

21121
20



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES
"ACATLÁN"**

**"MANTENIMIENTO Y CONTROL
DE LOS EQUIPOS Y
MAQUINARIA UTILIZADOS
EN LA CONSTRUCCIÓN."**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :
SERGIO CRISTIAN LÓPEZ RODRÍGUEZ**

**ASESOR:
INGENIERO JORGE FLORES NÚÑES.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FEBRERO, 2003



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ACATLÁN"
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**SR. SERGIO CRISTIAN LÓPEZ RODRÍGUEZ
ALUMNO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL
P R E S E N T E**

En atención a su solicitud presentada con fecha de 1 de octubre de 2002, me complace notificarle que esta Jefatura de Programa aprobó el tema que propuso, para que lo desarrolle como Tesis para su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

**MANTENIMIENTO Y CONTROL DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA
UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN**

INTRODUCCIÓN

1. GENERALIDADES
2. MÉTODOS DE MANTENIMIENTO
3. ADMINISTRACIÓN Y CONTROL
4. SELECCIÓN Y REEMPLAZO DE EQUIPO

CONCLUSIONES

FUENTES DOCUMENTALES

Asimismo fue designado como asesor al Ing. JORGE FLORES NÚÑEZ, pido a usted, tomar nota en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses, como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar del trabajo escrito el título de ésta.

Esta comunicación deberá publicarse en el interior del trabajo profesional.

ATENTAMENTE
" POR MI RAZA HABLÁRA EL ESPÍRITU "
Acatlán Edo. de México a 31 de enero de 2003
Jefe del Programa

Ing. Manuel Gómez Gutiérrez



**ENEF... AN
JEF... L
PROGRAMA DE INGENIERIA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
--------------------------	----------

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 Conceptos Básicos.....	6
1.2 Clasificación de la Maquinaria.....	7
1.2.1 Bases para agrupar maquinaria.....	8
1.2.2 Codificación.....	13
1.3 Funciones Primarias.....	14
1.3.1 Mantenimiento predictivo.....	14
1.3.2 Mantenimiento preventivo.....	15
1.3.3 Mantenimiento correctivo.....	15
1.4 Funciones Secundarias.....	16

CAPÍTULO 2

MÉTODOS DE MANTENIMIENTO

2.1 Método de Mantenimiento Predictivo.....	17
2.1.1 Análisis estadísticos.....	17
2.1.2 Análisis físicos.....	18
2.1.3 Análisis de laboratorio y diagnósticos de campo.....	18
2.1.4 Prueba de absorción atómica.....	18
2.1.5 Prueba de gota.....	19
2.2 Método de Mantenimiento Preventivo.....	24
2.3 Método de Mantenimiento Correctivo.....	28

CAPÍTULO 3

ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

3.1 Administración.....	30
3.1.1 Formas de control.....	32
3.1.1.1 Control del mantenimiento predictivo.....	34
3.1.1.2 Control del mantenimiento preventivo.....	36
3.1.1.3 Control del mantenimiento correctivo.....	37
3.2 Envío y Recepción de Equipo.....	38
3.2.1 Bases para la selección del transporte.....	38



3.3 Medidas de Seguridad al Manejar Maquinaria y Equipo en los Centros de Trabajo.....	41
3.4 Manejo de Almacén.....	51
3.4.1 Elementos necesarios.....	52
3.4.2. Determinación de máximos y mínimos.....	54

CAPÍTULO 4

SELECCIÓN Y REEMPLAZO DE EQUIPO

4.1 Factores que Afectan la Selección de la Maquinaria de Construcción.....	59
4.2 Reemplazo de Equipo.....	69
4.3 Caso Práctico.....	85

CONCLUSIONES.....	94
--------------------------	-----------

FUENTES DOCUMENTALES.....	96
----------------------------------	-----------

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como propósito el conscientizar sobre la necesidad de implementar un adecuado sistema de control tanto de mantenimiento como de ubicación de equipos y maquinaria utilizados en la industria de la construcción.

Los responsables del equipo descubren que es difícil de lograr que los operadores, mecánicos y los supervisores de construcción se ajusten al mantenimiento preventivo. Las razones son que para establecer un buen programa, se requiere de papeleo y trabajo de oficina sin beneficios aparentes, por lo que el programa por desidia tiende a desaparecer con el tiempo. Tales impedimentos deben ser superados; un buen programa de mantenimiento es indispensable, sus beneficios representan ahorros sustanciales en los gastos de reparación y un aumento considerable en la disponibilidad del equipo. A final de cuentas esto nos permite lograr mayor calidad en nuestros trabajos.

Un equipo con mantenimiento adecuado aumenta su vida económica, las utilidades, las horas efectivas de trabajo y el valor de rescate, además disminuye los costos, los tiempos muertos y permite trabajar con mucha mayor eficiencia para garantizar el cumplimiento de los programas de trabajo.

El exponer todo lo relacionado al mantenimiento y control de la maquinaria de construcción, resultaría un tanto complicado, por lo tanto el desarrollo se encaminará a tratar los aspectos del mantenimiento y control en una forma genérica.

En el capítulo 1 se indican algunos conceptos básicos para lograr comprender mejor el trabajo, se darán algunas pautas de clasificación, así como de tipos de mantenimiento.

En el capítulo 2 se analizan los métodos de mantenimiento que se le da al equipo de construcción, se resalta la importancia del mantenimiento preventivo para evitar un mantenimiento correctivo, ya que las reparaciones mayores y los ajustes generales varían entre el 50 y 100 % del valor de la inversión original.

En el capítulo 3 se presenta la forma de administrar y controlar el equipo y maquinaria de construcción. Un aspecto fundamental es el saber con que equipo se cuenta donde se tiene y en que estado; es fundamental para el buen desempeño de una empresa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



En el capítulo 4 se presentan las variantes que se deben tomar en cuenta para una adecuada selección de equipo y la necesidad de reemplazo cuando el equipo deja de ser funcional. Una adecuada selección de equipo se ve reflejado en un mayor rendimiento del equipo y un mejor desarrollo de la obra, así mismo se ve reflejado en el terreno económico que es uno de los puntos más importante para un ingeniero el tratar de minimizar los costos manteniendo la misma calidad y eficiencia.

Finalmente se concluye que una forma eficiente de optimizar costos en una obra es mediante el desarrollo correcto de un buen mantenimiento y control de la maquinaria y equipos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPÍTULO 1 GENERALIDADES

1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Vida económica:

Se puede definir la vida económica de una máquina como el espacio de tiempo en que esta puede ser trabajada generando utilidades, el lapso de tiempo puede variar según el tipo de máquina y sobre todo el trato que se le dé, pero generalmente es de *10,000 hrs.*

Vida útil:

Cuando una máquina ha llegado al final de su vida económica aunque ha bajado su rendimiento todavía se puede seguir utilizando si se le hacen algunas operaciones mayores y si el costo del mantenimiento en general no rebasa a las utilidades generadas, entonces se dice que esta máquina se encuentra dentro de su *"vida útil"*.

Mantenimiento:

Con la introducción de la maquinaria en los métodos modernos de la construcción ha sido necesario establecer ciertas actividades que vayan de acuerdo al uso y aprovechamiento del equipo. Estas actividades son conocidas como mantenimiento.

Se denomina mantenimiento a la serie de actividades que dirigidas por una persona o grupo de personas tiene como fin lograr y asegurar el aprovechamiento máximo de las máquinas y los equipos para que otros elementos de la misma empresa desarrollen correctamente sus funciones y así obtener una buena calidad de los trabajos en menor tiempo y obtener una óptima recuperación de la inversión.

Mantenimiento Menor:

Normalmente se hace en el campo ya que es una actividad simple y requiere poco tiempo para efectuarlo por lo que no afecta la producción y su costo no es elevado.

Mantenimiento Mayor:

Representa un costo elevado, puede tomar varios días para realizarse, casi siempre se lleva a cabo en talleres por lo que afecta parcialmente la producción.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



1.2 CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA

La forma más común de agrupar a la maquinaria es:

- a) Maquinaria mayor
- b) Maquinaria menor
- c) Vehículos
- d) Equipo especializado

O también en:

- a) Maquinaria pesada
- b) Maquinaria mediana
- c) Maquinaria ligera
- d) Transportes



Fig. 1.1 Maquinaria menor

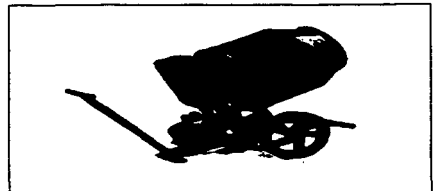


Fig. 1.2 Maquinaria ligera



Fig. 1.3 Vehículos



Fig. 1.4 Maquinaria pesada

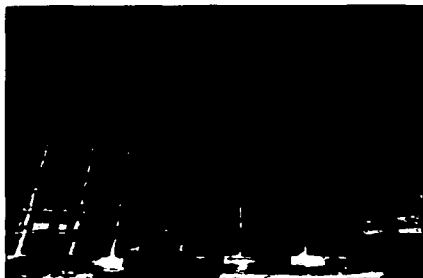


Fig. 1.5 Equipo especializado

Estas denominaciones son muy generales y no nos dan ninguna idea de cómo seleccionar o clasificar realmente la maquinaria resultando que frecuentemente nos encontremos maquinaria clasificada como menor cuando es mayor y viceversa.

En algunos casos los tipos de obra o empresa determinan el equipo que se considera mayor, menor y cual el equipo especializado.

Por lo anterior se han buscado las diferentes formas en que podríamos agrupar la maquinaria de la construcción encontrando básicamente los siguientes grupos:

1.2.1 Bases para agrupar maquinaria:

- a) por su aplicación o uso específico
- b) por su organización
- c) por su mantenimiento
- d) por su tamaño y peso (dimensiones)
- e) por su importancia para el giro de la empresa
- f) por su uso en los materiales de construcción
- g) por su inversión

a) Por su aplicación o uso específico

Comúnmente dentro de cada empresa y en cada obra en particular que se este ejecutando o se vaya a ejecutar, se tendrá un tipo de maquinaria en especial con una aplicación o un uso de mayor importancia. Algunas serán notoriamente más indispensables que otras consideradas como unidades, lo cual hace

necesario para la obra denominarlas como máquinas mayores o pesadas. La maquinaria que no sea indispensable para ejecutar ese trabajo específico, se le consideraría como equipo menor auxiliar o ligero.

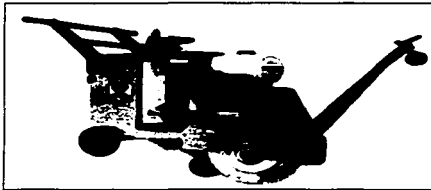


Fig. 1.6 Cortadora de pavimento

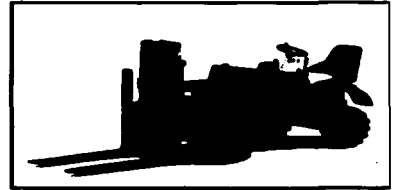


Fig. 1.7 Montacargas

b) Por su organización

Las máquinas son un conjunto de piezas, mecanismos, sistemas o instrumentos combinados que reciben una cierta energía definida para transformarla y restituirla en la forma mas apropiada.

Para efectos de esta definición nos encontramos que toda clase de máquinas tienen un tipo de mecanismo o de organización, el cual depende principalmente del tipo de energía que recibe y que entrega.

Se pueden agrupar en:

- a) Máquinas con organización neumática
- b) Máquinas con organización hidráulica
- c) Máquinas con organización térmica
- d) Máquinas con organización cinética o dinámica
- e) Máquinas con organización mecánica

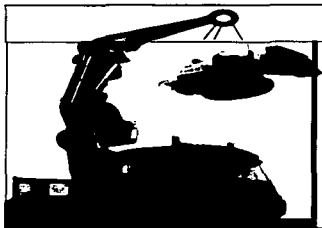


Fig. 1.8 Organización Hidráulica

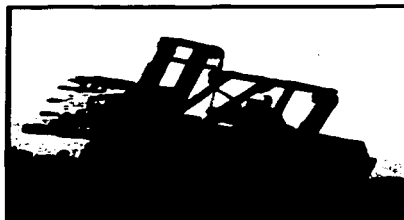


Fig. 1.9 Organización Neumática

- c) Por su mantenimiento

Esta forma de clasificación del equipo se considera importante porque si una máquina se adquiere para un trabajo en especial y representa a la vez una inversión, exigirá por lo mismo una vigilancia y cuidado especial para mantenerla en estado óptimo de operación y conservar así su valor.

Esto es aplicable para todo el equipo en general, ya que se tiene máquinas de mayor o menor costo e importancia o lo que es igual con mayor o menor mantenimiento.

Como base de agrupación de equipo se pueden tomar las indicaciones sobre el mantenimiento, recomendadas por el fabricante de las máquinas.

- d) Por su tamaño y peso

Dado que el tamaño y peso se pueden considerar máquinas mayores las que por su constitución sean máquinas grandes, las que generalmente serán pesadas y menores aquellas que sean menos voluminosas y por consiguiente de menor peso.



Fig. 1.10 Compactador



Fig. 1.11 Mini cargador

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- e) Por su rendimiento económico para el giro de la empresa
Todo equipo dentro de una empresa es de mayor o menor importancia dependiendo del uso que se le dé y a la vez el trabajo que desarrolle. Este trabajo se le refleja directamente a la empresa como producción.

Considerando la siguiente relación:

AVANCE(o Producción) / COSTO DIRECTO = RENDIMIENTO

Tenemos que la maquinaria se puede agrupar dependiendo de su rendimiento con respecto a su costo directo así tenemos que:

- a) -Equipo auxiliar, sería aquel en que su rendimiento fuera menor que cero. Este es aquel que su operación cuesta y no se cobra directamente, solo en los indirectos.
 - b) -Equipo general, aquel que su rendimiento es igual a cero es aquel que se cobra sin obtenerse utilidad.
 - c) -Equipo C, aquel en que su rendimiento va de cero al 10% o sea que se obtiene rendimiento hasta un 10%.
 - d) -Equipo B, aquel en que su rendimiento va de 10 a 20 %, ya que se obtiene una utilidad del 10 al 20 %
 - e) -Equipo A, aquel en el cual su rendimiento es del 20% en adelante.
- f) Por su uso en los materiales de construcción
Dado que la mayor parte de las obras se forman por el uso de distintos materiales aplicados o usados también en diferentes formas es factible agrupar la maquinaria bajo los siguientes aspectos:
- a) Equipo para remoción de materiales.
 - b) Equipo para transporte de materiales.
 - c) Equipo para tratamiento de materiales
 - d) Equipo para colocación de materiales
 - e) Equipo auxiliar en general

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

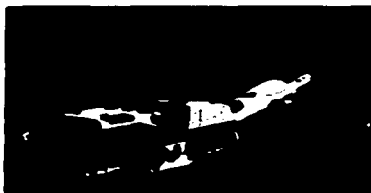


Fig. 1.12 Perfladora de pavimento



Fig. 1.13 Camión articulado

A su vez cada grupo puede subdividirse en subgrupos como:

Para la remoción de materiales si se trata de materiales muy duros, blandos, para el transporte de los mismos si se trata de distancias largas, regulares o cortas.

g) Por su valor de adquisición

Generalmente para la ejecución de cada obra la inversión en equipo representa un rubro importante por lo que lo podemos clasificar en equipos de alto y bajo costo. Existe también el equipo especial que por lo general es costoso.

La maquinaria puede agruparse de acuerdo a su inversión considerándose ciertos rangos de costos; es decir, el equipo mayor será aquel que valga mas de cierta cantidad determinada por el volumen de maquinaria que tenga la empresa.

El costo de adquisición de los equipos con que cuenta la empresa nos indicara como fijar nuestra clasificación de equipo permitiéndonos identificar aquellos equipos a los que haya que cuidar mas, pues es el significativo en la ejecución de nuestras obras.

Siempre es recomendable revisar todas las formas de clasificación para determinar cual establece mayores ventajas en nuestra empresa y mayor facilidad de control de la maquinaria y equipo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



1.2.2 Codificación

Para identificar el equipo se le colocan numeraciones o codificaciones, básicamente el sistema de codificación usado en nuestro medio cae dentro de las formas siguientes:

- a) Codificación alfabética
- b) Codificación numérica
- c) Codificación alfanumérica
- d) Codificación complementaria y variaciones

Codificación alfabética

En su etapa más simple se hace por medio de abreviaturas o de las primeras letras del nombre de las máquinas seguida del número ordinal que indica la cantidad existente de unidades de ese tipo

GR-4	Grúa cantidad 4
CN-7	Compactador Neumático cantidad 7
CFC-3	Camión Fuera De Carretera cantidad 3
EXC-6	Excavadora cantidad 6

Codificación numérica

La codificación numérica o clasificación decimal esta basada en que cada uno de los números indica alguna característica de la unidad codificada, independientemente de la forma en que se le llame agrupándolos por sus características principales de objetivo o funcionamiento. Por ejemplo el primer dígito puede indicar a que grupo pertenece la unidad, objetivo de su empleo genérico, el segundo dígito puede indicar el subgrupo que especifica en un campo mas restringido, su función y el tercer dígito nos indica el tipo de la unidad basado mas que nada en sus características propias de funcionamiento de la máquina codificada, las cifras restantes dan el número ordinal correspondiente a la cantidad de unidades de esa especie. Este sistema puede ser tan amplio como se requiera ya que permite clasificar una gran cantidad de equipos.

520-1064	XX520-1064XX	520-1064
522-1038	XX522-1038XX	522-1038
520-0037	XX520-0037XX	520-0037



En lo que se refiere a sistemas generales de codificación de maquinaria y equipo pueden existir tantas codificaciones como la imaginación pueda crear por lo que solo se puede decir que para elegir el sistema más conveniente deberá tenerse en cuenta que ese sistema cumpla con los siguientes requerimientos:

- a) que sea versátil
- b) que no tenga limitaciones
- c) que sea fácil de recordar
- d) fácil de deducir
- e) fácil de ordenar

Tomando en cuenta esto se recomienda el uso de la codificación numérica o alfanumérica

1.3 FUNCIONES PRIMARIAS

Mantenimiento: se denomina a la serie de actividades que dirigidas sirven para mejorar el funcionamiento de un equipo. El mantenimiento es una función importante para cualquier organización pues interviene en una de las fases de operación de la misma. En la práctica las actividades de mantenimiento varían de acuerdo a las obras, influenciado también por las políticas y tamaño de las empresas pero en general estas actividades las podemos clasificar en:

Funciones primarias y funciones secundarias, las primeras están constituidas por tres aspectos importantes los cuales son:

- a) Mantenimiento Predictivo
- b) Mantenimiento Preventivo
- c) Mantenimiento Correctivo

1.3.1 Mantenimiento predictivo

La característica principal del mantenimiento predictivo es que es teórico, es decir es un mantenimiento planeado y se ocupa principalmente en detectar las fallas antes de que sucedan para dar tiempo a corregirlas sin perjuicio a la productividad. Se sustenta en el análisis estadístico de vidas útiles de piezas y conjuntos; el análisis físico de piezas de desgaste; el análisis de laboratorio, diagnóstico de campo y parámetros de vibración y temperatura. Por lo tanto se puede decir que con el mantenimiento predictivo aplicado adecuadamente se resuelven los siguientes problemas:



Predecir el tiempo de vida que le queda a baleros, aislamientos, recipientes, engranes, motores, transmisiones, prevenir el cambio de partes costosas, solo para estar del lado de la seguridad, suspender el servicio fuera del programa por fallas imprevistas

1.3.2 Mantenimiento preventivo

Son todas las operaciones de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjuntos, lubricación y limpieza que con rutina y a intervalos es necesario hacer para asegurar al usuario que la maquinaria y equipo que necesita estén en condiciones apropiadas para su uso. También se dice que es la serie de actividades cuyo fin es evitar el desgaste prematuro mismo que hace necesario las reparaciones costosas que originan los tiempos muertos. Por lo anterior se deduce que el mantenimiento preventivo cuando se aplica correctamente logra considerables ahorros principalmente en los renglones de operación y producción.

1.3.3 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo, es el que se efectúa bajo un programa de reparaciones que pueden ser mayores el cual se debe formular tomándose en cuenta, primordialmente las indicaciones o datos que se obtienen de la aplicación del mantenimiento predictivo y preventivo así como también otras consideraciones como son: tipo de obra, medio ambiente, clima, estado físico en el que llegan los equipos a la obra, vida de los componentes con los cuales se determina la vida útil y se genera el programa de mantenimiento correctivo.

Dentro de este mantenimiento correctivo se pueden presentar algunas fallas mayores imprevistas que generalmente ocurren como consecuencia de la mala aplicación de los mantenimientos predictivos y preventivos asociando así fallas mayores y rupturas de otros componentes.

Las fallas entre otras cosas también dan motivo a compras urgentes de repacciones y materiales necesarios y también a un movimiento mayor de personal mecánico descuidándose así otras actividades.

Esta forma de aplicar el mantenimiento impide el diagnóstico exacto de las causas que provocan la falla pues se ignora si fallo por el mal trato, por abandono, por desconocimiento del operador, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación o por el desgaste natural. Objetivos de un sistema de mantenimiento.



Ya se menciona que la ventaja fundamental del mantenimiento es aumentar la productividad y este es el objetivo básico de la planeación del mantenimiento. Todo sistema de mantenimiento debe ser diseñado para obtener la máxima producción al costo mínimo, es decir tratar de obtener el mejor rendimiento de todas y cada una de las máquinas de la obra con lo que se lograra una mejor calidad en todas las actividades que se realizan en la obra.

Con el esfuerzo que hacen las empresas para adquirir equipos nuevos debemos de ser muy cuidadosos con la operación mantenimiento y uso del equipo ya que de ello depende que la maquinaria llegue al final de su vida útil de manera rentable para la empresa para lo cual debemos poner especial atención en:

Establecer un esquema de mantenimiento que permita elevar la calidad del mismo, conociendo la problemática y circunstancias especiales del trabajo.

Promover la investigación y capacitación para mejorar la tecnología del mantenimiento

Conscientizar al ingeniero encargado de maquinaria en la obra de la importancia de sus funciones.

1.4 FUNCIONES SECUNDARIAS

Las funciones secundarias son aquellas actividades que deben tomarse en cuenta en el cuidado de los equipos ya sea por conveniencia, experiencias anteriores o por que no hay otra división lógica donde delegarlas, como la revisión de los niveles de aceite, liquido de frenos, combustible, o el simple conocimiento de algún sonido producido por el equipo del cual tenemos conocimiento que se escucha por determinada razón basándose en la experiencia.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CAPÍTULO 2 MÉTODOS DE MANTENIMIENTO

No debe considerarse de forma errónea que el único responsable del mantenimiento de la maquinaria, es el operador. La realidad nos indica que esta responsabilidad es relativa, ya que por razones de su propio trabajo, solo atienden al equipo en lo básico que exigen en las funciones del operador.

El mantenimiento y conservación del equipo requiere de una mayor especialización del personal que lo realiza, puesto que independientemente de las guías de mantenimiento que proporciona el fabricante o distribuidor, debe tenerse un dominio lo más completo posible de las partes de desgaste y los cuidados que requieren; por lo que es necesario establecer métodos de mantenimiento que nos auxilien para tener una disponibilidad mayor del equipo.

2.1 MÉTODO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Para desarrollar el mantenimiento predictivo, se puede hacer uso de las siguientes actividades:

- a) Análisis estadísticos
- b) Análisis Físicos
- c) Análisis de laboratorio y diagnóstico de campo

2.1.1 Análisis estadísticos

Consiste en recopilar la mayor cantidad posible de la información que proporcionan los fabricantes sobre los equipos y partes que se deben proteger, como deben protegerse y cuando, así mismo recopilar toda la información a que se tenga acceso sobre las incidencias acontecidas a las máquinas en obras anteriores, en qué condiciones se presentaron y que tratamiento se les dio para corregir esas anomalías.

Con esta información podemos pronosticar con cierto grado de exactitud el tiempo que podrían fallar partes y componentes, y así, se podrán cambiar antes de que ocurra la falla.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



2.1.2 Análisis físico

Este ayuda a verificar la velocidad de desgaste de piezas y conjuntos mediante la medición directa con lo que podemos pronosticar el tiempo de vida de cada pieza.

2.1.3 Análisis de laboratorio y diagnóstico de campo

Algunos fabricantes de maquinaria para construcción han implementado el servicio del "Muestreo Periódico del Lubricante", con el fin de prever y minimizar las fallas de los motores, transmisiones y mandos finales. Gracias a este examen del interior de la máquina, se pueden corregir las irregularidades antes de que se conviertan en problemas graves. Algunas de las ventajas que se obtienen con el muestreo periódico del lubricante, son las siguientes:

Obtener datos más exactos sobre la condición del equipo, con lo que se puede decidir si deben comenzar una obra con la máquina en el estado que se encuentra, si se repara o si se cambia.

Advierte cualquier deficiencia en el mantenimiento Eleva la vida útil de los componentes, pues recibe los primeros indicios de desgaste excesivo.

Se pueden planear los periodos de la inactividad con los datos que revela el porcentaje de desgaste.

Mayor disponibilidad de la máquina, reducción de costos de almacenaje y operación por que se pueden efectuar las reparaciones antes de que ocurran. Reducir los costos de operación por que se pueden efectuar las reparaciones antes de que ocurran.

2.1.4 Prueba de absorción atómica

De forma breve se explicara la manera en que se realiza un muestreo periódico:

Cada pieza móvil de una máquina, tiene un indice normal de desgaste y a medida que los componentes se van desgastando, sueltan rebabas, las cuales son partes microscópicas de metal y como no son retenidas por los filtros se mezclan con el lubricante. La medición de las cantidades relativas de estas partículas microscópicas, revelan los indices de desgaste. La cantidad relativa de estas partículas provenientes del desgaste, es posible medirlas mediante un aparato llamado Espectrofotómetro de absorción atómica. Este aparato funciona basado en el principio de que los átomos de cada elemento absorben luz solo de una longitud de onda especifica de cada uno de los 5 elementos que se estudian. Estos elementos son cobre, aluminio, hierro, silicio y cromo.

Para llevar a cabo la prueba se debe colocar un quemador entre la fuente de luz y el dispositivo detector y mediante un tubo de ensayo, se somete la muestra de aceite a la acción de la llama directa, con lo que se produce la separación de los átomos. Los átomos libres pasan a través del rayo de luz y entonces, cuando se pueda medir la cantidad de luz que absorben. La cantidad de luz absorbida, es proporcional al No. de átomos contenidos en la muestra de aceite y esta a su vez es función de la cantidad de átomos de cada uno de los elementos en el lubricante.

La existencia de *hierro* en la muestra generalmente revela desgaste en la bomba de aceite, el cigüeñal y en las camisas de los cilindros. La presencia de *romo*, muestra el desgaste de los cojines de empuje, el desgaste de la transmisión y de los discos de la dirección. El *aluminio* indica el desgaste de los pistones o de los cojines y por último el *silicio* revela la entrada de tierra.



Fig. 2.1 Espectrofotómetro de absorción atómica.

(Permite reconocer todos los metales como Silicio, Cromo, Aluminio, Hierro y Cobre entre otros.)

2.1.5 Prueba de gota

Dentro de los diagnósticos de campo, uno de los más confiables y fáciles de llevar a cabo es la "*Prueba de gota*". Esta prueba es una forma práctica para determinar el comportamiento de operación de un motor de combustión interna y también ayuda a determinar el periodo de cambios de aceite con el fin de obtener el mayor rendimiento del mismo es decir, tener un aceite y mantenerlo en uso mientras no pierda sus características propias como lubricante.



Esta prueba consiste sencillamente en obtener una muestra de aceite después de determinado No. de horas de operación a partir del último cambio. Se saca la bayoneta de medición y se deja caer una gota de aceite en el centro de un pedazo de papel filtro. Siempre se debe sacar la muestra con el motor funcionando, o inmediatamente después que se haya parado. Es muy importante que al depositar la gota de aceite en el papel este último este sostenido por los extremos solamente, en ningún objeto de apoyo en la capa inferior lo que evitaría la absorción correcta de la gota.

Después de que se haya secado la gota del lubricante en el papel filtro, se podrán observar los siguientes aspectos:

- a) La cantidad de detergente en el aceite
- b) Acumulación de contaminante en el aceite
- c) Dilución por combustible
- d) El estado mecánico del motor

La base del éxito de este tipo de prueba, es la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas que se efectuaron con anterioridad del mismo tipo de aceite y del mismo motor, contra los resultados de la prueba que este efectuando.

Quando dos pruebas consecutivas difieren mucho entre sí, es aviso que existen problemas, pues estas variaciones son señal de que la operación es anormal y las causas deberán corregirse para evitar daños mayores.

En una prueba de gota, cuando el detergente del lubricante esta funcionando bien, la mancha se extiende por que dicho detergente arrastra el lodo, hollín y otros contaminantes hacia la periferia. En cambio cuando se ha agotado el detergente, los contaminantes se quedan en el centro de la mancha, mientras que el aceite se extiende produciendo una mancha clara. Esto indica que el uso del mismo aceite ha sido demasiado. Si hay una variación de este tipo antes del periodo normal de cambio de aceite (según la historia y experiencia con el motor en cuestión), esto indica anomalías en las condiciones internas del motor. No es solamente cambio de aceite, sino que hay que efectuar una revisión más profunda.

Dilución

La presencia de combustible o dilución en un aceite usado tiene acciones muy marcadas en la forma en que se extiende la mancha. Se puede observar un anillo bien definido y notable dentro de la mancha en la periferia. Cuando se encuentren estos anillos, hay que revisar inmediatamente las lumbreras de los cilindros de los motores a diesel de dos tiempos. En motores a gasolina debe revisarse la carburación, bujías, tiempo y sistema de ignición.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Esta revisión es necesaria para no rebasar posibles y peligrosos límites de dilución y excesivo consumo de combustible.

Determinación de presencia de agua

La manera más fácil y práctica de determinar la existencia de agua en el lubricante, es poner 3 ó 4 gotas del mismo sobre una lámina delgada, preferentemente de aluminio y calentar a flama directa por debajo de la lámina. Si existe agua en el aceite, se producirá un chisporroteo, nos dará debido a la expulsión o evaporación rápida del agua a través del aceite; la intensidad del sonido producido por el chisporroteo, nos dará la idea de la cantidad de agua presente en el aceite.

Es difícil tratar de establecer una guía fija para las manchas de aceite obtenidas por la prueba de gota, ya que cada tipo de motor tiene características propias, aún dentro de la misma marca. Influyen también las condiciones del motor, el tipo de trabajo que efectúa y los hábitos del operador, aunque existen características generales las cuales se pueden observar en las siguientes muestras:

Muestras de pruebas de gota

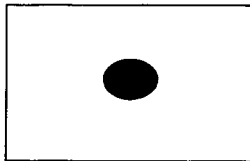


Fig. 2.2 Gota de aceite (1)

Muestra típica de lubricante que se ha terminado el poder detergente-dispersante del aceite. Lo reducido de la mancha y la intensidad del color negro de la misma indican que los aditivos no pueden mantener en suspensión los contaminantes. En estas condiciones se inicia la formación de depósitos en el motor. Es necesario cambiar de inmediato el aceite.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

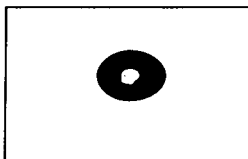


Fig. 2.3 Gota de aceite (2)

La mancha muestra detergencia activa en el lubricante y mediano nivel de contaminantes. Se aprecia también dilución de combustible por el anillo marcado en el centro

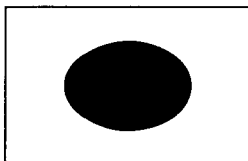


Fig. 2.4 Gota de aceite (3)

Hay detergencia en el aceite la contaminación es alta por el color oscuro. Los contaminantes pueden ser hollín y subproductos de combustión deficiente

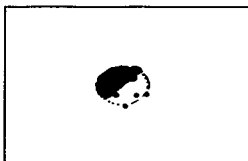


Fig. 2.5 Gota de aceite (4)

Mancha de aceite correspondiente a un motor operando en buenas condiciones. La detergencia es buena y bajo el nivel de contaminantes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

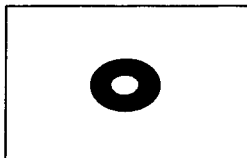


Fig. 2.6 Gota de aceite (5)

Se aprecia claramente un anillo de color más intenso en la periferia lo que señala dilución de combustible en el aceite la detergencia y contaminación son medianas.

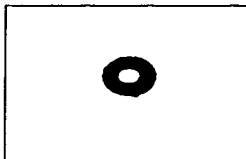


Fig. 2.7 Gota de aceite (6)

La mancha indica que hay detergencia y poca contaminación. Por el anillo marcado en la periferia se puede determinar dilución de combustible

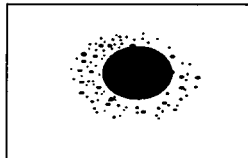


Fig. 2.8 Gota de aceite (6)

En esta muestra los anillos de la periferia no señalan dilución, sino características típicas de aceites que utilizan detergentes especiales. Los detergentes del lubricante se encuentran activos, la contaminación se mantiene a mediano nivel.



Ventajas que se obtienen con la prueba de la gota

Dentro de las ventajas principales de este tipo de pruebas, es que el departamento de mantenimiento puede llevar un registro de cada motor, así podrá comparar la última prueba con las anteriores, con lo que se puede determinar el estado mecánico en que se encuentra el motor y así se podrá programar la revisión y en su caso efectuar las reparaciones de los mecanismos con oportunidad.

Otra de las ventajas, es que ayuda a establecer el control de periodos de cambios de aceite, sin importar cuales son las condiciones de trabajo de la máquina.

También, se puede determinar si hay disolución en el aceite que esta utilizando lo cual indica una anomalía en el motor que nos lleve a investigar las causa que lo origina y corregirlas de inmediato.

2.2 MÉTODO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo está basado en la prevención, para lo cual requiere ejecutar algunas actividades básicas como son:

Servicio de lubricación y engrase, servicio diario, servicios periódicos programados de 100, 500, 1 000 horas de trabajo.

Aunque las actividades del mantenimiento preventivo son guiadas comúnmente por el fabricante, siempre son modificadas por el usuario de acuerdo al uso de la máquina y el lugar donde se ejecuta la obra.

De manera general se describen algunos de los servicios periódicos que se le da a la maquinaria y equipos:

Servicio diario

- a) Revisar reporte del operador
- b) Motor
 - 1. Revisar el nivel de aceite
 - 2. Localizar fugas y corregir
 - 3. Revisar temperatura de operación
 - 4. Revisar tensión de las bandas
- c) Convertidor de par y transmisión
 - 1. Revisar el nivel de aceite
 - 2. Localizar fugas y corregir
 - 3. Revisar temperatura y presión de operación



- d) Sistema de enfriamiento
 - 1. Revisar mangueras y accesorios
 - 2. Revisar nivel de agua
 - 3. Revisar radiador y ventilador
- e) Sistema de combustible
 - 1. Drenar tanque de combustible
 - 2. Drenar filtros
 - 3. Revisar y corregir fugas en el sistema
- f) Sistema de aire
 - 1. Limpiar filtro de aire
 - 2. Checar abrazadera
 - 3. Revisar fugas de aire en el sistema
 - 4. Checar indicador (vacuo-metro)
- g) Sistema eléctrico
 - 1. Revisar nivel de agua en baterías
 - 2. Revisar funcionamiento del sistema generador, indicadores, luces, alambrado, motor de arranque.
- h) Sistema hidráulico
 - 1. Revisar nivel de aceite
 - 2. Revisar fugas del sistema
 - 3. Checar su funcionamiento
- i) Motor Auxiliar (los que traigan)
 - 1. Revisar nivel de aceite
 - 2. Limpiar el purificador de aire
 - 3. Checar funcionamiento
- j) Mandos finales y Carriles
 - 1. Revisar nivel de aceite
 - 2. Revisar fugas de aceite
 - 3. Revisar templeado de las cadenas
 - 4. Revisar muelle estabilizador

Servicio de 100 horas.

- a) Revisar reporte del operador
- b) Motor
 - 1. Cambiar filtros de aceite
 - 2. Corregir fugas
 - 3. Lubrique baleros del ventilador
- c) Convertidor de par y transmisión
 - 1. Checar nivel de aceite
 - 2. Cambiar filtros de aire a las 300 hrs.
 - 3. Revisar tapón magnético (ver si tiene rabada)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- d) Sistema de aire
 - 1. Revisar condiciones de elementos
 - 2. Limpiar elementos
 - 3. Revisar mangueras y abrazaderas
- e) Sistema de Combustible
 - 1. Cambiar elementos de combustible
 - 2. Localizar y corregir fugas
 - 3. Drenar tanque de combustible
- f) Sistema de enfriamiento
 - 1. Revisar nivel de agua
 - 2. Checar el anticorrosivo (si se usa)
 - 3. Revisar y localizar fugas de agua en: Radiador, mangueras, y bomba.
 - 4. Checar tensión de las bandas
- g) Sistema eléctrico
 - 1. Checar nivel de agua en las baterías
 - 2. Lavar y engrasar terminales
 - 3. Revisar generadores y alternador
 - 4. Checar funcionamiento del motor de arranque, (en caso de tener de este tipo)
- h) Motor auxiliar
 - 1. Cambio de aceite y filtro
 - 2. Limpiar filtro de aceite
 - 3. Drenar tanque de gasolina
- i) Sistema hidráulico
 - 1. Revisar nivel de aceite
 - 2. Revisar fugas y corregir
 - 3. Checar funcionamiento
- j) Tránsito
 - 1. Checar limpiado de cadenas
 - 2. Inspeccionar desgastes anormales
 - 3. Revisar nivel de aceites de mandos finales
- k) Varios
 - 1. Apretar tomillería suelta
 - 2. Lubricación general de máquina
 - 3. Revisar y ajustar si son necesario embragues direccionales
 - 4. Revisar limpiar respiraderos de mandos finales



Servicio de 500 horas

- a) Revisar reporte del operador.
- b) Lavar la unidad.
- c) Cambiar agua del radiador, localizar y corregir fugas en: radiador, bomba de agua, mangueras.
- d) Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas reemplazarlas de ser necesario.
- e) Cambiar elementos de filtros de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas del sistema.
- f) Cambiar elementos de filtros de combustible, lavar tapones de los tanques, localizar y corregir fugas del mismo.
- g) Cambiar aceite y elementos de filtros del motor.
- h) Revisar nivel de agua de la batería, limpiar y engrasar terminales, revisar tensión de las bandas, del alternado o generador, baleros de los mismos, revisar funcionamiento de motor de arranque.
- i) Revisar y drenar aceite del convertidor de tensión, lavar filtros magnéticos y metálico del mismo.
- j) Cambiar aceite de la transmisión y elemento de filtro del mismo, lavar respiradero, cedazo y tapones.
- k) Revisar tornillería, sellos y mangueras de la transmisión.
- l) Cambiar aceite de la toma de fuerza, revisar ajuste de la misma, revisar palancas.
- m) Revisar embragues direccionales, si son de plástico cambiarlos.
- n) Revisar aceite y elemento de filtro de mandos finales, reemplazar si es necesario.
- o) Revisar y corregir ajuste de frenos si es necesario.
- p) Revisar ajuste de embrague de la dirección.
- q) Revisar puente estabilizador, muelle y tacones.
- r) Revisar tornillos tensor del tránsito, ajuste de bandas del mismo; ajustar baleros de las cantarinas de tránsito.
- s) Efectuar revisión general del tránsito, elaborar programa de reparación.
- t) Apretar tornillería y tolvas sueltas.
- u) Limpiar purificador de aire del motor auxiliar.
- v) Revisar ajuste del embrague del motor auxiliar.
- w) Calibrar bujías y platinos del motor auxiliar.

Servicio de 1,000 horas

- a) Revisar reporte del operador.
- b) Lavar la unidad.
- c) Cambiar agua del radiador, revisar el sistema en cuanto a fugas en: panel, bomba y mangueras.
- d) Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas reemplazarlas de ser necesario.



- e) Cambiar elementos de filtro de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas.
- f) Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tanque y tapones del mismo, localizar y corregir fugas del sistema.
- g) Cambiar aceite y elementos de filtro del motor, localizar y corregir fugas del sistema.
- h) Revisar nivel de agua, medir densidad, limpiar y engrasar terminales de batería, revisar tensión de bandas del generador o alternador, cambiar bujes y baleros de los mismos, revisar funcionamiento del motor de arranque.
- i) Efectuar afinación del motor apretar cabezas y calibrar válvulas, revisar soplador y turbo cargador.
- j) Cambiar aceite de la transmisión, lavar respiradero, cedazo y tacones.
- k) Revisar tornillería sellos y mangueras de transmisión.
- l) Cambiar aceite de la toma de fuerza.
- m) Revisar cruceta de la toma de fuerza, ajuste de la misma lubricar palancas.
- n) Lavar tanque del hidráulico y caldera del mismo, cambiar aceite del sistema y sellos de filtro hidráulico.
- o) Revisar luces y tablero de instrumento, localizar cables y conexiones sueltas, reemplazar cables en mal estado.
- p) Revisar embarques direccionales, cambiar de ser necesario.
- q) Cambiar aceite y filtros de mandos finales.
- r) Revisar y corregir de ser necesario ajuste de frenos.
- s) Revisar ajuste del embrague de la dirección.
- t) Revisar físicamente puente estabilizador, muelle y tacones.
- u) Revisar tornillo tensor del tránsito, ajustar baleros de las catarinas, revisar ajuste de las bandas del tránsito, formular informe del mismo.
- v) Revisar chasis, localizando y soldando fracturas, revisar equipo buldózer y reparar lo necesario.
- w) Apretar tornillería y tolvas sueltas.
- x) Limpiar purificador de aire del motor auxiliar, revisar ajuste del embrague, ajustar y calibras bujías y platinos en le mismo.

2.3 MÉTODO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es aquel que se efectúa cuando por mal uso, descuido o falta de mantenimiento predictivo y/o preventivo la maquinaria llega a fallar o a tener una descompostura no planeada, deteniendo esto el desarrollo normal de nuestra obra, ocasionando un sobrecosto ya sea por el costo de la reparación, por el reemplazo o por los tiempos muertos que se lleva el realizar alguno de los dos puntos anteriores.



El mantenimiento correctivo se efectúa generalmente sin haber sido planeado ya que se realiza después de descubrir fallas o anomalías en el equipo. Aunque a través de un programa de reparaciones de acuerdo a los análisis estadísticos, físicos y de laboratorio en los casos en que sea posible se harán programas de reparaciones mayores (pudiendo considerarse también como mantenimiento correctivo) por cada máquina, que cubran cuando menos periodos de un año o la duración de la obra si fuera por menos tiempo.



CAPÍTULO 3 ADMINISTRACIÓN Y CONTROL

3.1 ADMINISTRACIÓN

Una empresa constructora debe estudiar, asimilar, adaptar para cada caso y poner en práctica los estudios realizados dentro de la administración para aprovechar en forma óptima, los recursos con que en cada momento se cuenta. Para lograr dicha optimización se deberá prestar especial interés en la organización. En el caso específico de la maquinaria se debe llevar a cabo un minucioso sistema administrativo, el cual debe estar basado en la aceptación de responsabilidades básicas por parte de producción y también por parte de maquinaria, ya que es muy común que exista una gran diferencia de objetivos entre estas dos áreas que solamente logran perjudicar a la obra. Estas responsabilidades son las que forman las bases de una buena relación producción-maquinaria libre de conflictos.

Algunos de los puntos que se recomiendan para diseñar un sistema adecuado de administración de la maquinaria en la obra son:

- a) Conocer debidamente la condición y el funcionamiento de todos y cada uno de los equipos.
- b) Asistir al personal de construcción, estableciendo un nivel práctico de mantenimiento, de tal forma que no se afecte la producción.
- c) Programar las reparaciones con la frecuencia requerida, para que el frente de producción conozca con anticipación la fecha en que la maquinaria deberá de ser reparada.
- d) Informar al departamento de producción de las decisiones tomadas respecto al equipo.

Las actividades que se deben realizar para llevar a cabo una buena administración de la maquinaria en obra, con base en los puntos anteriores, será:

- a) Elaboración de inventarios físicos.
- b) Elaboración y control de programas de mantenimiento.
- c) Elaboración y control de reportes de operación.



- d) Registro de incidencias en la bitácora.
- e) Control de costos
- f) Registro y control de catálogos y manuales
- g) Elaboración y control de reportes de inspección
- h) Control y archivo de requisiciones
- i) Elaboración y seguimiento al programa de mantenimiento
- j) Programas de optimización de equipo
- k) Archivo general de maquinaria

Para la buena realización de las actividades antes mencionadas se aconseja seguir con una guía de datos, entre los que destacan:

- I. Solicitud de equipo
- II. Control de envío y calidad
- III. Avalúo de llantas
- IV. Control de recepción de maquinaria
- V. Inventario físico de la maquinaria
- VI. Solicitud de reparación de la maquinaria mayor
- VII. Liquidación de la reparación de la maquinaria mayor
- VIII. Informe diario de inspección mecánica
- IX. Reporte de incidencias
- X. Solicitud de trabajos a otros talleres
- XI. Relación de servicios diarios
- XII. Programas semanales de mantenimiento
- XIII. Informe utilización y rendimiento de equipo

Para las empresas pequeñas tal vez resulte un poco difícil utilizar un sistema administrativo tomando en cuenta todos los puntos mencionados pero, es recomendable tratar de implementar un sistema administrativo lo más completo posible, porque aunque no se tenga el problema de rivalidad entre producción y maquinaria, propios de las empresas grandes, si nos pueden ayudar muchos, ya que:

- a. - No tendría que dejar nada a la memoria
- b. - Podríamos dejar constancia escrita para estadísticas para obras posteriores
- c. - Facilitaríamos el trabajo en caso de que se tenga cambio de personal en la obra



3.1.1 Formas de control

Control de mantenimiento en obra

El control de mantenimiento que se efectúa a la maquinaria y equipo de construcción en obra, tiene tanta o más importancia que el mismo mantenimiento.

Tiene como objeto, optimizar los recursos utilizados para llevar a cabo la función propia al mantenimiento; es decir, que dichos recursos no sean malgastados. Teniendo en cuenta que se puede estar gastando por arriba o por debajo del nivel óptimo.

Siendo el mantenimiento indispensable para conservar en condiciones óptimas de trabajo a todas y cada una de las máquinas que se encuentran en obra, se debe proceder a estudiar como coordinar la producción con los periodos en que debe para cada máquina.

Lo anterior se basa principalmente en el programa de la obra a ejecutar; programa que sirve a su vez para elaborar uno que relaciona el trabajo a realizar en cada área de la obra con el equipo adecuado para ejecutar dicho trabajo, este se denomina *"Programa de utilización"*.

Este programa es afinado por el departamento de maquinaria llegando a ser el programa maestro de utilización (Es el mismo programa de utilización, pero adecuado al equipo requerido en la obra).

Maquinaria se encarga de sustituir el equipo programado en la fecha prevista; cuando exista algún cambio en los programas y se requiera otra máquina, se hará una *"Solicitud del equipo"*.

Para efectos de control, cualquier envío de maquinaria irá acompañado con una forma de Envío, de Control de Calidad, de Avalúo de llantas y al ser recibidas se formula la de Recepción de Equipo.

Todas estas formas se envían a la obra destinada, quedándose copia en la obra que envía. (Obra u Oficina Matriz, según sea el caso).

Cada máquina debe llegar a obra con sus documentos:

Bitácora de Mantenimiento, catálogo de partes y manuales de operación.



El control del mantenimiento empieza al conocerse el plan general de la obra. Un paso importante constituye el tener el programa maestro de Utilización, pero esto nada significa si no conocemos o sabemos a que o a cuál equipo se debe dar mantenimiento.

Quando se conocen las condiciones de arriba a obra de una máquina, se pueden planear eficazmente los servicios y cambios de los elementos de desgaste, prevenir el mantenimiento correctivo menor, que según experiencia, sea necesario y programar el mantenimiento correctivo mayor que será efectuado en el taller central.

Este mantenimiento correctivo mayor es programado y discutido con Oficina Matriz para su aprobación Programa de reparaciones mayores. Obra se encargará de utilizar bien la máquina hasta la fecha programada de su reparación mayor, cualquier adelanto a esta fecha se considerará como responsabilidad de obra.

Quando se acerque la fecha de una reparación mayor, será solicitada a oficina matriz. La solicitud es tomada como una confirmación del envío a taller central de dicha máquina.

Los conceptos que deben ser controlados exhaustivamente por obra son el mantenimiento correctivo menor (taller mecánico) y el mantenimiento preventivo. Dado que las reparaciones mayores son efectuadas en el taller central no es tan importante su control por obra.

Los conceptos anteriores, Taller Mecánico y Mantenimiento Preventivo, nos proporcionan la seguridad y continuidad en la producción de cada máquina.

Es importante hacer hincapié sobre el punto de optimizar los esfuerzos, ya que si no se le dan la importancia debida a estos conceptos, la obra puede sufrir de "Máquina paradas" y su costo respectivo.

Todos los costos en que se incurren son controlados en un "Cuaderno Mensual de Maquinaria"

Fase importante es el mantenimiento preventivo, el cual tiene su mejor representación por las Camionetas de Mantenimiento. Estas camionetas están equipadas con todo lo necesario para realizar un ajuste de campo: herramienta, compresor de aire y planta de generación de energía eléctrica.

Se tienen además otros apoyos tales como el taller móvil, que es lo mismo que una camioneta de mantenimiento, pero con el espacio suficiente para reparar sobre el camión, ya que generalmente se utiliza un camión de plataforma para adaptarlo como taller móvil; y como las camionetas de engrase y lubricación las que efectúan su trabajo en el sitio en que se encuentre la máquina.



3.1.1.1 Control de mantenimiento predictivo

Este mantenimiento es muy importante ya que gracias a las técnicas que utiliza se puede pronosticar con tiempos los paros del equipo y en algunos casos, hasta puede determinarse la pieza o piezas que van a fallar y por lo tanto requieren cambiarse.

El mantenimiento Predictivo es muy interesante, ya que se lleva a cabo con una tecnología más desarrollada.

Se tienen dos métodos para la realización de este tipo de trabajo; El primero es el *laboratorio de diagnóstico* en el cual se analizan los elementos de suspensión en los aceites lubricantes, mediante un espectro-fotómetro de absorción atómica, siendo necesarias las pruebas de dilución de combustible y agua y la viscosidad del aceite.

Por estas pruebas es posible predecir el grado de desgaste de una pieza determinada del conjunto al cual se analizó el aceite lubricante.

El otro renglón, lo forma el personal, el equipo y las camionetas de diagnóstico el equipo está compuesto por una serie de aparatos montados en una camioneta con la que se va al lugar donde se encuentra trabajando una máquina y ahí mismo se le analizan sus presiones, temperaturas y otros factores que indican el estado general de la máquina.

Este tipo de gentes (Ingenieros mecánicos) elaboran un programa de atención a todas las obras y cuando se encuentran en la obra programada, en una fecha dada se juntan con los Ingenieros de obra para programar, máquina por máquina la atención de esta obra.

Cada máquina es analizada en su turno y se elabora un reporte de dicho análisis el cual, sirve para confirmar el estado físico y mecánico en que se encuentra cada máquina. Este reporte será información importante para los coordinadores de maquinaria, para los ingenieros de obra y para afirmar o desmentir el chequeo que se lleva a cabo por medio del análisis del aceite por el Laboratorio de Diagnóstico.

El uso de los controles nos ayuda no solo para saber que reparaciones se hicieron, sino que también, nos sirven, para conocer sobre todo lo que nos costo o lo que nos cuesta la operación de nuestras máquinas para no tener sorpresas a la hora de sacar los costos totales de la obra.

La base teórica que podemos emplear para establecer los parámetros de comparación, puede ser la que nos proporciono al fabricante del equipo también los riesgos estadísticos que tenga la empresa de otras obras realizadas o los datos que proporciona la cámara mexicana de la industria de la construcción. Pero lo más



importante de todo esto, es que en un tiempo razonable si la empresa se preocupa por recopilar toda la información generada en las obras, puede establecer sus propios parámetros lo que sería definitivamente lo mas adecuado.

Al establecer todos los controles necesarios para optimizar el mantenimiento no debemos olvidar que deben de ser sencillos y prácticos se debe poner especial atención en no pedir la misma información dos veces para no duplicar, lo que nos dificultaría el manejo de los datos. Es practica común cuando se diseñan, los formatos por primera vez, tratar de controlar hasta la climatología del lugar donde se desarrolla la obra; con esto queremos decir que no hay que perder de vista el objetivo principal de lo que queremos realizar y así no hacer gastos innecesarios de tiempo y dinero.

La optimización de recursos nos obliga a ser más escrupulosos todavía en lo que se refiere al mantenimiento es decir debemos ser más productivos y para lograrlo es muy importante establecer controles completos prácticos y adecuados a las necesidades de nuestra obra.

En todo proceso constructivo se tienen tres etapas perfectamente definidas: planeación programación y control, estos conceptos están ligados entre sí de una manera estrecha siendo igualmente importantes.

El objetivo principal de tener el control del mantenimiento, es establecer un sistema de registros que nos permita mantener oportunamente y en condiciones óptimas de funcionamiento todas y cada una de las máquinas que se encuentren en nuestra obra lo cual nos permitirá optimizar los recursos disponibles para lograr las metas establecidas.

El ingeniero encargado del mantenimiento debe estar consciente de las necesidades y disponibilidad de equipo para los diferentes frentes que componen su obra. Deberá planear y programar sus actividades de mantenimiento y sobre todo controlarlas para que se puedan cumplir los objetivos planeados en la forma más aproximada al programa.

Nuestro punto de partida será el inicio de la obra, esto es el programa maestro de actividades de la misma. Este programa involucra a otro mas detallado de utilización del equipo, en el que se especifican los rendimientos necesarios para cumplir el programa de avance y así por ultimo determinar las características del equipo que se va a utilizar.

El programa de utilización de equipo formulado por el departamento de construcción en colaboración con el departamento de maquinaria es la base de nuestra planeación, programación y control del mantenimiento. Este programa indicara la cantidad de maquinaria que se debe usar tipo modelo y capacidad fecha de llegada y salida de la obra tiempo por trabajar para cada grupo de



máquinas mes a mes durante la ejecución de la obra.

Es conveniente empezar a establecer los controles desde el momento en que empiezan a llegar las máquinas a la obra ya que llegan de todos tipos marcas y modelos nuevas o usadas y en diferentes condiciones mecánicas.

3.1.1.2 Control del mantenimiento preventivo

Considerando que el mantenimiento preventivo son todas las operaciones rutinarias de lubricación ajustes cambios y revisiones periódicas que requiere la máquina para estar en condiciones de uso evitando desgastes prematuros y sobre todo paros imprevistos que son muy costosos; podemos establecer mediante la bitácora de mantenimiento preventivo los controles adecuados para cumplir con lo establecido.

La bitácora de mantenimiento preventivo será tan sofisticada o tan sencilla como se quiera; la práctica ha demostrado que cumpliendo con las condiciones establecidas por el fabricante de la máquina y debidamente complementadas con la experiencia del ingeniero de mantenimiento se puede diseñar una bitácora de mantenimiento apropiada para cada caso. Esta bitácora será común en muchas de sus partes a las de todas la máquinas pero también en otras tantas será exclusiva de cada tipo de máquina atendiendo a su modelo capacidad y características.

La bitácora de mantenimiento preventivo se integra, recabando la información necesaria de la máquina de que se trate, tales como: marca modelo serie capacidad de la máquina y del motor principales accesorios y equipos adicionales y se complementa con las dimensiones principales y el peso. Es conveniente anotar números de partes materiales y refacciones de uso frecuente.

El reporte diario de operación es la base de control de este mantenimiento ya que su información puede revelar datos muy valiosos para programar ajustes y reparaciones, además de llevar un registro adecuado de la vida del equipo. Esta información es también útil para controlar los costos ya que integra las horas de trabajo efectivo horas de reparación y horas de ocio de cada equipo por cada turno de trabajo.

Antes de diseñar las horas de servicio necesarias para cada equipo es importante considerar varios aspectos, como por ejemplo:

- a) - Verificar el contenido de azufre en el combustible diesel y su repercusión en los cambios periódicos de aceite; es muy conveniente aprovechar la existencia de laboratorios de la zona para determinar mediante pruebas la frecuencia de cambios de aceite considerando la contaminación por sólidos en suspensión agua azufre. Y sobre todo la pérdida de las propiedades lubricantes del aceite.



- b) - Verificar la dureza del agua que se va a utilizar en los sistemas de enfriamiento de las máquinas y así determinar el uso de inhibidores de corrosión, anticongelantes, desincrustantes.
- c) Verificar los efectos de la humedad ambiente en la obra sobre los sistemas de admisiones de aire de los sistemas de frenos.
- d) - El tipo de terreno de trabajo, fangoso rocoso. Y el medio ambiente determinara otras condiciones para el mantenimiento del equipo tales como: limpieza y ajustes en periodos más cortos.
- e) Con objeto en no interferir en el proceso productivo de la obra las fechas de los servicios de mantenimiento preventivo se deben comunicar a los encargados de cada frente con oportunidad de tal manera que tengan tiempo para reprogramar sus actividades y no tener retrasos en el avance.

Como ya se menciona anteriormente es muy común comprobar que el ingeniero de producción no desea que el equipo se pare para darle mantenimiento y con ello se detenga la producción del frente que este atacando por lo que lo mencionado en el párrafo anterior es doblemente importante y no se debe perder de vista que al equipo se le tiene que dar mantenimiento para que siga produciendo al máximo y no que este continuamente en el taller por descomposturas, lo que detiene la producción de todas maneras.

3.1.1.3 Control de mantenimiento correctivo

El control de mantenimiento correctivo debe de verificar primero las reparaciones que deben efectuarse a una máquina por consecuencia del desgaste normal rotura de partes accidentales y/o mala operación después programarlas en el tiempo más oportuno y por ultimo llevarlas a cabo.

Por estadísticas los equipos que están dentro de su vida útil nos permiten programar con cierta facilidad sus operaciones siempre y cuando sean por desgaste normal.

Cuando se cumple con el programa de mantenimiento preventivo, es muy difícil tener reparaciones mayores por sorpresa, igualmente si se atiende con prontitud las solicitudes de los operadores en su reporte diario de trabajo. Lo ideal es realizar este mantenimiento en un taller con instalaciones adecuadas para garantizar la calidad de los trabajos, muy ocasionalmente se hace en el campo. Las condiciones de trabajo que nos ofrece un taller para este tipo de mantenimiento, facilitan la ejecución y el control del mismo ya que se puede tener todo a la mano: herramientas, refacciones, materiales, mano de obra, instalaciones, etc. Pero desgraciadamente no siempre se puede contar con un taller, por lo que algunas veces las reparaciones se tienen que efectuar en el campo. En este caso se tiene que poner especial atención en ir anotando las refacciones y materiales empleados en la reparación, para que después se vacíe en la bitácora.



Al llegar una máquina al taller para su reparación, se debe abrir de inmediato una orden de trabajo, en la que se deberá indicar el tipo de reparación que se deba efectuar, así como el presupuesto estimado de la misma. A través de las ordenes de trabajo se canalizaran todas las actividades y costos de las reparaciones. La mano de obra se controla mediante reportes diarios de trabajo de todas y cada una de las personas que intervengan en la reparación, los materiales y refaccione se deberán manejar por el almacén, igual que las llantas y los servicios realizados en otros talleres.

Al terminar las reparaciones se debe hacer una revisión de todos los costos y se debe formular la liquidación de la reparación para cargarse finalmente a la reserva del mantenimiento del proyecto a donde se indique.

Si establecemos un registra adecuado de reparaciones efectuadas en las bitácoras, al cabo de cierto tiempo tendremos nuestras estadísticas propias y así, podremos hacer una comparación y verificar si nuestro mantenimiento esta dentro de los limites normales.

3.2 ENVIÓ Y RECEPCIÓN DE EQUIPO



Fig. 3.1

Todas las empresas constructoras requieren transportar maquinaria durante la ejecución de las obras, según el grado de avance y las etapas de construcción o por inicio o terminación de la obra. Para que esta operación se realice eficientemente, es necesario hacer una buena selección del transporte mas adecuado, esta selección se basa en las dimensiones y el peso de la máquina que va a transportar, factores determinantes para seleccionar el transporte adecuado.

3.2.1 Bases para la selección del transporte

Para conocer las características físicas de la máquina que se va a transportar se deben consultar los catálogos del fabricante o la bitácora del mantenimiento y así poder determinar el tipo de transporte que se requiere, estos



entre otros pueden ser: ferrocarril, cama baja, plataforma o sencillamente un raíl, como primera decisión se debe definir si la mencionada máquina se mueve en transportes propios o se contratara una firma especializada.

Esta decisión es muy importante por lo que se debe analizar detenidamente las condiciones de la empresa y de la obra en ese momento, quedando la decisión en función de si la empresa posee exactamente el tipo de transporte requerido. En caso de que exista se tiene que verificar el lugar, donde se encuentra, el día que es requerido, esto es cuantos kilómetros tendrá que recorrer para llegar al lugar donde fue solicitado y por ultimo si se puede aprovechar ese mismo transporte para mover otras máquinas por el mismo rumbo.

Transportación con recursos propios

En términos generales, lo mas adecuado es realizar el transporte de la maquinaria con los recursos propios, excepto en aquellos casos especiales en que se tengan condiciones muy adversas que dificulten el mencionado fin.

Cuando la empresa decide realizar el transporte de sus máquinas con recursos propios, se deben coordinar algunas actividades importantes que permitan reducir los gastos en este renglón en el que se manejan grandes sumas de dinero.

A continuación se proporciona una lista de estas actividades

- a) Realizar la mayor cantidad de fletes con recursos propios.
- b) Garantizar que se cumplan los reglamentos de seguridad dentro de los márgenes estipulados
- c) Definir rutas de transporte para encadenar viajes
- d) Definir tabulador de fletes de acuerdo a tarifas y reglamentos autorizados por las dependencias oficiales.

Transportación mediante transportistas

Si la empresa decide contratar a una firma externa para realizar el transporte de la maquinaria después de haber realizado el estudio correspondiente se deberán verificar los siguientes puntos, que son de suma importancia y pueden evitar problemas muy serios que afecten a nuestra obra.

- a) El costo deberá fijarse de acuerdo al tabulador
- b) Que las guías de embarque cumplan con los requisitos que marca el reglamento de seguridad
- c) Se deberán estipular las condiciones de pago, flete en su destino o flete por cobrar a su regreso.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Independientemente de quien realice el flete, deberá tenerse claramente definida la siguiente información:

- a) Tabulador autorizado por la dependencia gubernamental respectiva de acuerdo al tipo de camino a transitar; por ejemplo, asfalto, terciaría, brecha.
- b) Clasificación del tipo de carga a transportar; carga regular, carga especializada, combustibles, etc.
- c) Directorio cartera de transportistas para comparar precios y hacer una adecuada negociación
- d) Hacer una tabla de distancias origen-destino, para verificar costo y consumos
- e) Hacer una lista de obras y almacenes localizados a lo largo de la ruta para combinar embarques.

Aplicación del costo

Es muy conveniente establecer con la anticipación debida, las reglas para la aplicación del costo de transportación para evitar problemas en las situaciones que se pudieran presentar.

A continuación se mencionan algunas de las cláusulas que pudieran tomarse como guía para cuando se vaya a realizar un convenio de transportación.

Cuando la maquinaria sale del patio de almacenamiento o taller a obra, el costo del flete será con cargo a la obra que recibe y viceversa.

Cuando la máquina es enviada de una obra a otra, el costo del flete será prorrateado tomando como base los patios de almacenamiento.

Las maniobras de carga y descarga en los lugares respectivos serán con cargo al ejecutante.

Revisiones necesarias

Es obligatorio en una recepción de equipo verificar el estado físico del mismo, elaborar control de calidad y avalúo de llantas compararlo con el control de calidad y avalúo descrito en el envío

Una copia del control de recepción deberá enviarse a oficina matriz y a la obra remitente de inmediato a fin de conciliar las posibles diferencias encontradas y deslindar responsabilidades. Deberá provisionarse en la obra remitente y receptora un importe adecuado para cubrir las posibles reparaciones o correcciones de fallas necesarias.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



En el caso de transportación de vehículos, deberá verificarse que el chofer tenga su documentación en regla y este debidamente amparado para cubrir eventualidades mayores.

Independientemente de los puntos anteriores, la empresa deberá implementar los controles y cubrir las exigencias propias de la localidad, permisos de carga, horarios de circulación, vías autorizadas, normas de seguridad.

3.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD AL MANEJAR MAQUINARIA Y EQUIPO EN LOS CENTROS DE TRABAJO



Fig. 3.2

En los centros de trabajo donde por la naturaleza de los procedimientos se empleen equipos o maquinaria para la transmisión de energía mecánica, comprendiendo el motor, el equipo intermedio, las máquinas impulsadas, así como bielas, manivelas, engranes, cigüeñales, ejes, flechas, contrapesos de los reguladores, las máquinas de combustión interna, bandas, transmisiones por cable o cadena, chumaceras, volantes, poleas, embragues, collarines y demás accesorios que se encuentren en movimiento, se deben instalar los dispositivos de seguridad necesarios para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo.

Dispositivos de seguridad y protección en las partes móviles de la maquinaria y equipo de transmisión mecánica

Para adaptar los dispositivos de seguridad a los equipos de transmisión de energía mecánica y demás accesorios en movimiento es recomendable tomar en cuenta lo siguiente:

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- a) Proporcionar una protección total
- b) Prohibir el acceso de personas a la zona de peligro mientras la máquina este en funcionamiento
- c) Permitir el movimiento libre del trabajador
- d) Permitir el proceso de la producción
- e) Estar sujetos de manera que ningún golpe o vibración de la maquinaria, pueda aflojarlos o soltarlos
- f) Poder utilizarlos un largo tiempo con un mínimo de conservación
- g) Resistir el uso normal, choques y golpes accidentales
- h) Resistir el fuego y la corrosión
- i) Permitir la separación y mantenimiento de la maquinaria con facilidad
- j) Estar lisos con esquinas pulidas, sin filos, astillas o superficies dentadas

En los centros de trabajo en donde por la instalación de la maquinaria no sea posible utilizar dispositivos de seguridad para resguardar elementos de transmisión de energía mecánica tales como volantes, bandas, flechas u otros, estos deben estar rodeados de barandillas con pretilas, las cuales deben estar fijas al piso o plataforma de trabajo y tener como mínimo una altura de 90 cm.

Los dispositivos de seguridad en el punto de operación

Se deben instalar los dispositivos de seguridad necesarios en el punto de operación o en la zona de la maquinaria o equipo, en donde entra en contacto con ella el trabajador para realizar su trabajo. Para ello se puede considerar lo siguiente:

- a) Evitar integrados a la unidad
- b) Evitar que constituyan fuentes de riesgo
- c) Evitar que debiliten la estructura de la maquinaria en la que se instalen
- d) Evitar que interfieran con la operación
- e) Permitir los ajustes necesarios en el punto de operación
- f) Permitir el desalojo rápido del material de desperdicio
- g) Facilitar su mantenimiento, conservación y limpieza general
- h) Permitir la visibilidad necesaria para efectuar la operación
- i) Estar fijos y lo suficientemente rígidos para hacer su función segura

Equipo para izar

Los extremos de los cables en los tambores de los aparatos para izar deben estar anclados firmemente en la parte inferior del tambor, y deben tener por lo menos, dos vueltas enteras en el tambor, cuando los ganchos para la carga estén en su posición más baja.

En el equipo para izar no se debe sobrepasar la carga nominal correspondiente



Los aparatos para izar deben estar equipados con frenos diseñados e instalados, de manera que sean capaces de frenar automáticamente cuando el peso que sostienen alcance una vez y media la carga nominal.

Los dispositivos limitadores del izamiento en las grúas deben ser accionados directamente por el motor izador o por el gancho de la grúa y deben estar directamente conectados con el mecanismo de freno, de manera que eviten el descenso accidental de la carga.

Las grúas viajeras, además de controles de la cabina, deben contar con un interruptor de protección general a nivel del piso que desconecte la corriente eléctrica en la grúa cuando se realicen operaciones de mantenimiento

Quando 2 o más grúas viajeras sean operadas en la misma carrilera deben tener por lo menos un dispositivo limitador de carrera que evite el choque entre ellas

Las grúas monorriel que funcionen en un eslabón giratorio deben contar por lo menos con un pasador de seguridad que soporte la carga en caso de que falle el pasador de suspensión

Se debe de disponer para la operación de cualquier tipo de grúa de un espacio libre entre el radio de acción de estas y cualquier estructura fija, para evitar algún accidente.

Las palancas de rotación de la grúa deben estar provistas de dispositivos de seguridad para fijarlas en su posición neutral

Las plataformas de las grúas portátiles de piso que son accionadas por fuerza mecánica deben estar provistas de resguardos sólidos para proteger al operador.

Las patas o armazones de las cabrias y tomos deben estar ancladas firmemente a cimentaciones sólidas

Las garruchas de cadenas deben estar provistas de frenaje de tornillo sin fin y otros dispositivos, los cuales soporten automáticamente las cargas cuando el izado se detenga

Las garruchas de cable o cuerda, los soportes para garruchas superiores para izar deben estar provistas de ganchos, ojete o bandas por las cuales pueden ser firmemente aseguradas a los soportes de donde estén suspendidas.

Las cuerdas o cables usados en las garruchas para izar no deben rebasar los canales de las poleas con las cuales se manejan



Los motores deben estar provistos de dispositivos que permitan moverlos, cuando sean cargados, sin necesidad de que los trabajadores coloquen sus manos en los cables o cadenas

Las cadenas para izar y las cadenas para eslingas deben ser de hierro forjado o de acero

Ascensores para carga

Los ascensores para carga deben mantener cerrados: los accesos al fondo del pozo, el cubo de ascensor, los accesos al cobertizo, en la parte superior del cubo del ascensor; para evitar que se use como pasillo

Las puertas de los ascensores para carga deben estar provistas de dispositivos de enclavamiento, de tal forma que se inmovilice la cabina cuando cualquier puerta este abierta, o se evite la apertura de la misma, cuando este en movimiento, en el caso de ascensores movidos manualmente, estar provistas de cerraduras mecánicas que funcionen en combinación con el movimiento de la cabina.

Las cabinas de los ascensores movidos por fuerza mecánica deben estar completamente cerradas en los costados y en la parte superior, salvo en las aberturas de emergencia, de acceso, de carga o descarga.

Los ascensores deben contar con un mecanismo de seguridad unido a la estructura de la cabina, capaz de pararla y sostenerla en caso de emergencia.

En el interior de la cabina se debe contar con frenos manuales

Deben contar con dispositivos que eviten que la cabina pase del piso mas alto o del mas bajo según sea el caso

Montacargas, Tractores y Carretillas autopropulsadas

Los montacargas, tractores y carretillas autopropulsadas deben tener las siguientes características:

- En su caso, contar con un asiento personal que permita ajustarse a las necesidades del operador, y estar asegurado firmemente a la estructura del vehiculo; colocado de manera que permita la máxima visibilidad de la zona de trabajo
- a) Contar cuando menos con un espejo retrovisor
- b) Contar por lo menos con un extintor portátil del tipo y capacidad de acuerdo al riesgo de incendio
- c) Contar con resguardos metálicos resistentes para protección del operador en la



- parte delantera, trasera y superior cuando se trate de montacargas
- d) Cuando la cabina sea cerrada esta debe ser provista de:
- a) Un sistema de ventilación adecuado
 - b) Parabrisas y ventanillas con cristal de seguridad
 - c) Cuando menos un parabrisas movido mecánicamente

Se debe instalar, cuando las ruedas se proyecten fuera de la carrocería, resguardos adicionales que cubran la mitad superior de estas

Deben estar equipados con dispositivos sonoros que permitan al operador avisar el movimiento del equipo

Se debe contar con dispositivos luminosos intermitentes

Transportadores de carga

Se debe colocar en un lugar visible la máxima capacidad de carga para la cual están diseñados. La misma no debe ser rebasada bajo ninguna circunstancia

Los transportadores deben estar provistos de dispositivos de parada en sus extremos para detener el mecanismo del transportador en caso de emergencia

Los transportadores que induzcan cargas en planos inclinados, hacia arriba deben estar provistos de dispositivos que eviten que estos funcionen en retroceso en el caso de que se interrumpa la energía

Los transportadores elevados deben estar provistos de: pasillos cuando sea necesario a lo largo de todo su recorrido, resguardos cuando crucen por zonas de trabajo o tránsito para evitar que el material transportado caiga a dichas zonas

Los pisos y plataformas en las áreas de carga y descarga los transportadores deben: tener suficientes antiderrapantes, conservarse libres de obstáculos y contar con drenaje apropiado para el caso de derrame de líquidos

Para alimentar a los transportadores con material a granel se debe utilizar tolvas

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Quando se tenga un conjunto de transportadores que trabajen en serie se debe cumplir con: en el acoplamiento deben instalarse guardas o protecciones para evitar accidentes en las manos de los operarios, disponer cuando menos de un dispositivo que interrumpa el movimiento de todo el sistema cuando una de las unidades se detenga

En las áreas de carga y descarga de los transportadores se debe instalar cuando menos un dispositivo de paro accesible al trabajador para detener el transportador en caso de emergencia

Características del equipo de protección personal para los trabajadores

Las actividades por su naturaleza requieren de equipo de protección personal, se debe proporcionar al trabajador, el equipo de protección personal, específicos que requiera para el desempeño de sus labores; dicho equipo será el adecuado a la peligrosidad de su trabajo, según las actividades y para su uso individual.

Los equipos de protección personal serán combinados o sustituidos, total o parcialmente según sea el caso, cuando por el uso se hayan modificado las características de protección requeridas para prevenir el riesgo específico.

Se le deben proporcionar las instrucciones específicas de uso del equipo al trabajador, así como hacer de su conocimiento la obligación que tiene del cuidado del equipo de protección y de conservarlo en buen estado de uso.

Protección de la cabeza

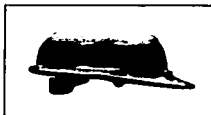


Fig. 3.3 Casco protector

En las actividades que haya posibilidad de que se generen riesgos de lesión en la cabeza, los patronos deben proporcionar a los trabajadores los cascos de seguridad de acuerdo con la clase de riesgo a que estén expuestos.

Las actividades que requieren el uso obligatorio del casco de seguridad, son en las que los trabajadores pueden estar expuestos a golpes, por contacto con energía eléctrica o sujetos a quemaduras por sustancias u otros riesgos



similares.

Se debe proporcionar gorras, cofias, redes u otro medio equivalente para proteger el cabello, cuando los trabajadores estén expuestos a las partes móviles de la maquinaria

Protección de los oídos



Fig. 3.4

Los trabajadores que por la naturaleza de sus labores estén expuestos a los niveles máximos permisibles de ruidos se les deben proporcionar el equipo adecuado para la protección de los oídos

Los equipos para protección de oídos como tapones, conchas, orejeras, auriculares u otros similares deben de seleccionarse tomando en cuenta las características del ruido como son: nivel sonoro y nivel de presión acústica, para que la protección sea específica.



Fig. 3.5 Tapones



Fig. 3.6 Orejeras



Protección de la cara y los ojos



Fig 3.7

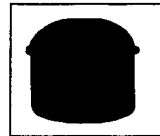


Fig 3.8

Cuando sea necesario proteger la cara de los trabajadores se les debe proporcionar pantallas o caretas adecuadas al riesgo específico y al tipo de actividad.

Los riesgos específicos para los que se deben usar las caretas o pantallas con características particulares para cada grupo, son los riesgos mecánicos de proyección de partículas, los riesgos a exposición de radiaciones intensas, infrarrojas y ultravioletas, los riesgos químicos de proyección de sustancias tóxicas, irritantes o corrosivas, los riesgos biológicos de infección por agentes microbianos y otros similares.

En las labores donde haya posibilidad de riesgo de lesiones en los ojos, que no afecten el resto de la cara, o en caso de que esta se proteja en forma especial e independiente, se deben proporcionar a los trabajadores, los anteojos de protección personal.

En caso de que los trabajadores usen lentes correctores de la vista y que por el desarrollo de sus labores requieran anteojos de protección, estos deben ser proporcionados de acuerdo a lo siguiente:

- a) Que el lente corrector se integre a la gafa de protección en cualquiera de sus tipos
- b) Que el antejo de protección se adapte por encima, además del antejo que tiene el lente corrector de la visión

Los riesgos específicos en los que se requiere el uso de anteojos protectores son: los riesgos de exposición a radiaciones intensamente luminosas, infrarrojas y ultravioletas; los riesgos químicos de proyección de sustancias nocivas y los riesgos biológicos de infección por agentes microbianos.



Fig. 3.9 Lentes protectores



Fig. 3.10 Careta para soldar

Protección respiratoria

Cuando las actividades deban realizarse en ambiente con aire contaminado por agentes químicos y biológicos, se debe proporcionar a los trabajadores los equipos de protección respiratoria, mismos que deben seleccionarse para cada riesgo.

Los riesgos en los que se requiere que los trabajadores usen equipos de protección respiratoria son: riesgos de inhalación de agentes químicos o biológicos con características tóxicas, irritantes o asfixiantes.



Fig. 3.11 Mascarilla

Protección del cuerpo y los miembros

En las actividades donde haya posibilidad de riesgo en las manos y brazos, se deben proporcionar los equipos de protección personal: guantes, guanteletes, mitones, mangas o similares, que deben seleccionarse según el riesgo específico.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

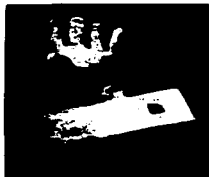


Fig. 3.12 Guantes

Los riesgos específicos para los cuales se debe usar protección personal son los riesgos de contacto con objeto, materias o materiales cortantes, calientes o friccionantes; los riesgos de infección por agentes microbianos; los riesgos a exposición de corrientes eléctricas; los riesgos de exposición a sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas; los riesgos de exposición a vibraciones; los riesgos de exposición a radiaciones intensas infrarrojas, ultravioletas o térmicas.

En las actividades donde haya posibilidad de riesgo para las piernas, se debe usar equipo personal como polainas o similares que se deben seleccionar de acuerdo al riesgo específico

Los riesgos específicos para los que se deben utilizar protección personal para las piernas, son los riesgos de contacto con objetos, materias o materiales cortantes o calientes; los riesgos de exposición a la humedad o sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas.

En el caso que sea necesario proteger los pies de los trabajadores, se deben proporcionar a estos los equipos de protección personal, zapatos, botas o similares que deben seleccionarse según el riesgo específico.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Fig. 3.13 Protección para pies

Los riesgos específicos en los que se debe usar protección personal para los pies, son los riesgos de contusión o de caída por resbalamiento; riesgo de contacto con objetos, materiales cortantes o calientes; los riesgos de infección por microorganismos; los riesgos de exposición a corrientes eléctricas; el riesgo a exposición de humedad o sustancias calientes, corrosivas, irritantes o tóxicas y los riesgos de exposición a vibraciones o radiaciones térmicas

En los casos que las actividades laborales deban desempeñarse en lugares que impliquen el riesgo de caída a otro nivel y cuando no existan las protecciones para los trabajadores se les debe proporcionar a estos cinturones de seguridad u otros equipos de seguridad seleccionados según el riesgo específico.

1.3 MANEJO DE ALMACÉN

Se mencionaran algunos de los elementos necesarios para un buen manejo de almacén así como para una organización adecuada. Habrá casos en los que el jefe de almacén haga las veces de recepcionista, despachador y empleado de oficina, o quizá en un mismo edificio o caseta provisional se tengan que almacenar refacciones y todos los materiales sin las divisiones y protecciones adecuadas o también habrá casos, en los que se tenga que prescindir de elementos como grúas, montacargas, etc. O minimizar los controles y papelería reduciendo estos a lo indispensable. Pero esto no quiere decir que el almacén siempre deba estar desordenado. Podemos dentro de nuestras posibilidades tratar de tener nuestro almacén lo más parecido posible al ideal, para lo cual es importante conocer los conceptos básicos y elementales del manejo de almacenes para usarlos y adaptarlos a nuestra realidad en la obra.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



3.4.1 Elementos necesarios

a) Local

1. Oficina con recepción protegida de la intemperie, patio cercado, para materiales que nos les daña la intemperie
2. Andén, para carga y descarga de equipo de transporte
3. Bodega, para materiales especiales
4. Patio de combustibles
5. Bodega para lubricantes

b) Muebles

1. Estantería de recepción y mostrador de despacho
2. Básculas móviles de 120 y 500 Kg y para camiones si fuera necesario

c) Enseres

1. Equipo de oficina
2. Grúas para manejo de materiales pesados
3. Tanques de almacenamiento
4. Extinguidores contra incendio en lugares de peligro
5. Recipientes para manejo de líquidos
6. Rotulación de avisos de peligro.
7. Formas de papelería para control

d) Personal

1. Jefe de almacén
2. Receptor y ayudante
3. Despachador
4. Ayudante de despachador Mecnógrafa
5. Bodeguero
6. Peones

Funciones obligatorias mínimas

Recepción física en bodegas o almacenes excepcionalmente fuera de bodega por un ingeniero o delegado. Control de artículos por tarjetas con entradas, salidas y valores si no se llevan controles dobles. Excepto artículos de salida inmediata. Observación de instructivos de oficina matriz y catálogos maestros de clasificación.

Catálogos de Clasificación con 5 Grupos

- a) Materiales (Combustibles, tornillos, materiales.)
- b) Refacciones (Para vehículos y maquinaria)
- c) Artículos de resguardo (Herramientas, instrumentos, equipos auxiliares, elementos de seguridad.)
- d) Mobiliario y equipo de oficina (Archiveros, escritorios, caja fuerte, calculadoras, máquinas de escribir.)
- e) Papelería y artículos de oficina



Es conveniente que cada subgrupo lleve números progresivos para facilitar la identificación de todos y cada uno de los artículos.

Papelería necesaria

La papelería necesaria que se recomienda tener en la obra para facilitar las actividades de los encargados de almacén es la siguiente.

- a) Control de salidas
- b) Vales de salida para artículos de consumo
- c) Notas de devolución de almacén
- d) Resguardos provisionales
- e) Resguardos definitivos
- f) Sobres para archivos de resguardo
- g) Tarjetas de registro de movimiento de almacén
- h) Requisiciones
- i) Etiquetas para identificación de artículos
- j) Libro de registro y de clasificaciones
- k) Informe diario de existencias básicas de combustible
- l) Control de avances de oxígeno y acetileno
- m) Pólizas de cargo y abono
- n) Catalogo de mobiliario, inversiones amortizables, materiales y refacciones
- o) Formas para recuento diario

Área necesaria para un almacén

El área necesaria para el almacenaje de materiales y refacciones dependerá de los volúmenes de obra por manejar y del tipo de materiales pero se puede calcular utilizando una regla general producto de estadísticas pudiendo existir algunas diferencias dependiendo del tipo de obra, pero aun así este sistema puede ser de gran utilidad.



En la tabla que se muestra a continuación se indica la manera de determinar el área necesaria para el almacén de acuerdo al importe total del inventario.

Tabla 3.1

IMPORTE TOTAL DE INVENTARIO DEL ALMACÉN	ÁREA TOTAL REQUERIDA PARA EL ALMACÉN		D.L.S. INVENTARIO	
	PIE ²	M ²	X PIE ²	X M ²
200,000.00	25,000	232	80	862
420,000.00	35,000	325	120	1,292
700,000.00	45,000	156	156	1,675

3.4.2 Determinación de máximos y mínimos

Para el cálculo de los máximos y mínimos de materiales y refacciones que deben existir en un almacén, se puede hacer uso de un método basado en fórmulas que con la práctica y con el uso de nuevas estadísticas se puede ir modificando o se puede establecer otro sistema que nos pueda ayudar a reducir el inventario en el almacén sin que se pare el trabajo por la falta de refacciones o materiales. A continuación se muestra el método.

Si Consideramos que:

DA= Demanda anual de materiales, de acuerdo a estadísticas mínimo de 2 meses

C= Costo unitario de materiales en moneda nacional o dólares

F= Frecuencia de elaboración de pedidos (meses)

T= Tiempo entre pedido y recepción (meses)

TE= Tiempo de elaboración del pedido y recepción por el proveedor (meses)

R= Reserva o margen de seguridad de tiempo (meses, este valor puede ser igual a cero)



K=Constante que esta en función de la relación entre costo de inventario y costo de pedidos. Varía pero se ha encontrado que su valor más lógico es de .25 cuando C se maneja en pesos y de .9 cuando C se maneja en dólares

E= Existencia de materiales

BO= Materiales pedidos y pendientes de surtir

MVP= Meses de protección sin pedir

MVP= $F+T+TE+R$ (meses)

MD= Mínimo de pedidos anuales

MD= $\frac{12}{MVP}$ (pedidos por año)

E min= DA/MD

E min= Existencia mínima de materiales

LE= Lote Económico

LE= $k (Da/C)$

E max= Existencia máxima

E max= $E_{min} + LE$

Se deberá de pedir cuando

E min= $E + BO$

La cantidad por pedir (CPP)

CPP= $(E_{min}) (E - BO)$



Refacciones

La capacidad de almacenaje de un local, dependerá y variara de acuerdo con:

- a) Los tipos de casilleros
- b) Los diferentes materiales que se van a almacenar y todavía hay que prever espacios para expansiones futuras.

Basándose en las estadísticas, la distribución de inventario total por almacenar, se puede considerar como:

84% será de refacciones almacenables en casilleros 12% será de repuestos de formas especiales 4% será de repuestos de piso por ser muy pesados y voluminosos.

Para el 84% se requieren casilleros metálicos de fabricación normal. Se considera que cada casillero de 90 cm de frente por 221cm de altura por 45 cm de fondo, puede almacenar una cantidad correspondiente a 16800 dólares de refacciones especiales. Por la altura de este casillero se considera que no es necesaria una escalera para alcanzar cualquier pieza.

Se recomienda que los casilleros sean metálicos, desarmables y modificables, para facilitar su aseo.

Las ventajas que se obtiene al utilizar casilleros metálicos son que estos casilleros son fuertes, fáciles de conseguir y son muy modificables lo que facilita su manejo.

Los casilleros para partes voluminosas y pesadas pueden confeccionarse de perfil estructural y/o madera, para que soporten mas peso.

Para movimientos y acomodo de elementos de almacén, serán buenos auxiliares:

- a) Una o dos escaleras de aluminio
- b) Dos o tres carretillas con ruedas de hule (diablos)
- c) Mesa-Carro ligera con ruedas de hule
- d) Si fuera necesario para las refacciones pesadas, garruchas de cadena de ½ ton de capacidad

Combustibles

Numerosas fallas de los motores se deben al uso de combustibles contaminados con impurezas, sobretodo los motores diesel, debido al poco



cuidado que se tiene en su almacenamiento. No solo la humedad incorporada en los combustibles es la causante de los problemas, también lo es el agua que recorre las paredes de los depósitos por condensación de la humedad ambiental, que inevitablemente entra por los respiraderos y aun por tapones que parecen herméticos, debido al vacío interior que se produce por el descenso de temperatura. Por esta razón el combustible debe reposar cuando menos 48 hrs. en cualquier recipiente antes de servirse de él para abastecerse un motor, con lo que se lograra que los sedimentos y el agua que son mas pesados permanezcan en el fondo del tanque. Por la misma razón los depósitos estacionarios deben ser preferentemente cilíndricos, horizontales y se deben montar con su fondo en pendiente de 2.5 a 3 %.

La instalación de tanques sobre la superficie, tiene la ventaja de ser más económica y si esta superficie esta en terreno escalonado, facilitara las actividades de llenado porque se haría por gravedad. En caso de instalaciones subterráneas, vaciado se deberá hacer con una bomba manual de reloj o con una bomba eléctrica, con sus respectivos medidores, en ambos casos los tanques de almacenamiento deberán contar con los elementos siguientes:

Válvula inferior de purga, en la parte más baja. Para drenar periódicamente el agua y sedimentos, o vaciar cuando se haga limpieza interior

Agujero paso-hombres, para cuando se tenga que entrar a efectuar limpieza. Orificio de llenado con cedazo, filtro que puede servir además, para medir el nivel de combustible con una simple varilla (previo retiro del cedazo), en una emergencia.

Indicador de nivel permanente de flotador, eléctrico o mecánico. Bomba de acción rápida de vaciado, que debe tomar el combustible de una altura de 6 a 7 cm del fondo del tanque

Respiradero con tapón para evitar la entrada de agua y polvo mediante un filtro Si es posible techar el lugar, no se debe dudar en hacerlo.

Lubricantes

Una buena lubricación es un factor muy importante en la conservación y rendimiento del equipo de construcción, a lo que generalmente no se le da la importancia que en realidad tiene por lo que es doblemente importante el correcto almacenamiento de este material.

Resulta una economía mal entendida, adquirir lubricantes baratos, o no querer gastar en el correcto almacenaje y manejo de los mismos que siempre se traducen a fin de cuentas en gastos exagerados de mantenimiento. Al igual que los repuestos para una máquina, debe tomarse en cuenta que durante el periodo de garantía que da el fabricante, se usan los lubricantes que este recomienda.



Pasando el periodo de garantía conviene reducir al mínimo el número de lubricantes distintos en uso, con lo que se logran las ventajas siguientes:

- a) Menor espacio requerido para almacenaje
- b) Menor número de elementos para su manejo Simplificar su rotulación, su uso, control de almacén y cartas de lubricación
- c) Evitar errores por parte de los encargados de mantenimiento en la aplicación de lubricantes cuando son muy diversos para aplicaciones similares.

Naturalmente que en esta simplificación el número de lubricantes, es algo muy complicado, por lo que debe intervenir el ingeniero responsable del equipo, auxiliado por el técnico que designe el proveedor, para no caer en la situación de que por querer eliminar un cierto tipo de lubricante, se use otro que no es el indicado y nos pueda ocasionar problemas al equipo.



CAPÍTULO 4 SELECCIÓN Y REEMPLAZO DE EQUIPO

4.1 FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCIÓN DE LA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN

Un problema que frecuentemente se debe enfrentar cuando se planea la construcción de una obra es la selección de la maquinaria mas adecuada. Deberá considerar el dinero gastado en la maquinaria como una inversión que pueda recuperar, con una utilidad, durante la vida útil de la maquinaria. Un contratista no paga la maquinaria de construcción: la maquinaria deberá pagarse a sí misma produciendo más dinero del que cuesta. A no ser que se pueda establecer por adelantado que una unidad de maquinaria producirá mas de lo que cuesta, no deberá comprarse.

Una decisión consiste simplemente en realizar una selección entre dos o más cursos de acción. Desde este punto de vista el problema de selección de equipo es un problema de toma de decisiones. Efectivamente el ingeniero se enfrenta con varias posibilidades de equipo que desde el punto de vista técnico solucionan su problema y debe implementar una de ellas. La mayor parte de las decisiones deben considerar importantemente el aspecto económico. En la selección de equipo prácticamente en todos los casos el objetivo es de carácter económico. Mi objetivo al seleccionar una máquina es disminuir el costo directo, optimizar el tiempo, el rédito de la inversión.

Al analizar un problema de decisiones con objetivo económico nos encontramos que lo que rige es la eficiencia financiera, esto es lo que yo tengo que comparar es la entrada con la salida, pero en unidades monetarias, tengo que revisar lo que invierto contra lo que recupero. Una eficiencia en producción muy grande no esta necesariamente relacionada con una eficiencia financiera optima. Pueden existir circunstancias económicas que compensen niveles más bajos en eficiencia técnica.

La eficiencia financiera o económica debe considerar muchos factores. No es sencillo analizarla.

Toma de decisiones

El ingeniero tiene que planear anticipadamente el equipo a utilizar en el proceso constructivo. Esto lo hace seleccionando varios tipos de máquinas en ciertas combinaciones que el sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño.

Se le presentan varias alternativas, una de las cuales escogerá para la ejecución de su obra. Esto constituye la toma de una decisión. Una toma de



decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Por lo que se puede decir que la selección del equipo es una toma de decisiones.

La toma de decisiones puede realizarse intuitiva o analíticamente. Si se aplica la intuición normalmente se usa lo que ha sucedido en el pasado y aplicando este conocimiento se estima lo que puede suceder en el futuro, con cada una de las vías de acción, y en función de esta apreciación se toma la decisión. La decisión tomada analíticamente consiste en un estudio sistemático y una evaluación cuantitativa del pasado y el futuro y en función de ese estudio se selecciona la vía de acción mas adecuada. Ambos métodos se usan comúnmente en el problema de selección de equipo.

Si queremos hacer la selección de un camino de los muchos que se presentan, y que solucionara el problema tendremos de alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de cómo compararlas ¿en función de que? ¿Cómo valorarías?. El ingeniero deberá determinar un objetivo u objetivos que le servirán par valorar dichas vías de acción.

La labor del ingeniero esta orientada por la economía; es decir tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad.

La valuación de las alternativas en la mayoría de los casos será una valoración económica, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionara la salida. De la comparación de costos-beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basara el ingeniero para tomar una decisión. Por lo que se debe tener conocimiento profundo de los costos y se deberá poder definir tanto los costos físicamente creados por el uso de su alternativa como los derivados de usar la solución propuesta.

La evaluación de alternativas podría tomar la forma de:

$$\text{Eficiencia} = \text{salida} / \text{entrada} = \text{ingreso} / \text{costo}$$

Procedimiento para tomar decisiones

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo, en esta fase se recaba toda la información que nos dé un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valorar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección mas depurada de las distintas soluciones.



En la siguiente fase se analizan todas las posibles soluciones de manera mas profunda. En esta fase es muy importante para escoger las alternativas la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en estos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de esta fase podemos tomar una alternativa que vaya guiada por el objetivo.

Por ultimo se realiza una descripción completa de la selección elegida y su funcionamiento.

Para la correcta selección del equipo en la parte de estudio se debe hacer un análisis tanto cualitativo como cuantitativo, y una vez determinado el equipo a utilizar se debe desarrollar lo siguiente:

1.- Investigación de mercado

Para iniciar esta actividad es necesario el conocimiento de proveedores de equipo, lo cual se logra a través de experiencia, de revistas especializadas, del uso de Internet, de la cámara de la industria y la construcción. Tomando en consideración que una misma marca es distribuida en ocasiones por distintos distribuidores, se deben solicitar cotizaciones, para el equipo que necesitamos, considerando las características previamente establecidas. Las cotizaciones deben ser tanto de la compra como de la posible renta de la maquinaria para tener una visión más amplia a la hora de decidir.

2.- Factores de decisión de la empresa

El tipo de empresa es muy importante al seleccionar el tipo de equipo considerando si la empresa es de tipo generalizado o es una empresa especializada.

Las empresas que realizan trabajos específicos no tienen dificultad en seleccionar su equipo, pero si por circunstancias especiales se ven obligadas a ejecutar labores distintas a su especialidad, y por ello tiene que considerar la adquisición de un nuevo equipo, tendrían que analizar si en la política de la empresa esta la diversificación, si el programa permite una amortización razonable o utilizar los sistemas de renta, renta en opción a compra y/o compra con opción a renta.

Si la empresa realiza actividades generalizadas, la máquina que adquiera, seguramente tendrá uso en el futuro.



La capacidad financiera debe tomarse en cuenta en la selección de equipo. Sin embargo este factor no debe analizarse en forma aislada ya que está íntimamente ligado con la política de la empresa y con las condiciones de pago.

Si la capacidad financiera de la empresa no permite cubrir las condiciones impuestas por el proveedor, probablemente tendrá que optar por otra solución que puede ser la de adquirir otra máquina de distintas especificaciones y desde luego de distintas condiciones de pago o tal vez renunciar a la adquisición de equipo y decidirse por renta, con el correspondiente ajuste de costo y programas a realizar.

En muchas ocasiones la selección de equipo no se determina únicamente por la necesidad inmediata; sino por política de empresa y proyección de la misma y se selecciona y adquiere el equipo que cubrirá las necesidades de futuros programas.

La experiencia que cada empresa tiene respecto a una máquina determinada o una marca, o a los servicios que proporciona determinado proveedor es un dato valioso para seleccionar el equipo que vamos a adquirir.

En muchos casos tenemos que decidimos por un equipo del cual nuestra empresa no tiene experiencia y debemos entonces basarnos en las experiencias de otras empresas.

Si por selección de costo directo nos inclinamos la adquisición de un equipo poco experimentado, debemos estudiar este caso con mucho cuidado, tomando informes de otras empresas y de publicaciones que muestren experiencias en otras obras tanto nacionales como internacionales. Recuerde que no es conveniente que la empresa se utilice como conejillo de indias.

Esto no quiere decir que nuestra política se cierra a los cambios tecnológicos, y es recomendable mantenerse al día de las innovaciones de equipo a través de literatura especializada, cursos que impartan los distribuidores y fabricantes y asistir a las demostraciones que de estos equipos se realizan con frecuencia a nivel nacional e internacional.

Factores específicos en el equipo

No necesariamente la marca es determinante para seleccionar un equipo, una marca conocida y probada internacionalmente puede no ser la ideal, por no tener distribuidor, por carecer de soporte de servicio y refacciones, por precio.



Hablando de distribuidor se tiene que hablar de soporte de servicio y refacciones, ya que el distribuidor no es la persona que únicamente nos factura; el verdadero distribuidor es el que nos da servicio, y servicio es atención desde las cotizaciones, puesta en marcha de la máquina, cursos de capacitación, actualización de equipo, capacitación de mecánicos, surtido ágil de refacciones, asesoría en el uso del equipo, mas que una persona extraña a la empresa, es parte de la empresa.

El precio económico de la máquina no es el precio de adquisición sino el resultado de considerar el costo de adquisición, el costo de operación, el costo de mantenimiento, el precio de reventa, el rendimiento y la continuidad. El costo de adquisición se encuentra compuesto por el costo de compra, considerando financiamiento, fletes, derechos, impuestos, gastos aduanales. El costo de operación no es solamente el salario que se le paga al operador de acuerdo con un tabulador, sino que en muchas ocasiones hay que contratar personal altamente calificado para que los equipos den el rendimiento esperado con lo que el costo por operación se eleva. El costo de mantenimiento es la valorización del costo de oportunidad de refacciones, el costo de mantenimientos programados o de corrección, el costo de talleres, mecánicos. El precio de reventa es que se debe considerar que a la finalización del empleo del equipo cuales serán las posibilidades o facilidades de reventa del equipo y que tanto se habrá devaluado este. La continuidad es la disponibilidad de la maquinaria sin interrupciones constantes o prolongadas

Nunca se puede dar el lujo de ser propietario de todos los tipos y tamaños de maquinaria que pueda emplear en la clase de trabajo que ejecuta. Podrá ser posible determinar la clase y tamaño de maquinaria que parezca ser la mas adecuada para un proyecto dado, pero esta información por si misma no justificara necesariamente la compra del equipo. Posiblemente el proyecto en consideración no sea lo suficientemente grande para justificar la compra, ya que no podrá recuperarse el costo antes de la terminación de la construcción del proyecto y puede no ser posible vender el equipo a un precio razonable al terminar la obra. Al ser el dueño de determinado tipo de maquinaria, debe considerarse la posible depreciación mayor del equipo propuesto y la incertidumbre de que se pueda emplearse en obras futuras, puede llegar a ser mas caro el equipo que aparentemente es ideal que el equipo del que ahora es dueño el constructor.

Quando quiera que una unidad de máquina se pague a si misma en un trabajo en el cual se tiene la certidumbre que va a llevar a cabo un buen negocio él comprarla se puede justificar de diferentes maneras. Por ejemplo si una unidad de maquinaria cuesta \$25000.00 Dis pero con ella se ahorran \$50000.00 Dis en una obra, esta justificado él comprarla, independientemente de las perspectivas que haya de emplearla en otras obras o de las perspectivas de venderlas a un precio favorable al terminar la obra.



Generalmente existen dos tipos de equipo el estándar (general) y el especial, no existe una manera establecida para definirlos por lo general el constructor establece que equipo es considerado como estándar y cual como especial, muchas veces lo hace basándose en el número de horas, otras en lo fácil que es encontrarlo en el mercado dependiendo la cantidad en que se fabrique ya que hay equipos que solo se elaboran bajo pedido.

Se debe tratar de que la mayoría de las adquisiciones sean de equipo estándar a no ser que el proyecto en particular justifique de manera definida la compra de equipo especial. El equipo estándar es más fácil de conseguir y la entrega es en menor tiempo, este tipo de equipo puede ser empleado económicamente en mas de una obra y sus refacciones son más sencillas y rápidas de conseguir, además si ya no es de utilidad el equipo estándar es más sencillo de venderse.

Los equipos especiales por su parte se fabrican generalmente para ser empleados en una sola obra o para un tipo de operación en particular. Este tipo de equipo puede no ser adecuado o económico para ser empleado en otra obra. Por ejemplo una pala mecánica de 50 yd cu de capacidad que se emplea para remover el escombros en las minas de carbón a cielo abierto. Otro ejemplo puede ser el afinador de taludes de canal, esta máquina se utiliza para el emparejado de fondo y de los lados de un canal de tierra, antes de colocar la membrana impermeable.

Un aspecto que puede pasar por alto un posible comprador de maquinaria es la facilidad y rapidez con que puedan conseguirse las refacciones. Todos los equipos están sujetos a fallas de alguno de sus componentes, y cuando este componente no se tiene en almacén y la obtención del mismo no es sencilla puede mantener parada toda una obra, repercutiendo a sí en grandes costos por inactividad y retraso en la obra. Por lo que antes de comprar una maquinaria el comprador debe determinar el lugar donde pueda obtener las refacciones, y si son difíciles de conseguir prever una posible necesidad de cambio de algunas piezas de mayor desgaste y adquirirlas antes de que ocurra para estar preparado para una posible eventualidad, o muchas veces comprar un equipo mas común aunque este no nos de los resultados tan satisfactoriamente como el especial.



El Costo de ser propietario y de operar equipo se puede determinar mediante varios métodos. Ningún método conocido proporcionara costos exactos para todas las condiciones de operación. Cuando mucho la estimación es solamente una buena aproximación del costo real. Los registros cuidadosamente llevados previamente de los equipos deberán proporcionar datos que pueden utilizarse como una guía para la máquina en particular. Pero no hay ninguna seguridad de que los equipos semejantes tengan una experiencia de costo semejante, especialmente si se utiliza en condiciones diferentes de operación. Los factores que afectan el costo de ser propietario de un equipo incluyen el costo del equipo entregado al dueño, la severidad de las condiciones de trabajo, el número de horas que se utiliza por año el número de años que se utiliza, el cuidado con que se mantiene y repara el dueño y la demanda del equipo usado que exista cuando se venda, que afectara en el valor de rescate.

Cuando sea necesario estimar el costo de ser propietario y de operar un equipo antes de comprarlo no habrá registros disponibles de costos basados en comportamientos anteriores. Los costos que deben tomarse en cuenta son depreciaciones, el mantenimiento, las reparaciones el interés del capital, la lubricación y el combustible.

Cuando se pone en operación una unidad de maquinaria comienza a desgastarse. Independientemente del cuidado con que se mantenga y repare, el equipo a final de cuentas se desgastara o será obsoleto y deberá ser reemplazado; esta pérdida de valor es conocida como depreciación. El dueño de la maquinaria deberá proporcionar un fondo de reserva para reemplazar la máquina cuando esta se haya acabado. El método más común para determinar el costo de la depreciación es el de suponer una vida útil de la máquina, expresada en años, horas o unidades de producción. Si el costo de la máquina se divide entre su vida útil estimada el resultado será la depreciación anual, diaria, horaria o por unidad producción. La vida útil estimada de la mayoría de las máquinas de uso común es de 10,000 horas efectivas de trabajo.

Un constructor que no incluya en su estimación una tolerancia apropiada para la depreciación de sus equipos se encontrará con que se habrá acabado su maquinaria y que no tiene fondos con que reemplazarla. La cantidad cobrada por depreciación no debe considerarse como utilidad.

El costo del mantenimiento y las reparaciones varia considerablemente con cada tipo de maquinaria con el servicio al cual este asignada y con el cuidado que reciba. Si un balero se engrasa y se ajusta a intervalos frecuentes su vida será mucho más larga que si se descuida.

El costo del mantenimiento y las reparaciones puede expresarse como un porcentaje del costo de depreciación anual o puede expresarse



independientemente de la depreciación. En cualquier caso deberá ser lo suficientemente grande para cubrir el costo necesario para mantener el equipo en operación. El costo anual de mantenimiento en términos generales puede considerarse entre el 80 y 120 % del costo de depreciación anual dependiendo el tipo de maquinaria

Cuesta dinero el ser propietario de maquinaria independientemente de la cantidad de horas que esta se use, estos costos que con frecuencia se clasifican como costos de inversión incluyen el interés del dinero invertido, los impuestos de todo tipo que se fijan contra el equipo, los seguros y el almacenamiento. Las cantidades de cada uno de estos puntos varían entre los diferentes propietarios.

Existen varias maneras de determinar el costo del interés que se paga sobre dinero invertido en la maquinaria. Aunque el dueño pague la maquinaria en efectivo deberá cobrar un interés por la inversión ya que el dinero invertido en la maquinaria podría invertirse en alguna otra cosa que le redituara un interés al dueño la posibilidad de ganarla algún interés al dinero se le ha escapado al dueño cuando gasta su dinero en la adquisición de equipos.

Algunos propietarios cobran alguna cantidad fija de interés contra el costo total de adquisición del equipo durante cada año. Este método da un costo de interés anual que es mas alto de lo que debiera ser. Por cada año que se use el equipo el dueño debe deducir de sus utilidades una cantidad igual al costo de reparación anual. Como el dueño se queda con este dinero se reduce su inversión neta en el equipo. Una vez que se ha usado el equipo durante el periodo de depreciación estimado, el propietario habrá recobrado su inversión inicial a través de la reserva para la depreciación. De cualquier manera el interés que se cobre deberá estar basado en un valor real del equipo en vez de estar basado en su costo original.

El costo medio anual de interés debe estar basado en el valor medio del equipo durante su vida útil este valor puede obtenerse estableciendo un programa de valores para el principio de cada uno de los años durante los cuales va a utilizarse el equipo. Una formula que dará el valor medio de una máquina como porcentaje del costo original es:

$$\text{Valor medio} = ((1+n) \times 100) / 2n = \% \text{ del costo original}$$

Donde n es el número de años en el periodo de depreciación. En la siguiente tabla esta el programa de valores medios para maquinaria para varios años de vida útil



Tabla 4.1

VALOR MEDIO DEL EQUIPO	
VIDA ESTIMADA EN AÑOS	VALOR MEDIO COMO % DEL COSTO ORIGINAL
2	75
3	66.67
4	62.50
5	60.00
6	58.33
7	57.14
8	56.25
9	55.55
10	55.00
11	54.54
12	54.17

Los seguros y los impuestos usualmente se pagan sobre el valor depreciado de la maquinaria. Por lo tanto esta bien usar un valor medio de la máquina al determinar el costo anual de los seguros y los impuestos.

Comúnmente se acostumbra cambiar los costos de interés sobre el capital, seguros, impuestos y almacenamiento y estimarlos como un porcentaje fijo de la inversión media en el equipo. Algunos censos hechos indican una razón combinada de 10 %, incluyendo interés al 6 % y seguros, impuestos y almacenamiento al 4 %.

La maquinaria de construcción impulsada por motores de combustión interna requieren combustible y aceite lubricante que debe de considerarse como un costo de operación. Aun que las cantidades consumidas y el costo unitario de cada uno serán diferentes de acuerdo con el tipo de maquinaria, con las condiciones en que se utilice, con el lugar, es posible estimar el costo de una precisión razonable en una obra dada.

La persona que sea responsable de la selección de la maquinaria debe estimar las condiciones bajo las cuales tenga que operar el equipo. Existen cuando menos dos condiciones que le serán aplicables a la mayoría de las obras, las cantidades tiempo durante el cual la máquina este operando a toda su potencia todo el tiempo, y el tiempo actual que trabajara la unidad en una hora o en un día.



Mientras que el motor en una pieza de maquinaria puede ser capaz de desarrollar un caballaje dado cuando este operando a potencia máxima, es bueno saber que usualmente no se requerirá la potencia máxima durante todo el tiempo de operación.

Como la cantidad consumida de combustible depende de la potencia media proporcionada es necesario estimar la potencia media que se le requerirá al motor. Esto puede expresarse como porcentaje de la potencia máxima. En la mayoría de la maquinaria para construcción la potencia media varia del 50 al 90 % de la potencia máxima.

Otro factor que afectara la cantidad de combustible consumido será la cantidad de tiempo que en realidad trabaje el equipo. En la mayoría de las obras existirán demoras, interrupciones que eviten que el equipo pueda operar continuamente. El tiempo estimado que trabaja una máquina en una hora es de 45 a 55 minutos.

Un motor de gasolina consumirá aproximadamente 0.06 Gal. de combustible por caballo de potencia por hora. Esta cantidad esta sujeta a variaciones con la altura sobre el nivel del mar, con la temperatura y con las condiciones climáticas. La potencia de un motor de gasolina disminuirá aproximadamente 3 por ciento de su potencia indicada por cada 1000 ft de altura sobre el nivel del mar.

Un motor diesel consumirá aproximadamente .04 Gal. de combustible por caballo de potencia por hora. La potencia de un motor diesel de 4 ciclos disminuirá como en un tres por ciento y el de un motor de dos ciclos como en un uno por ciento, por cada 1000 ft de altura sobre el nivel del mar.

La cantidad de aceite lubricante que utiliza un motor será diferente con el tamaño de la máquina, con la capacidad del cárter, con las condiciones de los anillos de los pistones, y con el numero de horas entre cambios de aceite. Para operaciones donde las condiciones sean extremadamente polvosas puede ser aconsejable cambiar el aceite cada 50 hrs., pero esta es una condición poco usual. Comúnmente se acostumbra cambiar el aceite cada entre 100 a 200 hrs. La cantidad de aceite consumido por un motor por cambio incluirá la cantidad que se agrega entre los cambios mas la cantidad que se requiere para el cambio mismo.



La siguiente formula puede estimar la cantidad de aceite requerida:

$$q = ((hp \times 0.6 \times .006 \text{ lb. por hp-hr.} / 7.4 \text{ lb. por gal}) + (c/t))$$

q= cantidad consumida, gph
hp= potencia indicada del motor
c= capacidad del cárter, gal
t= numero de horas entre cambios

La fórmula anterior esta basada en un factor de operación del 60 %

Cuando se compran equipos de construcción nuevos están en buenas condiciones físicas. A medida que se van usando, muchas de sus partes están sujetas a diferentes condiciones de desgaste. Aun que un cuidadoso mantenimiento reducirá la rapidez del desgaste, algunas partes fallaran y tendrán que ser reemplazadas, usualmente con mayor rapidez a medida que se alarga la vida del equipo. Los costos de mantenimiento y reparaciones pueden agruparse en dos clasificaciones, reparaciones menores, que se hacen a medida que se van necesitando y reparaciones mayores tales como la reparación total de una unidad. Si se llevan registros de los costos de operación de los equipos, en ultimo análisis revelara que después que se halla utilizado el equipo durante un cierto tiempo el costo por hora para continuar la operación de los mismos será mayor que el costo horario medio hasta el momento. Cuando se halla establecido que el futuro costo horario de posesión y operación de los equipos será mayor que el costo horario de operación previa, el equipo ha llegado al final de su vida económica y deberá disponerse de él. Es entonces mas barato sustituir el equipo viejo con equipo nuevo.

En conclusión para la selección adecuada de un equipo se deben tomar en cuenta varios aspectos como tipo de equipo a utilizar (especial o estándar), accesibilidad de obtención de refacciones, depreciación, costo de inversión, costos de operación, vida económica, se debe hacer un adecuado análisis de todos los factores que intervengan o vayan a intervenir en los procesos para hacer la mejor elección y obtener los mejores beneficios.

4.2 REEMPLAZO DE EQUIPO

Problemas de estandarización

Para hacer análisis de reemplazo se debe contar con que la información proveniente de cada una de las máquinas sea homogénea.

Datos obtenidos con criterios diferentes distorsionan los resultados y llevan a decisiones incorrectas.



Básicamente lo que hay que cuidar es definir cada costo (o elemento para el análisis) lo mas claramente posible, y vigilar su correcta determinación.

A la hora de querer hacer análisis de costos, independientes del análisis de reemplazo, por si solos justifican el esfuerzo de estandarizar criterios.

Por mucho tiempo se ha supuesto, que es económicamente conveniente la estandarización del equipo de construcción pesada.

La estandarización de la información se facilita con la estandarización del equipo.

La utilización de diferentes clases de equipos tiende a incrementar tiempos perdidos a disminuir producción.

Adicionalmente a la estandarización de la información se tienen ciertas ventajas como son:

- a) Conocimiento del equipo por operadores
- b) Conocimiento del equipo por personal mecánico
- c) Refacciones disponibles y conjuntos
- d) Mejoramiento de las técnicas de mantenimiento, Predictivo y Preventivo.

Por estandarización no se debe entender necesariamente trabajar con una sola marca, sino estandarizar motores, transmisiones, componentes y conjuntos de un mismo tipo o línea.

Se pueden representar ciertas dificultades por el hecho de no estandarizar:

Inflexibilidad.

Utilización de capacidad no necesariamente adecuada:

Rendimiento dudoso en trabajos de gran volumen, que puede ser mejorado ventajosamente con otro equipo. Al contrario capacidad sobrada que implica una gran inversión pudiendo utilizar un equipo más sencillo y más económico.

Aunque el hecho de la estandarización en ocasiones también acarrea desventajas:

Dependencia.- Al estandarizar se corre el riesgo de depender de una sola marca, fabricante o proveedor y puede ocasionar consecuencias negativas en fallas por falta de refacciones.



También puede suceder que el proveedor abuse con el tiempo imponiendo precios y condiciones de pago; así como un descuido en la asistencia técnica por la confiabilidad de vender el producto.

Para la estandarización de criterios es conveniente estandarizar los reportes.

El reporte directo de la máquina es su bitácora, donde se anotan horas trabajadas, horas ociosas y mantenimiento día con día.

La bitácora sirve también para ir anotando el costo de cada uno de los conceptos relacionados con la máquina

Como son:

- a) Operación
- b) Consumos (combustibles y Lubricantes)
- c) Mantenimiento (Preventivo y Correctivo)
- d) Rentas
- e) Llantas
- f) Taller mecánico

Al almacén de la obra puede reportar información de refacciones utilizadas y frecuencia.

El superintendente puede informar producción alcanzada, pues en sentido estricto el análisis de reemplazo debería guiarse por el "costo mínimo por producción".

Algunos reportes útiles pueden ser:

- a) Reporte de Operador (Diario)
- b) Horas trabajadas
- c) Tiempos perdidos (causas)
- d) Fallas presentadas
- e) Trabajo realizado
- f) Frente de trabajo

Por su parte el personal de mantenimiento y programación de servicios podría utilizar.

- a) Programa de servicio semanal
- b) Reporte diario de trabajo personal mecánico
- c) Reporte de consumo personal de mantenimiento
- d) (Control de costos), combustibles, etc. (Costos por consumos).
- e) Bitácoras

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



- a. Características de la máquina
- b. Control de servicio (cubre un año completo)
- c. Control general de horas (por mes)
- d. Horas de servicio 100, 500, 1000 horas, (revisiones periódicas).
- e. Control mensual (horas trabajadas, tiempos perdidos, observaciones).

Costos de equipo

Conceptos y determinación del costo

Los costos de equipo se dividen en los siguientes conceptos:

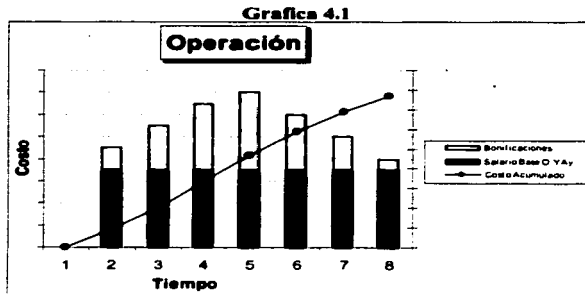
- a) Operación
- b) Consumos
- c) Mantenimiento
- d) Rentas
- e) Llantas
- f) Taller mecánico

El costo del taller mecánico se divide a su vez en:

- a) Mano de obra
- b) Equipo auxiliar
- c) Mantenimiento

Operación

Costo total derivado de las erogaciones que se hacen por concepto de pago de salarios al personal encargado de la operación de las máquinas.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Se determina sobre la base de la lista de raya identificando a los operadores y ayudantes, directamente encargados de la máquina o grupo de máquinas, cuantificándose a partir del costo total que para la empresa representa la labor de ese trabajador.

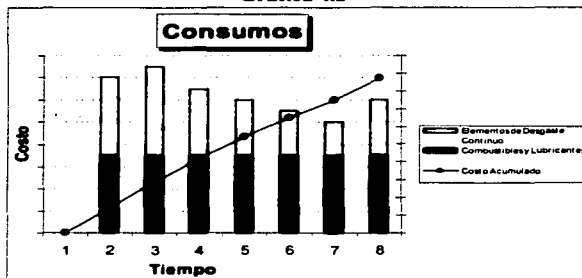
Consumos

Cargos originados por:

Combustibles o cualquier otra fuente de energía, elementos filtros y lubricantes en general

Elementos de desgaste de sustitución frecuente, como: cuchillas, gavilanes, tornillos y tuercas para los mismos, dientes para botes y para escarificadores, cable de acero, muelas entre otros.

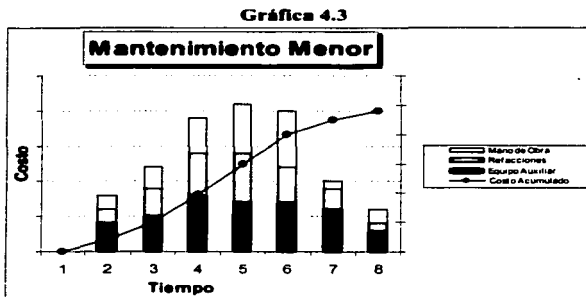
Gráfica 4.2



Se determinan sobre la base del reporte de cargos que el almacén mensualmente acumula en los vales de salida, que nos indican básicamente la descripción de la pieza, No. de parte, No. Eco. De la máquina, en que se va a usar y el cargo de acuerdo con, los conceptos de costos y el catálogo de cuentas de la obra.

Mantenimiento menor

Costos ocasionados por materiales, refacciones, mano de obra y equipo auxiliar, necesarios para llevar a cabo todas las operaciones de rutina, servicios y mantenimiento que se requieren para conservar en condiciones de trabajo a las máquinas durante su vida útil y que no este considerados en el punto anterior.



Se determina en la misma forma que los consumos, debe tenerse especial cuidado en la formulación de los vales de salida de almacén para evitar errores de cargos.

Rentas

Formado de los conceptos de:

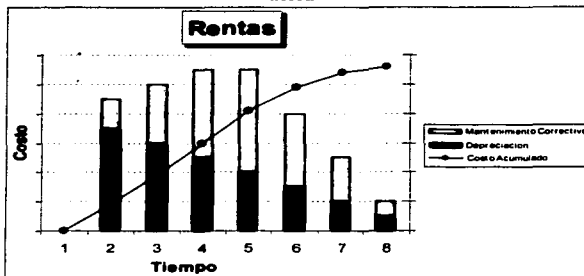
Mantenimiento correctivo

Depreciación (Incluye- inversión y obsolescencia y reposición)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Gráfica 4.4



Se determinan con el cargo de rentas que oficina matriz, envía mensualmente a todas las obras, sobre la base de las horas reportadas para cada equipo mayor y sobre la base del equipo menor y vehículos existentes en algún lugar inventario físico.

Llantas

Costos integrados por dos conceptos: (amortización y operación).

Amortización (llantas)

Cargo por la disminución del valor original de las llantas, como consecuencia del uso.

$$\text{Amortización horaria} = \frac{\text{Valor de la adquisición}}{\text{Vida económica de la Llanta en horas.}}$$

Costo de operación (llantas)

Cargo por el valor de cámaras, válvulas, corbatas, tapones, sellos, birlos para masas de ruedas y todas las refacciones, materiales y equipo auxiliar necesario para hacer las reparaciones de las llantas.

El valor de las llantas de equipo mayor se carga íntegramente a la primera obra donde se envía el equipo.

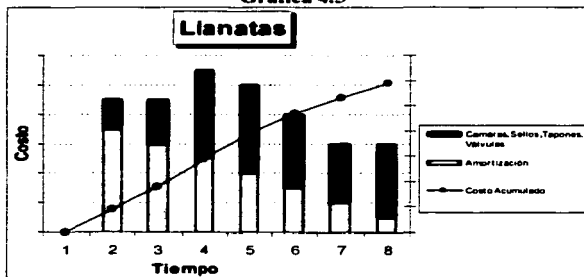


Es importante al recibir las máquinas, formular de inmediato el avalúo de las llantas de la obra remitente. La obra debe comenzar a crear un pasivo de acuerdo con el valor del avalúo de llantas y de acuerdo a las horas que trabaje.

Para la elaboración del avalúo de llantas se anexa la tabla de conversión de medida de llantas.

Se determina este costo total por llantas de acuerdo con el reporte de las horas trabajadas mensualmente por cada equipo mayor y agregándose los costos de operación que reciben como cargos en las pólizas del almacén que contabiliza los vales de salida correspondientes.

Gráfica 4.5



Taller mecánico

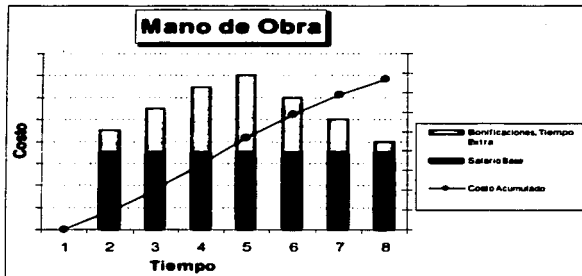
El costo del taller mecánico se divide a su vez en: mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento.

Mano de obra (taller mecánico)

Se determina en la misma forma que el costo de operación, se incluye en este concepto al personal que trabaja en el taller de maquinaria de la obra y cuyo sueldo no puede cargarse directamente a ninguna máquina, se incluye en este costo todos los tiempos y extras y las bonificaciones, se exceptúan los gastos generales, como son salarios de ingenieros mecánicos y auxiliares de maquinaria.



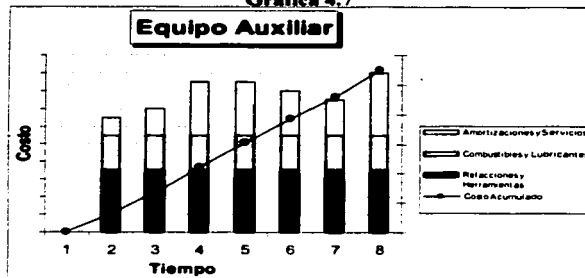
Gráfica 4.6



Equipo auxiliar y herramientas (taller mecánico)

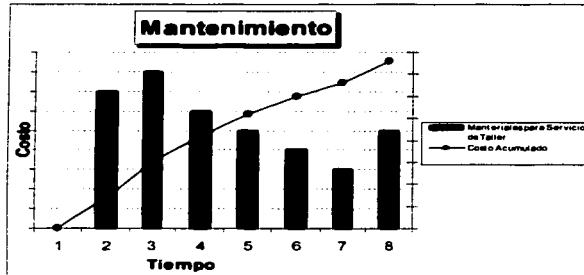
Costo originado por la renta de equipo auxiliar, refacciones materiales, combustibles y lubricantes necesarios para mantener en condiciones de trabajo el equipo auxiliar y vehículos al servicio del taller mecánico. Se considera también en esta parte el costo ocasionado por la amortización de la herramienta al servicio del taller.

Gráfica 4.7



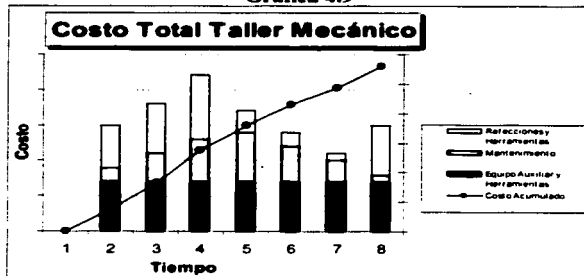
**Mantenimiento (taller mecánico)**

Costo de materiales que no puedan cargarse directamente a una máquina o grupo de máquinas.

Gráfica 4.8

Se obtiene del reporte de consumos de materiales utilizados por el taller de la obra, que no pueden identificarse directamente con ninguna máquina.

Costo total – taller mecánico

Gráfica 4.9



Prorrateo del costo del taller mecánico

El costo indirecto del taller mecánico, suma de los tres conceptos anteriores, debe prorratearse entre el equipo mayor, menor y vehículos en forma siguiente:

- a) Tomando como base de prorrateo el porcentaje del personal del taller mecánico que se encuentra al servicio de equipo menor y vehículos, se divide el costo total en dos partes, una correspondiente a todo el equipo menor y vehículos y la restante a todo el equipo mayor.
- b) El costo aplicable a equipo mayor y vehículos se prorratea entre los grupos de unidades utilizando como base la tarifa mensual de renta de cada grupo, como porcentaje de la suma de tarifas mensuales del equipo menor y vehículos.
- c) El costo aplicable a equipo mayor se prorratea entre cada máquina, tomando como base la tarifa de renta base, se divide la tarifa horaria de cada máquina, entre la suma de las tarifas de todas las máquinas mayores para obtener el factor que le corresponde a cada máquina. Este factor se multiplica por el costo aplicable de equipo de mayor, obteniendo el costo mensual que por concepto de taller mecánico le corresponde a cada máquina.

La utilización económica del equipo de construcción depende en gran parte de su reemplazo en el momento económicamente conveniente.

Los costos tratados anteriormente a nivel de obra como operación, consumos, mantenimiento, rentas, llantas y taller mecánico se integran a los costos que se llevan en la empresa para efectos de análisis de reemplazo de equipo, políticas de precios, eficiencia, selección de equipos.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**



Costos a nivel de obra

Operación

Consumos

Mantenimiento (preventivo)

Liantas

Taller Mecánico

Rentas

Costos a nivel empresa

Costo

de

Mantenimiento

Total

Mantenimiento correctivo

Depreciación

Costo de capital

Innovaciones Tecnológicas

Equipo improductivo parado

DEPRECIACIÓN

INVERSIÓN

OBSOLESCENCIA

MÁQUINA PARADA

Es decir que la información antes desglosada que nos envía la obra se computa para efectos de análisis de reemplazo de equipo en los siguientes factores que inciden en forma directa.

- a) Depreciación real.- Valores de rescate, comerciales reales.
- b) Máquina parada.- Valores comerciales de venta.
- c) Inversión.- Costo de capital, tasa de intereses. Actualización del dinero
- d) Mantenimiento.- Integrado por todos los conceptos de operación, consumos, liantas, taller mecánico, mantenimiento *menor* o preventivo y mantenimiento mayor o correctivo.
- e) Obsolescencia.- Innovaciones tecnológicas.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Depreciación

Se determina en función de la depreciación que se obtiene de restar al valor de reposición (o valor adquisitivo), el valor de rescate correspondiente y dividiendo este resultado entre el número de horas acumuladas trabajadas por periodos.

El valor de reposición se puede calcular incrementando el valor de adquisición original del 5% al 15% por año o un porcentaje mayor dependiendo de las condiciones de mercado existentes en el sistema de precios.

La ley del impuesto sobre la renta (LISR) establece que los valores de depreciación de la maquinaria y equipo podrán ser deducidos en los ejercicios fiscales de acuerdo a los porcentajes que esta establece (ver artículos 37 al 41 de esa ley). Ejemplo: para automóviles, autobuses, camiones de carga, tractocamiones y remolques establece el 25%, en la industria de la construcción; en actividades de agricultura, ganadería silvicultura y pesca 25% (datos obtenidos de la LISR revisión 200).

Máquina parada

Tiempos de máquina parada (Tiempos muertos)

En términos generales se considera que la eficiencia de un equipo no es del 100% y existe una regla empírica de considerar un 3% de diferencia para los 3 primeros años y después un incremento de 2% durante 6 años. Es decir:

Tabla 4.2

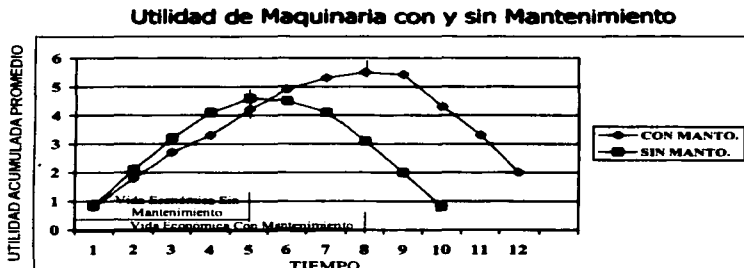
	1er. año	2do. año	3er. año	4º. año	5º. Año
Disponibilidad	97%	94%	92%	90%	88%

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Un equipo debe tener una disponibilidad mayor al 90%, si el equipo es antiguo se permite una disponibilidad no menor al 80% si el equipo se encuentra fuera de estos parámetros es mejor reemplazarlo.

Gráfica 4.10



El costo de máquina parada se calcula multiplicando las horas no trabajadas por el costo de rentar una hora un equipo similar equivalente.

Se acumulan los costos y se dividen entre las horas acumuladas por el periodo de tiempo

Muchas veces el tener equipo parado es mucho más costoso que el costo de un equipo rentado, "por lo que se deja de producir", pero para efectos de estandarizar criterios así lo consideramos siempre.

El costo por tiempo o máquina parada aconseja tomar medidas correctivas de urgencia, pues es muy significativo su incremento con el tiempo. Si es por descomposturas es obvio que se tiene que sustituir el equipo pronto con un adecuado criterio de selección y reemplazo simultáneamente para no crear por costumbre en utilizar equipos obsoletos e inadecuados.

Inversión

Costo de inversión

Se interpreta como el costo de capital, es decir que es el cargo equivalente a los intereses y a los impuestos que ocasiona el capital invertido en la compra del equipo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Mantenimiento

El costo de mantenimiento es uno de los costos más significativos, este se divide en mantenimiento preventivo (menor) y mantenimiento correctivo (o mayor).

El mantenimiento preventivo corresponde a los gastos ocasionados en reparaciones menores y en mantenimiento como su nombre lo indica para conservar en condiciones de trabajo la máquina durante su vida útil sin necesidad de interrumpir gravosamente su ritmo de trabajo, (materiales, refacciones, mano de obra, equipo auxiliar, etc.)

El mantenimiento correctivo o mayor corresponde a las erogaciones por concepto de reparación general en las que es determinante desarmar totalmente y dejar al equipo nuevamente en condiciones de trabajo que hay que prever con equipo alternativo.

El costo total de mantenimiento es la suma de los dos anteriores y se calcula sobre la base de los reportes de almacén de refacciones de almacén de refacciones y materiales más la mano de obra.

El costo acumulado de mantenimiento entre las horas trabajadas acumuladas nos determina el costo de mantenimiento hora promedio acumulada. Este costo siendo el más significativo es muy importante vigilarlo pues su correcta interpretación repercute considerablemente en el rendimiento, eficiencia, producción, rentabilidad, vida útil, máquina parada; es sin duda un renglón a desarrollar con alta técnica y control por los beneficios que representa.

Existen otras divisiones del mantenimiento, que son conceptos que no hemos considerado para el costo de mantenimiento como el mantenimiento predictivo y el mantenimiento de reconstrucción, estos no están incluidos en los conceptos antes mencionados por ser casos particulares que se integran en otros estudios.

Obsolescencia

Se considera el efecto que producen las innovaciones tecnológicas, es decir la capacidad de producción que pueden tener los equipos con las mejoras de diseños.

La capacidad productiva del equipo aumenta en términos generales un promedio del 5% anual, este aumento no es necesariamente una curva suave sino que puede aumentar abruptamente con la introducción de un nuevo modelo.



Basándonos en este momento de potencial de producción del 5% anual, vamos a considerar conservadoramente que se introduce solamente un nuevo modelo del equipo en cuestión cada tres años con un 15% de aumento en el potencial productivo.

Las horas adicionales de operación requeridas con el equipo obsoleto para producir lo mismo que la máquina nueva es lo que se considera como costo de obsolescencia.

Los efectos adversos del equipo obsoleto (anticuado), son determinantes los costos se incrementan al no actualizar el equipo por este concepto.

Otros conceptos implícitos en los factores a utilizar son:

Vida económica, el periodo desde la fecha en que comienza a trabajar el equipo, o a presentar un servicio determinado hasta la fecha en que es retirado de ese tipo de trabajo o servicio.

La vida económica útil debe estimarse como el periodo de servicio, para el cual el costo anual todavía es mínimo, es decir que la decisión de reemplazo es el resultado de saber que un equipo nuevo equivalente daría costos más bajos, (incluyendo inversión).

Costo de reposición: Concepto a veces utilizado para determinar el valor de rescate comercial real en costo de depreciación, tiene que ver con la variación del precio en el tiempo de un equipo equivalente.

Depreciación Real vs. Depreciación Fiscal o Contable

Además existen otros costos o cargos que no son precisamente de equipo aunque en algunos casos si se pueden considerar: seguros, transportes y almacenaje.

Cargos por Seguros: Es el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica, por accidentes que puede sufrir, este cargo existe tanto en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (auto-aseguramiento).

Cargo por almacenaje: Es el derivado de las erogaciones necesarias para la guardia y la vigilancia de la maquinaria durante sus periodos de inactividad, dentro de su vida económica, incluye toda su vida económica, incluye todos los gastos que se realizan por ese motivo como son: la renta o amortización y



mantenimiento de las bodegas o patios de guardia y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

Cargo por transporte: En términos generales, el transporte de la maquinaria se considera como cargo indirecto, pero cuando se conviene a juicio de la dependencia, podrá tomarse en cuenta dentro de los cargos directos, o como un concepto de trabajo específico.

4.3 CASO PRÁCTICO

Metodología y ejemplos

Método de comparación simple

Este método se utiliza cuando se encuentra uno frente a la alternativa de invertir una cantidad importante en mantenimiento *correctivo* para que una máquina siga trabajando o de venderla y adquirir una nueva que ejecute el trabajo.

Ejemplo:

Duración del trabajo a ejecutar:

Un año

Datos de la Máquina Usada:

Valor del mantenimiento mayor:

\$153,300 dls

Mantenimiento preventivo mensual:

\$ 4,880 dls

Valor del rescate actual:

\$150,000 dls

Valor de rescate al final del trabajo:

\$100,000 dls

Datos de la máquina nueva:

Valor de adquisición:

\$613,195 dls

Mantenimiento preventivo mensual:

\$ 2,500 dls

Valor de rescate al final del trabajo:

\$300,000 dls

Alternativas de conservar máquina usada:

$$\text{CMU} = 153,300 + 4,880 \times 12 - 100,000$$

$$= 153,300 + 58,560 - 100,000$$

$$\text{CMU} = 111,860$$

Alternativas de adquirir máquina nueva:

$$\text{CMN} = (613,195 - 150,000) + 2,500 \times 12 - 300,000$$

$$= 463,195 + 30,000 - 300,000$$

$$\text{CMN} = 193,195$$

CMU= Costo mantenimiento maquinaria usada



CMN= Costo mantenimiento maquinaria nueva

La alternativa de conservar la máquina usada tiene costo menor y por lo tanto es económicamente más adecuada.

Método de los costos actualizados

El problema para cualquier equipo que consideremos se puede resumir por la siguiente pregunta: ¿en qué momento hay que reemplazar el equipo?

Tres ejemplos de soluciones serán explicados, los dos primeros serán una presentación simplificada del método; el tercer ejemplo será mas completo tomando en cuenta muy particularmente los efectos de la actualización.

Primer ejemplo:

Un constructor compra una excavadora hidráulica caterpillar 320L nueva cuyo valor es de \$182,860 dls, se quiere saber cual es el tiempo óptimo de reposición de este equipo, es decir, al cabo de cuantos años hay que venderlo para comprar uno nuevo.

Los datos necesarios son:

- a) El ritmo de depreciación del equipo, este ritmo se aplica no solo por la amortización contable o fiscal sino también por el valor real de reventa o rescate, al cabo de un año, dos años,... n años. (Costo de depreciación). En este caso supondremos que este valor de reventa es de:

\$ 155,431 dls al cabo de 1 año
\$ 137,145 dls al cabo de 2 años
\$ 121,907 dls al cabo de 3 años
\$ 114,288 dls al cabo de 4 años
\$ 109,716 dls al cabo de 5 años
\$ 106,059 dls al cabo de 6 años

Estos \$106,059 dls son válidos para cualquier año después del 5º, y estos representan el valor de rescate en cualquier momento. (Último valor de rescate o precio de canje).

- b) Los costos de mantenimiento y de explotación anuales del equipo.

La utilización de la excavadora tiene dos series de consecuencias.

1ra. Gastos de mantenimiento y de reparación.

2da. Abatimiento de la productividad o de la calidad del servicio requerido con el tiempo. (Costo de obsolescencia).



Por lo tanto hay que buscar cuanto "cuesta" la utilización de esta excavadora a lo largo de los años, suponiendo que el servicio será constante.

Uno debe tomar en cuenta los costos suplementarios ocasionados en su caso por el arrendamiento de una excavadora de reposición durante las descomposturas (costo máquina parada), o bien por la interrupción o disminución de productividad.

Nosotros supondremos entonces que a servicio continuo, los cargos de utilización anual del camión son los siguientes:

\$ 10,000 dls por el 1er. Año
\$ 12,000 dls por el 2º. Año
\$ 14,000 dls por el 3er. Año
\$ 18,000 dls por el 4º. Año
\$ 23,000 dls por el 5º. Año
\$ 28,000 dls por el 6º. Año
\$ 34,000 dls por el 7º. Año
\$ 40,000 dls por el 8º. Año

c) El valor de reposición

Supondremos que se reemplaza la excavadora por un equipo que otorgará exactamente los mismos servicios que el anterior, que se compró en \$182,860 (si se tomará en cuenta el progreso técnico, su valor de reposición para el mismo es diferente al precio considerado).

En consecuencia a esta serie de hipótesis; ¿cómo fijaremos el tiempo de reemplazo de la excavadora?, la respuesta a esta pregunta esta dada por el siguiente cálculo sucesivo:



Tabla 4.3

Año No.	Valor de Reventa o Rescate (182,860)	Costo de Depreciación	Costo de Utilización	Costo Total Anual	Costo Acumulado	Costo Anual Medio
1	155,431	27,429	10,000	37,429	37,429	37,429
2	137,145	18,286	12,000	30,286	67,715	33,856
3	121,907	15,238	14,000	29,238	96,953	32,318
4	114,288	7,619	18,000	25,619	122,572	30,643
5	109,716	4,572	23,000	27,572	150,144	30,029
6	106,059	3,657	28,000	31,657	181,801	30,300
7	106,059	0	34,000	34,00	215,801	30,829
8	106,059	0	40,000	40,000	255,801	31,975

La duración de utilización óptima es aquella para la cual el costo medio anual es mínimo.

La política óptima de reemplazar la excavadora será en el cabo de 5 años con un costo medio anual ocasionado por la utilización de la misma de \$30,029 ds

NOTA: Lo que acabamos de hacer no es totalmente exacto: si existe realmente como lo hemos supuesto un mercado de ocasión, en el que se pueden conseguir excavadoras usadas, en 1,2,3,... Años susceptibles de dar los mismos servicios de una excavadora nueva, la política óptima consistirá para nuestro constructor el comprar cada año una excavadora usada de dos años (que conforme al cuadro 1 pagará \$137,145 dls por su compra), y la reventa en el mismo año será de \$121,907 dls, el costo anual será entonces en estas condiciones:

$$\text{\$ } 15,238 + \text{\$ } 14,000 = \text{\$ } 29,238$$

Valor que es el mínimo a cualquiera de la columna 7 y que corresponde efectivamente al que el transportista gastaría cada año para asegurar el servicio considerado.

Esta política es mejor que la definida anteriormente, considerando que el mercado mantenga los costos, exista cada año la posibilidad de adquirir



una excavadora de 2 años de vida y exista un comprador para nuestra excavadora de tres años.

Segundo ejemplo:

Una máquina "x" cuesta \$100,000 dls; los gastos ocasionados para su funcionamiento son de \$20,000 dls el primer año; estos aumentan \$2,000 dls por año, en este caso no hay mercado de ocasión, entonces el valor de reventa es muy bajo y considerando que desde el primer año es de \$65,000 dls.

En el siguiente cuadro vemos que el óptimo de reemplazo consiste en reemplazar la máquina al fin del quinto año de utilización y que el mínimo costo anual medio ocasionado por la utilización de esta máquina será de \$27,400 dls por año.

Tabla 4.4

Año No.	Valor de Reventa o Rescate 100,000	Costo de Depreciación	Costo de Utilización	Costo Total Anual	Costo Acumulado	Costo Anual Medio
1	65,000	35,000	20,000	55,000	55,000	55,000
2	65,000	0	20,200	20,200	75,200	37,600
3	65,000	0	20,400	20,400	95,600	31,867
4	65,000	0	20,600	20,600	116,200	29,050
5	65,000	0	20,800	20,800	137,000	27,400
6	65,000	0	30,000	30,000	167,000	27,833

Tercer ejemplo:

Esta vez se trata no solo de fijar el tiempo óptimo de reemplazo de un equipo, sino de seleccionarlo al mismo tiempo.

La secuencia en forma muy general es la siguiente:

Para un equipo dado corresponde un plazo óptimo de reemplazo siguiendo la secuencia anterior (selección de una táctica); es este ejemplo se comparan varios equipos susceptibles de otorgar los mismos servicios.

Uno selecciona entonces aquel donde el costo anual de utilización es el mínimo (selección de una estrategia).



En este caso se trata de seleccionar entre dos equipos A y B susceptibles de otorgar los mismos servicios.

EQUIPO A | Valor de compra de este es de \$500,000 dls sus costos de utilización anual son de \$40,000 por los primeros cinco años y aumentas \$10,000 dls por año.

EQUIPO B | Valor de compra de este equipo es de \$250,000 dls sus costos de utilización anuales son de \$40,000 dls por año, aumentando 5,000 dls por año.

En este caso consideramos los efectos de la actualización que es tan significativa cuando hay reemplazo o selección de equipo para diferentes horizontes de tiempo o selección de equipo para diferentes horizontes de tiempo.

Principios del cálculo: Si C es el valor de compra de uno de los equipos. F1, F2, F3, Fn, son los costos totales de utilización al cabo de 1,2,3,...n años.

El costo total acumulado es:

(C + F1) para el primer año

(C + F2) + R2 para el segundo año

(C + F1) + R2 ++ RN.

El razonamiento consiste en calcular el cargo total actualizado como se indica a continuación:

P (n) = Valor Actualizado

$$P(n) = (C + F1) + \frac{F2}{1+i} + \dots + \frac{Fn}{(1+i)^n}$$

P = Valor presente

F = Valor Futuro

N = Número de periodos considerados

$$\frac{1}{(1+i)^n} \left\{ \begin{array}{l} \text{FPSVA} \\ \text{SPPWF} \end{array} \right. = \begin{array}{l} \text{Factor de Pago Simple Valor Actual} \\ \text{Single Payment Present Worth Factor.} \end{array}$$



Formula general para la actualización simple.

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

$$P = F \quad \text{FPSVA}$$

$$P = \quad \text{SPPWF}$$

Por otra parte una vez actualizado el costo total acumulado, el costo medio anual no se puede calcular como en el primer ejemplo, es decir no se puede dividir el costo total anual acumulado entre el número de años, pues esto equivaldría a considerar las mismas condiciones para todos los años, situación contraria al principio de la actualización que estamos involucrados.

El costo anual medio esta dado en realidad por la cantidad X que habría que erogar durante N años para financiar la cantidad de este cargo P(n).

Relación que se expresa a continuación:

$$X = \frac{x}{1+i} + \frac{x}{(1+i)^2} + \dots + \frac{x}{(1+i)^{n-1}} = P(n)$$

$$\text{Si hacemos } R = \frac{1}{1+i}$$

$$\text{Desarrollando tenemos que } X = \frac{P(n)(1-R)}{1-R^n}$$

Es este cargo anual X que hay que minimizar para una selección conveniente durante la duración de utilización n.

Se tabulan los datos:

**Equipo A**Tomando en cuenta $i=10\%$

$$R = \frac{1}{1+i}$$

Tabla 4.5

Año No.	Depreciación	Costo de Utilización	Costo Total Anual	FACT. ACT. $\frac{1}{(1+i)^n}$	Costo Total Actualizado P(N) Acumulado	Costo Medio Anual $P = \frac{P \cdot \ln(X) \cdot R}{1-R}$
1	500,000	40,000	540,000	1	540,000	540,000
2	0	40,000	40,000	0.91	576,364	301,905
3	0	40,000	40,000	0.83	609,421	222,779
4	0	40,000	40,000	0.75	639,474	183,396
5	0	40,000	40,000	0.68	666,795	159,908
6	0	50,000	50,000	0.62	627,841	145,663
7	0	60,000	60,000	0.56	731,709	136,634
8	0	70,000	70,000	0.51	767,630	130,807
9	0	80,000	80,000	0.47	804,951	127,066
10	0	90,000	90,000	0.42	843,120	124,740
11	0	100,000	100,000	0.39	881,674	123,405
12	0	110,000	110,000	0.35	920,228	122,778
13	0	120,000	120,000	0.32	958,464	122,665
14	0	130,000	130,000	0.29	996,120	122,927

R= 0.91

El mínimo de X que es para $n = 13$, donde por lo que su mínimo costo anual de utilización es de \$122,665 el equipo A debe ser reemplazado al 13°. Año.



Aplicando exactamente el mismo método para el equipo B vemos que tiene: un tiempo óptimo de reemplazo para $n = 12$, donde tenemos un costo mínimo medio anual de utilización de \$95,297

Tabla 4.6

Año No.	Depreciación	Costo de Utilización	Costo Total Anual	FACT. ACT. $\frac{1}{(1+r)^n}$	Costo Total Actualizado P(N) Acumulado	Costo Medio Anual $P = \frac{P(N)(1-R)}{1-R}$
1	250,000	40,000	290,000	1	290,000	290,000
2	0	45,000	45,000	0.91	330,909	173,333
3	0	50,000	50,000	0.83	372,231	136,073
4	0	55,000	55,000	0.75	413,554	118,604
5	0	60,000	60,000	0.68	454,535	109,005
6	0	65,000	65,000	0.62	494,894	103,301
7	0	70,000	70,000	0.56	534,408	99,791
8	0	75,000	75,000	0.51	572,894	97,623
9	0	80,000	80,000	0.47	610,215	96,326
10	0	85,000	85,000	0.42	646,263	95,615
11	0	90,000	90,000	0.39	680,962	95,312
12	0	95,000	95,000	0.35	714,259	95,287
13	0	100,000	100,000	0.32	746,122	95,489
14	0	105,000	105,000	0.29	776,537	95,829

Por lo tanto la "Estrategia" óptima es de seleccionar el equipo B con la "Táctica" de reemplazo cada 12 años.

Consideraciones fiscales intervienen frecuentemente en este tipo de comparaciones; en la medida de lo posible es conveniente integrarlas a este tipo de cálculos, donde se desprenden las mejores utilizaciones de equipos.



CONCLUSIONES

Son impresionantes los valores tan grandes que llegan a alcanzar los activos de maquinaria que están bajo la responsabilidad de un ingeniero y que debe mantener trabajando. La buena conservación, es lo que produce los más bajos costos de operación.

En todos los, manuales de operación y conservación que dan los fabricantes de equipo cuando se compra una máquina nueva o usada, vienen las instrucciones claras y sencillas de cómo operarlas y conservarlas.

Las instrucciones de conservación son fáciles de entender, están escritas para operadores no para ingenieros mecánicos, están al alcance del entendimiento de personas de educación media general.

Es necesario conocer las máquinas. El radiador no es siempre la parte delantera así que si es necesario familiarizarse con la máquina. Los ingleses en ocasiones numeran los cilindros de atrás hacia adelante al contrario como se enumeran en América, por lo que es necesario estudiar y leer los manuales y no suponer por analogía que una máquina genérica es igual a todas las de su serie. Las fabricas conservan unas siglas de identificación (D8, HD21, TD25) pero hasta ahí puede variar por ejemplo un D8 H es de igual que un D8 serie H (30 años de diferencia), un TD25 serie B es 50 hp menos potente y 6 toneladas más ligero que un TD 25 serie C, etc.

Si usted le pone aceite SAE 90 en lugar de 140 a una transmisión Allison, le va a costar mas de 15 mil pesos repararla. Si un motor de 280 HP se le pone aceite SAE 30 (motor de gasolina) en un mes probablemente haya que repararlo con un costo aproximado de 40 mil pesos. El diferencial de un pick-up con aceite de transmisión SAE 90 solo dura unas semanas de trabajo intenso. Una máquina sobre orugas transita una distancia grande acaba con los baleros. Todos estos detalles están mencionados en los manuales del fabricante, por lo que es de suma importancia estudiarlos.

El ingeniero encargado de la obra o la maquinaria según sea el caso, debe cerciorarse de que el maestro mecánico ha estudiado los manuales y les ha enseñado a los ayudantes los procedimientos de reparación, donde lubricar, con que frecuencia, que tipo de lubricante, como ejecutarlos así como las holguras y torques.

El ingeniero encargado de las máquinas debe estar seguro que en el almacén existan: combustibles, lubricantes, repuestos, cuchillas, filtros, electrodos para soldadura. Y que todo este limpio incluyendo el camión en que se lleva al sitio de uso; las bombas, mangueras, botes y embudos deben tener cedazos.



El ingeniero encargado del mantenimiento de las máquinas debe cerciorarse de que el maestro mecánico tenga toda la herramienta necesaria, tanto la especial y la de uso frecuente en buenas condiciones. Los mecánicos y ayudantes deben usar lo menos posible las llaves stillson, pinzas, cincel, martillo, marro, soplete, etc., porque a una máquina nueva la pueden hacer vieja en una sola operación.

Todo lo anterior es fácil de conseguir si se establece desde un principio un programa de mantenimiento y se vigila que se lleve a cabo, hay que procurar que se vuelva casi un reflejo del subconsciente, es decir un hábito para lograr el objetivo sin que se nos dificulte.

Estando el ingeniero familiarizado con el estado de sus máquinas y teniendo dialogo constante con sus operadores mecánicos y ayudantes, aprenderá a entender los pedidos y por consiguiente podrá ayudar al mecánico a pedir solo lo necesario y así no llenar el almacén con piezas sobrantes que nunca se usan y que por otra parte representan una inversión.

Otro aspecto importante es la necesidad de recopilar información que debemos pasar a oficinas centrales sobre las experiencias que se van adquiriendo en cada obra, con los procedimientos empleados y los resultados obtenidos con el método empleado para mantener a la maquinaria en condiciones de operación, información que puede ser de mucha ayuda a la hora de concursar otras obras y que también nos sirve a nosotros mismos para la elaboración de nuevos programas de mantenimiento.

Espero que el presente trabajo sea de utilidad para las personas que lo consulten y que dé los lineamientos básicos del mantenimiento y control del equipo y maquinaria utilizados en la construcción, me encuentro abierto a recibir la crítica de quien lo analice así como a las opiniones sobre el mismo.



FUENTES DOCUMENTALES

-ACEVEDO, Leyva Gustavo Ing.
"Costos y Mantenimiento de Maquinaria"
Cámara de la industria de la construcción
México 1981

Centro de Educación Continua División de Estudios Superiores
Facultad de ingeniería
Curso: "Equipo de Construcción"
U.N.A.M.

-DAY David A.
"Maquinaria Para Construcción"
Edit. Limusa 1982

-LIPSCHUTZ Martin M., Lipschutz. Seymour
"Procesamiento de Datos"
Edit. Mc Graw Hill 1985

-PEURIFOY P.L.
"Métodos, Planeamiento y Equipo de Construcción "
Edit. Diana, 1982

-RICCI Chacon Francisco
"Maquinaria y Equipo para Construcción "
I.T.C. 1990

-VOLVO Michigan Euclid
VME Industries Sweden AB
Manual

VEEDOL Lubricantes
Manual
"Muestras de Prueba de Gota"
México 1998

Fisco Agenda 2002
Ediciones Fiscales Isef
México 2002



Direcciones electrónicas:

WWW.JohnDeere.com

WWW.MaquinariaPesada.com

WWW.Máquinas.com

WWW.Ford.com

WWW.IndustrialIndustry.com

WWW.Maquinaria para construcción.com

WWW.Caterpillar.com

WWW.Apa.com

WWW.Serper.com

WWW.Indusmag.com.com