos.

Nota: Tenga cuidado de no confundir las acciones y sonidos de combustible, solventes y/o otros contaminantes que también pueden estar presentes en el aceite muestreado.

Observacion

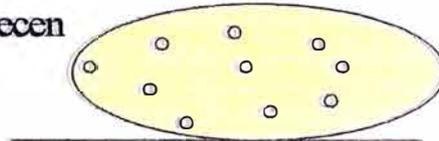
Agua presente aproximadamente

a. No hay cambio visible o audible



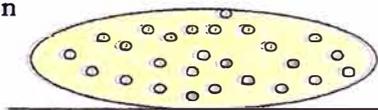
No hay agua libre o emulsificada

b. Se producen muy pequeñas burbujas (0.5 mm.) y desaparecen rápidamente



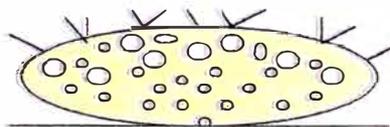
0.05-0.1 %
500-1000 ppm

c. Se producen burbujas de aproximadamente 2 mm. Juntas en el centro que crecen a 4 mm., desaparecen rápidamente.



0.1-0.2 %
1000-2000 ppm.

d. Se producen burbujas de 2 a 3 mm. Creciendo a 4 mm., el proceso se repite, posible violento burbujeo y un chasquido audible.



0.2% y más
Mas de 2000 ppm.

Fig. 4.9 Prueba de crepitación

4.6 INTERPRETACION DE RESULTADOS

En este punto se coloca los cuadros de los resultados y gráficas, demostrando las tendencias y los parámetros establecidos, así como un listado de acciones a tomar de acuerdo a estos.

Si sabe lo que busca en el informe del análisis del aceite, éste puede revelar abundante información sobre el estado de su maquinaria. Debe entender la metalurgia de los componentes para dar una respuesta a las tendencias del informe de análisis. Consulte la lista de materiales de su OEM para identificar la composición metalúrgica de los componentes y para facilitar la evaluación de los resultados de la muestra.

	Motor	Transmisión	Diferencial	Transmisión final
Aluminio (Al)	Pistones, Cojinetes, Bloques, Carter, Bujes, Ventiladores, Cojinetes de empuje	Bombas, Embrague, Arandelas de empuje, Bujes, Impulsor del convertidor de par	Arandelas de empuje, Bujes de bomba	Bomba de aceite, Arandelas de empuje
Cadmio (Cd)	Cojinetes de apoyo			
Cromo (Cr)	Segmentos, Cojinetes de rodillos/rodillos cónicos, Camisas, Válvulas de escape	Cojinetes de rodillos/rodillos cónicos	Cojinetes de rodillos/rodillos cónicos	Cojinetes de rodillos/rodillos cónicos
Cobre (Cu)	Bujes de bulón, Cojinetes, Bujes de leva, Enfriador de aceite, Bujes de tren de válvulas, Arandelas de empuje, Regulador, Bomba de aceite	Embragues, Discos de dirección, Bujes, Arandelas de empuje, Entrador de aceite	Bujes, Arandelas de empuje	Bujes, Arandelas de empuje
Hierro (Fe)	Cilindros, Bloque, Engranajes, Cigüeñal, Botones, Segmentos, Arbol de levas, Tren de válvulas, Foros de bomba de aceite, Óxido	Engranajes, Discos, Carcasas, Cojinetes, Bandas de freno, Carretes del cambio, Bombas, Tomas de fuerza	Engranajes, Tomas de fuerza, Arboles, Cojinetes, Carcasas	Engranajes, Cojinetes, Arbol, Carcasa
Plomo (Pb)	Cojinetes			
Plata (Ag)	Cojinetes, Bujes de bulón (EMD)	Cojinetes	Cojinetes	Cojinetes
Estaño (Sn)	Pistones, Revestimiento de cojinetes, Bujes			
Titanio (Ti)				

Contaminante	Descripción	Estado	Efecto	Remedio
Dilución del combustible	La dilución del combustible es un tipo de viscosidad, puede ser de los pistones. El combustible de baja potencia puede diluirse en el sistema de combustible como combustible incompleto.	Frecuente (Oxidación con muchas partículas, aerosoles, inyectores defectuosos, Fugas de los tubos de combustible, Combustión incompleta, Distribución incorrecta)	Contaminación de la metal, lubricación insuficiente, Desgaste de cilindros, segmentos, Anillos de compresión, Disminución de la presión barométrica, Menor ahorro de combustible, Menor rendimiento del motor, Disminución de la vida útil del motor.	Compruebe los niveles de combustible. Mantenga el combustible limpio y fresco. Limpie los filtros de combustible y los inyectores (si es necesario), limpie el sistema de combustible. Compruebe la distribución de combustible. Compruebe la presión de los pistones. Repare viscosidad y las piezas desgastadas.
Hollín de combustible	El hollín de combustible es un indicador de la eficiencia de la combustión del motor.	Mixtura de aire y combustible incorrecta, Ajuste incorrecto de los inyectores, Baja calidad del combustible, Combustión incompleta, Baja compresión, Bajos niveles de piezas del motor, desgastados.	Bajo rendimiento del motor, Fuga de combustible, Depósitos o sedimentos perjudiciales, Aumento del desgaste de los componentes, Depósitos de carbonilla, Filtros atascados.	Asegúrese de que los inyectores funcionen correctamente. Compruebe los intervalos de aceite, intervalos de cambio de aceite programados. Compruebe la compresión. Evite el rebote excesivo. Inspeccione las condiciones de conducción y funcionamiento. Controle la calidad del combustible.
Insolubles (sólidos)	Partículas sólidas de diferentes tipos de origen, existen en el motor.	Intervalos de cambio de aceite programados, Contaminación ambiental, Residuos de desgaste, Productos de desgaste oxidación, Escapes de aceite de los filtros, Hollín de combustible.	Disminución de la duración de los equipos, Traumatismo de los filtros, Lubricación insuficiente, Depósitos en el motor, Formación de sedimentos, Desgaste acelerado.	Cambio de aceite. Válea el sistema. Cambio de aceite de trabajo. Asegure el nivel de cambio de aceite. Cambie los filtros.
Recuento de partículas alto	El recuento de partículas proporciona una medida del nivel de agentes contaminantes presentes en el aceite.	Residuos de desgaste, Contaminación ambiental, Contaminación del agua, Suciedad en los filtros, Procedimiento de reposición de aceite defectuoso, Aceite atrapado, Juntas gastadas.	Fuccionamiento irregular, Avería intermitente, Desgaste de componentes, Aguardamiento de válvulas, Fugas de aceite.	Filtre el aceite nuevo. Evalúe las técnicas de servicio. Inspeccione sus filtros y los filtros de aceite. Inspeccione sus filtros de respiradero. Válea el sistema de alta presión. Evalúe las condiciones de trabajo.
Índice de cuantificación de partículas (IPQ)	El índice IPQ mide la masa de partículas metálicas (ferrográficas) que contiene la muestra.	Residuos de desgaste, Combustión de combustibles, Contaminación metálica, Suciedad en los filtros.	Contacto de metal con metal, Disminución de la duración de los equipos, Avería intermitente.	Busque y reemplace las piezas desgastadas. Inspeccione y sustituya los filtros. Inspeccione sus filtros y los componentes del depósito. Evalúe las condiciones de trabajo.
Clasificación de ultracentrifugadora (UC) alta	La ultracentrifugadora clasifica los agentes contaminantes solubles submicroscópicos que pueden ser los recursos de depósitos en el sistema (ver tabla 17).	Temperatura del trabajo elevada, Sistema de sobrecarga, Cambio de aceite excesivamente prolongado, Aceite incorrecto en servicio.	Fuccionamiento irregular, Avería intermitente, Depósitos de sedimentos perjudiciales, Aguardamiento de válvulas, Disminución de la duración de los equipos.	Evalúe las condiciones de trabajo. Asegure los niveles de cambio de aceite. Evalúe la utilización de los equipos en función del diseño. Use un aceite con aditivos inhibidores de oxidación. Válea el sistema.
Agua/refrigerante	El agua y el refrigerante son contaminantes que pueden causar problemas de los componentes como las cigmets.	Temperatura del trabajo baja, Juntas defectuosas, Contaminación del aceite nuevo, Fugas de refrigerante, Almacenamiento incorrecto, Condensador.	Avería del motor, Viscosidad elevada, Lubricación incorrecta, Corrosión, Formación de espuma, Reducción de la eficiencia de los aditivos.	Añada los componentes de agua. Compruebe la calidad. Inspeccione el intercambiador de calor/refrigerante de aceite. Evalúe las condiciones de trabajo. Compruebe la presión de los sistemas de enfriamiento. Compruebe la eficiencia de los sistemas de oxigenación.

CAPÍTULO 5

COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN

Los costos de implementación de este programa son calculados en base al costo del muestreo de aceite tanto en laboratorio externo como en análisis de pruebas de campo y utensilios a utilizar e instalar para la ejecución del Programa.

El costo de la gestión es asumida directamente por el Área de mantenimiento ya existente.

Para un plan piloto por 5 E/P y por un tiempo de 6 meses tenemos el siguiente gasto.

Tabla 5.1 Costo por análisis de laboratorio de muestreo de aceite (Plan 6 meses)

Equipos Principales seleccionados	Cantidad de Equipos * E/P	Frecuencia de muestreo (horas)	Horas de trabajo por mes (aprox)	Plan de 6 meses	Total de muestras
Motor Principal	5	250	500	6	60
Caja Principal	5	1000	500	6	15
Motor Auxiliar	15	250	250	6	90
Motor Panga	5	250	250	6	30
Caja Panga	5	250	250	6	30
Sistema Hidraulico	5	500	500	6	30
				Total	255
				Costo por Muestra en Laboratorio Externo(Shell) (\$)	15
				Total \$	3825

Tabla 5.2 Gasto para los Utensilios de Muestreo

	Costo	Cantidad	Total (\$)
Conectores CAT	15	40	600
Manguera	5	25	125
Frascos	1	250	250
Paño Absorbente (rollo)	25	5	125
		Total \$	1100

Tabla 5.3 Gasto para los Utensilios de las Pruebas de Campo

	Costo	Cantidad	Total (\$)
Viscosimetro portatil	12	5	60
Sarten Portatil(prueba del chasquido)	5	5	25
Papel filtrante (Prueba de la gota)	5	30	150
Luz Violeta	25	5	125
		Total \$	360

Tabla 5.4 Entonces generando la suma de los costos tendremos

Costos Totales	\$
Analisi de Laboratorio	3825
Utensilios para el Muestreo	1100
Utensilios para las Pruebas de Campo	360
Costo Total de Plan Piloto	5285

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

1. Reportes revelan que los problemas relacionados con la lubricación conforman entre un 50 y un 80% del total de las fallas en maquinaria de tipo mecánico y electromecánico.

Estas fallas son consideradas crónicas, lo que significa que con las adecuadas técnicas predictivas y su adecuado seguimiento pueden ser controladas y reducidas lográndose entre otras cosas mayor productividad y menores costos por mantenimiento. Entre las técnicas predictivas que se encuentran actualmente, una de las más económicas y fáciles de implementar en un programa de mantenimiento es el análisis de aceites.

2. Toda máquina industrial o vehículo automotor incorpora aceite en su sistema para cumplir diversas funciones, como lubricación, refrigeración, aislamiento, etc. La eficacia con que el fluido cumple estas funciones depende del grado de contaminación y degradación del mismo, afectando directamente la vida útil de las máquinas o equipos.
3. A través de un análisis de aceite efectivo pueden obtenerse los siguientes beneficios:
 - Establecer intervalos apropiados para los cambios de aceite y filtros.
 - Detectar grado de Contaminación.
 - Identificar patrones anormales de desgaste.
 - Determinar degradación química del aceite y aditivos.

4. Llevar a cabo con éxito un programa que incluye el Análisis de Aceites garantiza alta productividad, menos costos de mantenimiento, reducción de los paros imprevistos, aumento del precio de reventa de los equipos y la eliminación de grandes fallas a través de pequeñas reparaciones.
5. Cerca del 60% de las fallas se relacionan con una deficiente lubricación ó con la contaminación del fluido lubricante! (K. Bannister, "Lubrication for Industries". 2005)
6. Se puede mostrar la siguiente relación en la reducción de costos en el mantenimiento:

Reducción en consumo de energía por reducción de fricción 7.5%

Ahorro en costos de lubricantes 20%

Ahorro en reparaciones 20%

Ahorros por paros X %

Ahorro en eficiencia, min 1%

Ahorro por mayor vida del equipo 5%

Ahorros en mano de obra 0.13%

TOTAL > 53%

BIBLIOGRAFIA

1. MANTENIMIENTO DE MOTORES DIESEL SIMON J.FYGUEROA S.
Editado por: UNIVERSIDAD DE LOS ANDES/FACULTAD DE INGENIERIA
MERIDA, VENEZUELA
1ERA EDICION, 1997

2. SEMINARIO DE MANTENIMIENTO PROACTIVO MEDIANTE ANALISIS DE
ACEITE
JAMES C.FITCH, DREW TROYER Y GERARDO TRUJILLO
NORIA LATIN AMERICA
2001

3. BOLETIN ANALISIS SIGNUM DE ACEITE
Fundamentos de la supervisión del estado del aceite
ExxonMobil Lubricants & Specialties Europe
División de ExxonMobil Petroleum & Chemical, BVBA
Exxon Mobil Corporation
2008

4. DIAGNOSTICO DE MOTORES DIESEL MEDIANTE ANALISIS DEL ACEITE
USADO

BERNADO TORMOS MARTINEZ

Editado por: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

EDITORIAL REVERTE, S.A.

VALENCIA, ESPAÑA

2005

5. MANTENIMIENTO – SU IMPLEMENTACIÓN Y LA INTRODUCCION DE
MEJORAS EN LA PRODUCCIÓN

LEANDRO TORRES

Editorial Universitas

ARGENTINA

2006

APÉNDICE

DIAGRAMA DE MEDIOS/FINES

IMPLEMENTACION DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO MEDIANTE ANALISIS DE ACEITE PARA UNA FLOTA PILOTO DE E/P DE 420 TON

Consideraciones de Ensayo:

CONDICIONES MEDIO AMBIENTE :25°C +/- 5°
 SE DISPONE DE UN SERVICIO TERCERO DE ANALISIS DE LABORATORIO ACEITE Y CONTADOR DE PARTICULAS

Evidencia de desempeño del propósito

Curva Error vs. Volumen Real

Disponibilidad Mensual(%)

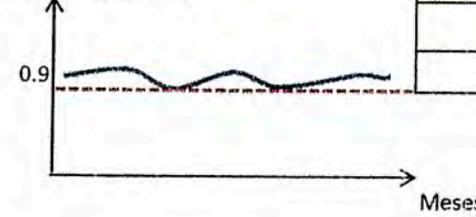


TABLA DE EVALUACIÓN FINAL

N°	ERROR	VALUACIÓN
1	DISPONIBILIDAD ≥ 0.9	DE ONIBILIDAD MENSUAL ≥ 90% APTADO
2	DISPONIBILIDAD ≤ 0.9	DISPONIBILIDAD MENSUAL 90% NO APTADO

