

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **ESCUELA DE PREGRADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS**

### **ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO Y COSTOS DE MAQUINARIA PESADA EN EMPRESAS DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**NEY XAVIER BURBANO CIFUENTES**  
supervisionwp@hotmail.com

**EDISON JOSÉ SANDOVAL TAPIA**  
ejstphoenix@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. JAIME VARGAS**  
jaimevargas@epn.edu.ec

**Quito, mayo 2008**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
CONTENIDO.....	IV
RESUMEN.....	XI
PRESENTACIÓN.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL.....	1
1.1CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA PESADA .....	1
1.1.1MAQUINARIA PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	2
1.1.1.1 Tractor Bulldozer sobre orugas .....	2
1.1.1.2 Tractor Bulldozer sobre ruedas.....	4
1.1.1.3 Tractor forestal .....	5
1.1.1.4 Motoniveladora .....	6
1.1.2MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN .....	7
1.1.2.1 Excavadoras de empuje.....	8
1.1.2.2 Excavadoras dragalina .....	9
1.1.2.3 Retroexcavadoras .....	9
1.1.2.4 Cuchara de almeja .....	10
1.1.2.5 Excavadoras sobre ruedas .....	11
1.1.3MAQUINARIA DE CARGA.....	12
1.1.3.1 Cargador sobre orugas .....	12
1.1.3.2 Cargadora frontal de llantas .....	14
1.1.3.3 Cargadora mixta de llantas .....	15
1.1.4MAQUINARIA PARA ACARREO Y TRANSPORTE .....	16
1.1.4.1 Traillas .....	16
1.1.4.2 Elementos de transporte solamente .....	17
1.1.5MAQUINARIA PARA TRATAMIENTO DE ÁRIDOS. ....	19
1.1.5.1 Los alimentadores .....	19
1.1.5.2 Tipos de machacadoras y su aplicación básica .....	21
1.1.5.3 Máquinas para el machaqueo primario .....	22
1.1.5.4 Máquinas para el machaqueo fino o secundario .....	23

1.1.5.5 Machacadoras de mandíbulas	23
1.1.5.6 Machacadoras giratorias	27
1.1.5.7 Machacadoras de impacto y de percusión (o de martillos)	30
1.1.5.8 Machacadoras de cilindros	31
1.1.5.9 Molinos de bolas	32
1.1.5.10 Machacadoras de impacto Barmac	32
1.1.5.11 Elementos transportadores de áridos	33
1.1.5.12 Equipos de clasificación de áridos	37
1.1.5.13 Instalaciones completas de tratamientos de áridos	40
1.1.6 MAQUINARIA PARA PERFORAR.....	40
1.1.6.1 La perforación por percusión	41
1.1.6.2 Perforación por rotación y trituración simultanea	41
1.1.6.3 Perforación por rotación y corte	42
1.1.6.4 Perforación por rotación abrasiva y corte	42
1.1.7 MAQUINAS DE SONDEO .....	42
1.1.7.1 Equipos de sondeo por percusión	46
1.1.8 MAQUINAS DE CLAVA E HINCA .....	51
1.1.8.1 Hinca con maza	52
1.1.8.2 Martillo de vapor	53
1.1.8.3 Martillos de aire comprimido	54
1.1.8.4 Hinca por vibración	55
1.1.8.5 Hinca con chorro de agua	56
1.1.8.6 Hinca de cajones	56
1.1.9 MAQUINAS DE ELEVACIÓN .....	57
1.1.9.1 Grúa ligera de obra	57
1.1.9.2 Grúa Derrick	57
1.1.9.3 Grúas móviles	58
1.1.9.4 Grúas torres	61
1.1.10 MAQUINARIA PARA FIRMES BITUMINOSOS .....	62
1.1.10.1 Plantas de asfaltos	62
1.1.10.2 Clasificación de las plantas asfálticas	69
1.1.10.3 Distribuidor de asfalto	72
1.1.10.4 Terminadoras de asfalto	74

1.1.11	MAQUINARIA PARA COMPACTAR .....	75
1.1.11.1	Compactadores vibratorios .....	76
1.1.11.2	Compactadores de ruedas neumáticas .....	78
1.1.11.3	Compactadores por impacto .....	79
1.1.12	MAQUINARIA ESPECÍFICA DE PUERTOS .....	79
 <b>CAPITULO 2.</b>		<b>81</b>
<b>GESTION DE MANTENIMIENTO</b>		<b>81</b>
2.1	INTRODUCCION.....	81
2.2	DEFINICION DE MANTENIMIENTO .....	81
2.3	LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO .....	82
2.4	EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	83
2.4.1	MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO – T.P.M.....	85
2.4.1.1	El mejoramiento continuo.....	88
2.4.2	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD– M.C.C.....	90
2.4.2.1	Pasos para la aplicación del M.C.C.....	92
2.4.3	MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL.....	93
2.4.4	TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS MUNDIALES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	94
2.5	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.....	94
2.6	LAS POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO.....	96
2.6.1	MÉTODO DE LA ESPERA O “SUFRIR” EL MANTENIMIENTO.....	96
2.6.2	LA POLÍTICA DE “DOMINAR” EL MANTENIMIENTO”.....	96
2.6.3	POLÍTICA DE MANTENIMIENTO DE “PREVER”. .....	97
2.7	INFLUENCIA DE LA RENOVACIÓN VEHICULAR EN LA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO. ....	97
2.8	INTERRELACION CON AREAS COMPLEMENTARIAS AL MANTENIMIENTO.....	98
2.9	PLANEACION DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA.....	100
2.9.1	BENEFICIOS DE LA PLANIFICACIÓN.....	101
2.9.2	CAMBIOS CONSECUENCIA DE LA PLANIFICACIÓN.....	101
2.10	PLANEACION ESTRATEGICA.....	103
2.10.1	QUE ES ESTRATEGIA?.....	103

2.10.2	OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO. ....	104
2.10.3	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO. ....	104
2.10.4	CONTENIDO DE LA ESTRATEGIA. ....	104
2.10.4.1	Visión. ....	105
2.10.4.2	Misión. ....	105
2.10.4.3	Valores. ....	105
2.10.4.4	Factores críticos de éxito. ....	106
2.10.4.5	Matriz de excelencia en mantenimiento. ....	106
2.10.5	ÁREAS INVOLUCRADAS. ....	108
2.11	PLANEACION TÁCTICA. ....	108
2.11.1	PROCEDIMIENTOS A CONSIDERAR. ....	109
2.11.2	FLUJO DE TRABAJO. ....	110
2.11.3	PROCESO GLOBAL. ....	110
2.11.4	INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL MANTENIMIENTO. ....	111
2.10.4.1	Indicadores Clase Mundial. ....	111
2.10.4.2	Índices de Gestión de Equipos. ....	114
2.10.4.3	Índices de Gestión de Costos. ....	117
2.10.4.4	Índices de Gestión de Mano de Obra. ....	120
2.10.5	ANÁLISIS. ....	123
2.10.6	SOLICITUD DE SERVICIO. ....	124
2.10.7	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN. ....	125
2.10.8	EJECUCIÓN. ....	126
2.11	PLANEACION OPERATIVA. ....	127
2.11.1	PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO. ....	127
2.11.1.1	Criticidad ....	128
2.11.1.2	Método de Matriz de Prioridad. ....	129
2.11.1.3	Órdenes de trabajo atrasadas (backlog) ....	130
2.11.1.4	Carga de Trabajo. ....	130
2.11.2	BENEFICIOS. ....	130
2.11.3	PREPARACIÓN DEL TRABAJO. ....	131

COSTOS	132
3.1 COSTOS DE MAQUINARIA.....	132
3.2 TEORIA DE LA DEPRECIACIÓN Y DE LA AMORTIZACIÓN.....	133
3.2.1 CRITERIOS DE AMORTIZACIÓN .....	137
3.2.2 MÉTODOS MÁS USUALES DE AMORTIZACIÓN .....	139
3.2.2.1 El método lineal uniforme	140
3.2.2.2 El método uniforme con doble anualidad de amortización el primer año	141
3.2.2.3 El método suma de dígitos	142
3.2.2.4 El método resto declinante	143
3.3 INVERSIÓN MEDIA, INTERESES DEL DINERO, IMPUESTOS, SEGUROS.....	145
3.4 GASTOS DE FUNCIONAMIENTO.....	148
3.4.1 LA MANO DE OBRA DE OPERADOR DE MAQUINARIA.....	148
3.4.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO .....	151
3.4.3.1 Lubricantes	154
3.4.3.2 Grasas y filtros	155
3.4.3.3 Reparaciones	155
3.4.3.3.1 Según las condiciones de trabajo	156
3.4.3.3.2 Método de los factores de reparación	157
3.4.3.3.3 Otros métodos	163
3.4.3.4 Neumáticos	163
3.4.3.4.1 Gráficos estimadores de vida útil	163
3.4.3.5 Sistema Goodyear para calcular la vida útil de neumáticos	166
3.4.3.6 Tren de rodaje	170
3.4.3.7 Condiciones que influyen en la duración del Tren de Rodaje	170
3.4.3.8 Estimación del costo del Tren de Rodaje	173
3.4.3.9 Componentes de desgaste especial	175
3.4.3.10 Registro de tiempo y costos	175
3.5 COSTOS GENERALES.....	180
3.6 TEORIA DEL REPLAZO DE EQUIPOS AGOTAMIENTO DE LA VIDA ECONOMICA DE UN EQUIPO.....	180

CAPITULO 4	183
CONTROLES DE MAQUINARIA PESADA	183
4.1 ADMINISTRACIÓN DE FLOTAS.....	183
4.1.1 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE VEHÍCULOS.....	185
4.1.1.1 Puntos a considerar al realizarse el estudio .....	185
4.1.1.2 Necesidad de un sistema informático para gestión.....	187
Ejemplo de implementación adoptada en una flota de camiones	188
4.2 HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO .....	191
4.2.1 CONFIABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	191
4.2.1.1 Reducción de los factores de incidencia de los equipos	191
4.2.1.2 Planes de contingencia	191
4.2.2 REDUCCION DE LA PROBABILIDAD DE FALLA .....	192
4.2.2.1 Mantenimiento rutinario	192
4.2.2.2 Mantenimiento preventivo	192
4.2.2.3 Mantenimiento predictivo	193
4.2.3 REPARACIÓN DE DAÑOS .....	193
4.3 ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO.....	194
4.3.1 FUNCIONES DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO.....	195
4.3.2 HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO .....	196
4.3.2.1 Inventario de la flota	196
4.3.2.2 Manuales	199
4.3.3 CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO. ....	200
4.3.3.1 Gestión de recursos humanos	200
4.3.3.2 Administración y análisis financiero	200
4.3.3.3 Planeación	201
4.3.3.4 ANALISIS ESTADISTICO	201
4.4 IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	202
4.4.1 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	202

4.4.2RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA PROGRAMAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	204
4.4.3ACTIVIDADES Y CICLOS DE MANTENIMIENTO .....	206
4.4.4SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	208
4.5 INSPECCIONES PERIÓDICAS DE MAQUINARIA PESADA	209
4.5.1VENTAJAS DE CONTROL VISUAL DEL MANTENIMIENTO .....	212
4.6 ANALISIS DE ACEITE COMO MEDIDA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	213
4.6.1EJEMPLO DE APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO DE FLOTAS EN BASE A ANALISIS DE ACEITE (SECUENCIA DE LA EXPERIENCIA).....	213
4.7 CONTROL DE CONSUMOS Y REPARACIONES.....	219
4.8 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS.....	220
4.9 ANÁLISIS DE FALLAS.....	220
 CAPITULO 5 .....	 223
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	223
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	225
ANEXOS .....	227



## DECLARACIÓN

Nosotros, Ney Xavier Burbano Cifuentes, Edison José Sandoval Tapia, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Ney Xavier Burbano Cifuentes

---

Edison José Sandoval Tapia

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ney Xavier Burbano Cifuentes y Edison José Sandoval Tapia, bajo mi supervisión.

---

**ING. JAIME VARGAS**

## AGRADECIMIENTOS

A mi Madre querida, Bertha Cifuentes por sus cuidados,  
a mi Padre, Ney Burbano por la fe en mí,  
a mis hermanos por su cariño,  
a mi familia por su apoyo,  
a mis amigos por los momentos compartidos,  
a mis profesores por el conocimiento adquirido.

Ney Burbano C.

Después del largo tiempo de haber estudiado en esta gloriosa Facultad y de haber luchado con muchas adversidades, quiero agradecer a Dios porque estoy convencido de que me encuentro en este mundo por su amor. A mis padres y hermanos por darme siempre su apoyo y comprensión. A mis familiares, por sus palabras de aliento. A Daisy, Miriam, Mario, Paúl, Pablo, Andrés, Jimmy, Jorge y demás compañeros, por entregarme su amistad y cariño. A todos los profesores de la facultad por la formación recibida.

Edison Sandoval T.

Al Ing. Jaime Vargas, que como director de tesis ha sido nuestro aporte incondicional en este proyecto.

## DEDICATORIA

Con todo mi amor para mi preciosa hija María José y  
Para a mi adorada esposa Karla  
A mis padres Ney y Bertita  
A mis hermanos Jenny y Diego  
Esto es para todos Ustedes.

Ney Burbano C.

A Dios que me ha guiado  
A Fanny y Segundo, mis padres, que son mi fortaleza  
A Marcela y César, mis hermanos, que me han apoyado  
A mis abuelos Manuel, Victor y mi sobrina Alejandra.

Edison Sandoval T.

## RESUMEN

La Ingeniería Mecánica está ligada de forma directa a las construcciones civiles en algunos aspectos; uno de los más importantes es el mantenimiento de maquinaria pesada, el Ingeniero Mecánico es el profesional llamado a desarrollar una administración adecuada de estos equipos para su óptimo desempeño, de esta manera se logrará obtener los mayores beneficios en el uso de estas máquinas.

Esta investigación inicia estudiando las características de la maquinaria pesada que se puede encontrar en el medio local, en las empresas de construcción civil, luego de esto se realiza una recopilación de los tipos de mantenimiento que existen y su gestión, posteriormente se aborda los aspectos concernientes a costos de mantenimiento de maquinaria pesada, finalmente se estudia los tipos de controles que se deben llevar a cabo para el correcto desarrollo de la actividad de mantenimiento.

Este proyecto servirá como herramienta de consulta para profesionales recién graduados que necesitan conocer aspectos relacionados con el mantenimiento de maquinaria pesada y su administración. Tener un adecuado conocimiento de estos temas le permitirá lograr mejor desenvolvimiento en sus actividades.

## PRESENTACIÓN

El siguiente trabajo está dirigido para personas que requieren de conocimientos acerca de cómo llevar el mantenimiento en empresas que trabajan con maquinaria pesada.

Dentro de las labores de los ingenieros mecánicos está la de manejar el mantenimiento de maquinaria pesada, la preparación recibida en la universidad no cubre en parte aspectos relacionados con estas máquinas, y realmente el ingeniero tiene que aprender sobre la marcha a conocerlas, esto conlleva a dificultades y problemas en sus labores.

Se puede lograr mejoramiento de su desenvolvimiento con información al respecto.

A nivel de jefatura y mandos medios, el ingeniero está encargado de la administración de mantenimiento de maquinaria, y debe estar capacitado para tomar decisiones respecto a estas máquinas, al conocer de cómo se desenvuelven estas puede estar seguro de no equivocarse con las decisiones que puede tomar.

Al investigar sobre la maquinaria pesada y sus aspectos, se conseguirá:

Administración de Tiempos de mantenimiento, porcentajes de desgaste aceptable, consumos, costos de repuestos y mantenimientos, etc. Al conocer de estos temas se tendrá una labor mejorada y un mejor desenvolvimiento

## **CAPÍTULO 1.**

### **MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL**

De la mano con el desarrollo de la humanidad las obras de ingeniería civil se hacen mas avanzadas para cubrir las cada vez más exigentes necesidades de la sociedad, la Ingeniería Mecánica se ha aplicado para crear y desarrollar máquinas mas eficientes y adecuadas que puedan permitir este avance. La denominada maquinaria pesada se utiliza para la elaboración de todo tipo de obra, desde construcción de vivienda, hasta proyectos que desafían el genio del ser humano como túneles submarinos o puentes que unirán continentes. Es así que sin la ayuda de estos equipos y tecnologías no se podrían llevar a cabo los proyectos que el ser humano se plantea.

#### **1.1 CLASIFICACIÓN DE LA MAQUINARIA PESADA<sup>1</sup>**

- Maquinaria para movimiento de tierras.
- Maquinaria para excavación.
- Maquinaria para carga.
- Maquinaria para acarreo y transporte
- Maquinaria para tratamiento de áridos.
- Maquinaria para perforación.

---

<sup>1</sup> VILLEGAS, LIBORIO; Curso de maquinaria y construcción ET070

- Maquinaria para sondeo, clavija e hinca
- Maquinaria para elevación
- Maquinaria para firmes bituminosos.
- Maquinaria para compactación.
- Maquinaria específica para puertos.

### **1.1.1 MAQUINARIA PARA MOVIMIENTO DE TIERRAS**

Dentro de las máquinas que realizan movimiento de tierras se tienen a las siguientes:

#### **1.1.1.1 Tractor Bulldozer sobre orugas**

Es un tractor sobre orugas que se lo utiliza para montar cuchillas niveladoras (Bulldozer), escarificadores (rippers), malacates, grúas, colocadoras de cable y plumas laterales. Se clasifican por la potencia neta del motor desde 40 hasta más de 500 hp y por sus velocidades máximas de traslación de 8 a 11 Km/h.

Los tractores con motor diesel, convertidor de momento de torsión y transmisiones (cajas de cambios) del tipo llamado de cambios bajo potencia, desarrollan esfuerzos de tracción en la barra de tiro hasta del 90% o más de su peso con el equipo montado<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero Mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-29



Los tractores Bulldozer pueden realizar las siguientes aplicaciones:

Excavación: Corte en terreno duro o helado o excavación de zanjas, un terreno muy duro puede ser abierto gracias a la hoja inclinable o angulable.

En caso de terreno aun más endurecido, se utiliza un accesorio desgarrador a fin de obtener un resultado más eficaz.

Uniformización: Las irregularidades del terreno resultantes de la excavación pueden ser uniformizadas por medio de una fina operación de la hoja.

El método de base consiste en la aplicación total de la carga de la hoja contra el suelo y la arena con una máquina a poca velocidad.

Puede también obtenerse una superficie acabada bien plana retrocediendo la máquina con la hoja en flotación, la que arrastra a través de la superficie.

Movimiento de tierra: Un bulldozer excava y transporta el barro yendo hacia delante. La distancia de cada recorrido debe ser de preferencia de un máximo de 70 m. La excavación en una pendiente debe llevarse a cabo siempre en dirección cuesta a bajo para obtener resultados más eficaces.

Tumbado de árboles: Un árbol de 10 a 30 cm. de diámetro se puede tumbar dándole 2 o 3 golpes con la hoja levantada del suelo, luego se vuelve atrás con la máquina y se baja la hoja y se corta en la tierra se rompe las raíces y se las empuja hacia delante mientras se excava.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> KOMATSU; Manual de operación Komatsu

**Figura 1.1 Tractor Bulldozer de orugas**



Fuente: Revista construcción Panamericana Marzo 1996 pag. 25

#### **1.1.1.2 Tractor Bulldozer sobre ruedas<sup>4</sup>**

Es un tractor sobre ruedas, es la máquina ideal para trabajos de empuje a distancias largas, sobre suelos de materiales sueltos sin o con poca roca, en terreno llano o cuesta abajo. Tiene una velocidad tres veces mayor que los tractores de cadenas y se desplaza fácilmente dentro de la propia obra.

Su movilidad, capacidad para maniobrar y buena velocidad hacen que los tractores sobre ruedas sean especialmente aptos para realizar trabajos de movimiento y acumulación de materiales así como de la limpieza general. Sus menores costos de mantenimiento, en comparación con los trenes de rodaje de cadenas son claramente perceptibles cuando se trabaja en suelos muy abrasivos.

---

<sup>4</sup> CATERPILLAR; Folleto productos Caterpillar Latinoamérica; 1998

Entre sus aplicaciones características se incluyen: trabajos de empuje (carbón, tierra suelta, escombros), carga de mototraillas y tareas forestales.

**Figura 1.2 Tractor Bulldozer sobre ruedas**



Fuente: Folleto productos Caterpillar Latinoamérica 1998

### 1.1.1.3 Tractor forestal<sup>5</sup>

Si su trabajo consiste en manipular materiales voluminosos que exigen utilizar una máquina robusta equipada con cables o pinzas, se recurre a los tractores forestales de cadenas o de ruedas.

**Figura 1.3 Tractor forestal sobre orugas**



Fuente: Folleto Toda la gama de tractores y tractores forestales Cat, Caterpillar

<sup>5</sup> CATERPILLAR; Folleto Toda la gama de tractores y tractores forestales Cat; Caterpillar

**Figura 1.4 Tractor forestal sobre ruedas**



Fuente: Folleto Toda la gama de tractores y tractores forestales Cat, Caterpillar

#### **1.1.1.4 Motoniveladora**

La motoniveladora consta de un bastidor principal largo que soporta el motor, hoja, ejes y el conjunto de los mandos de control. Inicialmente el chasis no era articulado, aunque hoy la totalidad de las máquinas principales son articuladas.

La hoja de sección curva característica, es de gran longitud y poco canto para que resulte adecuada al trabajo de perfilado que, en general se le confía.

El giro de la hoja puede ser, en horizontal, de 360°, puede elevarse o bajarse e inclinarse verticalmente, así como desplazarse lateralmente, para largos alcances a los costados de la máquina.

La hoja va montada sobre una corona que permite su giro horizontal esta corona a su vez puede moverse sobre la barra de tiro y en su parte posterior por rotulas y bielas.

Su trabajo es sobre ruedas y la tracción esta confinada a los ejes traseros; la dirección a las ruedas delanteras y el control puede ser mecánico, hidráulico o mixto.

**Figura 1.5 Motoniveladora**



Fuente: Los autores (construcción vía Zamora Yanzatza)

### **1.1.2 MAQUINARIA DE EXCAVACIÓN**

Se trata de una máquina que puede realizar con el cucharón excavación, nivelado, esparcimiento de material y compactación; en muchas ocasiones sirve como grúa en ensambles de elementos que deben estar en alturas considerables y poseen grandes pesos.

Dentro de las máquinas de excavación de tierras hay que distinguir varios tipos según la forma de realizar dicha operación, pues con una estructura básica pueden cambiar los equipos de trabajo según las tareas específicas que hayan de realizarse.

Es necesario precisar que aquí la palabra “excavar” tiene un significado preciso ya que se trata de realizar un esfuerzo de disgregación de un material consolidado.<sup>6</sup>

No se trata de un trabajo de carga. Las excavadoras pueden tener diversos útiles de excavación y carga como pueden ser, dragalinas, almeja, retroexcavadora y excavadora frontal.

Una importante evolución ha tenido también lugar en los años setenta, al ponerse a punto los mecanismos hidráulicos de gran potencia que han dado origen a las excavadoras hidráulicas.

Hasta entonces las excavadoras fueron simplemente equipos fundamentalmente mecánicos. En la actualidad, los equipos hidráulicos de excavación tienen una presencia cada vez mayor en las obras, por su gran flexibilidad e indudable costo de explotación competitivo.

Todas las máquinas tienen una estructura básica común, que se mantiene invariable al aplicar los distintos equipos de trabajo.

#### **1.1.2.1 Excavadoras de empuje**

Llamada también pala excavadora, es una máquina que realiza las mismas funciones elementales de excavación que una simple pala de mano. Son estas: hincar la cuchara, levantar la carga, girar la misma y verter después el contenido ya en la posición girada<sup>7</sup>.

Las excavadoras de ataque frontal, significan alta productividad y tiempos de ciclo más cortos en aplicaciones de carga de roca y explotación de canteras. En el frente de carga, puede resistir los trabajos más duros.

---

<sup>6</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 449

<sup>7</sup> CATERPILLAR; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25; 1994; Pág. 4-117

**Figura 1.6 Excavadora de empuje frontal**



Fuente: Toda la gama de excavadoras Cat. Caterpillar

#### **1.1.2.2 Excavadoras dragalina<sup>8</sup>**

Consta de un balde que se lanza sujeto a unos cables, recogiendo tierra en su interior al cobrar estos. Una vez realizada la carga del balde de este queda colgado de tal manera que no vierte la tierra, pudiéndose mantenerlo suspendido y ser girado para depositar el cargamento en cualquier otra posición próxima, dentro del alcance de la pluma.

#### **1.1.2.3 Retroexcavadoras<sup>9</sup>**

Las retroexcavadoras descansan sobre el fondo del tajo que se excava y atacan por encima de ese nivel.

Las máquinas pequeñas se emplean para nivelación de caminos, excavaciones para cimientos y sótanos, explotación de arcilla, cavado de zanjas y trincheras, etc. se usan tamaños grandes en canteras, minas, construcción pesada, las más

<sup>8</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 451

<sup>9</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-40

grandes separan la sobre capa en la explotación de carbón y minerales en tajos a cielo abierto.

Los usos de estas máquinas se pueden dividir en dos grupos:

- 1) Carga, en donde se usan máquinas fuertes con alcance relativo de trabajo más o menos corto para excavar material y cargarlos para su transporte;
- 2) Desmante, en donde se utiliza una máquina con alcance muy grande entre la excavación y el vaciado, tanto para excavar el material como para transportarlo al vertedero.

**Figura 1.7 Retroexcavadora sobre orugas**



Fuente: Productos Caterpillar Latinoamérica

#### **1.1.2.4 Cuchara de almeja<sup>10</sup>**

Tiene un dispositivo, que, dejándolo caer desde una posición elevada, recoge entre sus valvas el material que se quiere elevar, cerrando éstas mediante un

---

<sup>10</sup>DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 452



sistema de cables, lo que permite proceder a la elevación ya que entonces el material no se derramará.

#### **1.1.2.5 Excavadoras sobre ruedas <sup>11</sup>**

Las excavadoras de ruedas combinan las ventajas más importantes de las excavadoras de cadenas, como su capacidad de giro de 360°, gran alcance, gran profundidad de excavación, gran altura máxima de carga, fuerza de excavación y capacidad de elevación, con la gran movilidad que les proporcionan sus trenes de rodaje sobre ruedas.

Los trenes de rodaje de ruedas permiten trabajar en calles pavimentadas, plazas, zonas de aparcamiento, etc., sin dañar el pavimento. Su movilidad les permite desplazarse, rápida e independientemente, de un lugar a otro proporcionando mayor flexibilidad en el planeamiento del programa de trabajo.

Las excavadoras de ruedas son excelentes manipuladoras de materiales, capaces de cargar o descargar camiones con diferentes tipos de cucharón o ser equipadas con accesorios especiales como elevadores de cabina y balancines y plumas de manipulación de materiales.

Dotadas con circuitos hidráulicos auxiliares opcionales, pueden trabajar con una gran variedad de implementos especiales, como cucharones de limpieza de cunetas, cucharones, bivalvos, pinzas y martillos.

En su tren de rodaje pueden atornillarse estabilizadores y/o hojas de empuje opcionales para aumentar la estabilidad de la máquina durante la elevación.

---

<sup>11</sup> DAEWOO; Folleto Comercial Excavadoras Daewoo 170 W-V

**Figura 1.8 Retroexcavadora sobre ruedas**



Fuente: Folleto Comercial Daewoo Hydraulic Excavator Solar 170 W-V

### **1.1.3 MAQUINARIA DE CARGA**

Como su nombre lo indica estas máquinas sirven para cargar materiales y son las siguientes:

#### **1.1.3.1 Cargador sobre orugas<sup>12</sup>**

Esta máquina tiene un cucharón frontal que se puede elevar, vaciar, descender e inclinar con control, por lo general hidráulico.

---

<sup>12</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-30

Existen cucharones especiales para muchos usos tales como palas, bulldozer, cucharón de almeja o escrepa.

Sus capacidades SAE son de 0.7 a 5 yd<sup>3</sup>. También esta disponible con garfios para trozas y troncos. Estas cargadoras pueden realizar las siguientes aplicaciones:

Excavación de sótanos y cimientos, piscinas, estanques y zanjas; carga de camiones y tolvas; colocación, diseminación y compactación de tierra sobre la basura en los rellenos sanitarios. También se usa para desprender césped; sacar escoria de trenes de laminación, conducir y cargar trozas y troncos.

**Figura 1.9 Cargadora de oruga**



Fuente: Folleto productos Caterpillar

### 1.1.3.2 Cargadora frontal de llantas<sup>13</sup>

Esta máquina con neumáticos, tracción en las cuatro ruedas y cucharón hidráulico montado en el frente. Esta disponible en capacidades SAE de 0.5 a 20 yd<sup>3</sup> (0.4 a 15 m<sup>3</sup>) para materiales que poseen 3000 lb/yd<sup>3</sup> (1800 Kg/m<sup>3</sup>) y hay disponibles cucharones más grandes para materiales ligeros.

Estas máquinas pueden cargar material de un lugar a otro, abastecer a plantas trituradoras, plantas de asfalto, plantas de concreto, volquetas, etc. Su función principal es como su nombre lo indica “cargar”.

Este equipo de gran movilidad se utiliza para manejo y carga de materiales de todas clases sobre superficies firmes.

**Figura 1.10 Cargadora frontal de llantas**



Fuente: Folleto comercial CASE 621B

---

<sup>13</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-31

### 1.1.3.3 Cargadora mixta de llantas<sup>14</sup>

Se trata de una máquina con propulsión en las cuatro ruedas, con neumáticos; por lo general, es del tipo articulado, hidráulico, con cucharón montado en el frente, que se puede elevar, descender, voltear e inclinar con potencia hidráulica. Su capacidad de peso de trabajo puede llegar hasta 150000lb con motores hasta de 700 hp y su velocidad de marcha va desde velocidad al freno hasta alrededor de 20 mi/h para empuje y traslación.

Es excelente para cargar por empuje las escrepas autopropulsadas, nivelar el corte, esparcir y compactar el relleno y arrancar materiales sueltos y esparcirlos sobre tierra firme o arenosa en distancias hasta de 500 pie.

**Figura 1.11 Cargadora Mixta de Llantas**



Fuente: Folleto productos Caterpillar

---

<sup>14</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero Mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-30

Su esfuerzo de tracción útil en suelo duro está limitado a alrededor de 60 % del peso, en comparación con 90 % para máquinas sobre orugas.

#### **1.1.4 MAQUINARIA PARA ACARREO Y TRANSPORTE**

Dentro de los elementos de transporte hay que distinguir dos grandes grupos:

- Elementos de carga y transporte con la misma máquina.
- Elementos de transporte solamente.

##### **1.1.4.1 Traillas<sup>15</sup>**

Las máquinas que realizan la carga y el transporte conjunto reciben el nombre inglés genérico de SCRAPERS y en español son conocidos por traillas.

Su fundamento es el siguiente: se componen de una caja metálica que marcha sobre ruedas (aunque antiguamente se empleaban también las orugas para el desplazamiento), dicha caja tiene en el fondo una ventana transversal que oculta una chapa de gran resistencia y su extremo anterior va afilado y está terminado con una cuchilla de acero al manganeso; la trailla se mueve autónomamente o arrastrada por un tractor.

Durante el proceso de llenado, la chapa que cierra su fondo se baja, quedando en contacto con el terreno la parte afilada; al avance del tractor, la tierra que corta la cuchilla asciende por el plano inclinado que forma la chapa y va llenando el volumen libre de la caja de la trailla.

El volumen de las cajas de las traillas son muy variados y los modelos comunes están comprendidos entre 1 a 30 m<sup>3</sup> de capacidad.

---

<sup>15</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 503

**Figura 1.12 Trailla**

Fuente: Manual Comercial CAT 621F,623F,627F Wheel Tractor Scrapers Pág. 8

#### **1.1.4.2 Elementos de transporte solamente<sup>16</sup>**

Los elementos de transporte solamente son comúnmente llamados volquetas son camiones para trabajo muy pesado, con motores diesel, con caja de volteo de descarga posterior.

Se suelen fabricar en capacidades de 12 a 350 ton. La capacidad enrasada de la caja de volteo, en yardas cúbicas, es más o menos de 2/3 partes de la capacidad en tonelaje, tienen transmisión de cambios bajo potencia con 10 cambios o “velocidades” y puede llegar hasta 36 Km/h con peso bruto vehicular de 172800 lb.

Estos vehículos pueden realizar las siguientes aplicaciones:

Se utilizan en el transporte y descarga de materiales como arena y material de agregados para el asfalto en sus baldes cargados con pala mecánica, así como también alimentan de material para las trituradoras, terminadora de asfalto, etc

---

<sup>16</sup> MARKS, LIONEL; Manual del Ingeniero mecánico; Mc Graw Hill; tomo 2, 1996; México; Pág. 10-31

Como Indicación los camiones de carretera pueden llegar a vencer pendientes de 12 al 14 por 100 en pista seca y no resbaladiza, mientras que los camiones de obra pueden llegar a pendientes del orden del 20 por 100.

Así mismo las cajas de un camión de obra y de un camión de carretera son diferentes, desde el punto de vista de su robustez, dado que los de obra llegan a tener chapa mucho más consistente, que alcanza hasta 25mm. De espesor.

Los cabezales transportan a las demás máquinas de un determinado lugar a otro como es el caso de las cargadoras, retro-escavadoras, cuando las distancias son considerables para dichas máquinas; además pueden remolcar cajas con volteo o tanques de agua, combustibles, etc.

Los camiones pequeños y las camionetas sirven como transporte a las personas que supervisan las obras, se puede transportar también elementos mecánicos en reparación, repuestos, abastecimiento a bodega o taller, etc.

**Figura 1.13 Camión de Obra (Dumper)**



Fuente: Folleto comercial 775D Dumper para canteras



**Figura 1.14 Cabezal**



Fuente: Folleto Comercial Actros, A new class of trucks Mercedes Benz

### **1.1.5 MAQUINARIA PARA TRATAMIENTO DE ÁRIDOS.<sup>17</sup>**

Los volúmenes y rendimientos que se alcanzan en la producción de áridos en cualquier obra importante, e incluso mediana, son tan elevados que forzosamente debe mecanizarse el machaqueo.

Los equipos de tratamiento de áridos se encuentran compuestos por alimentadores, machacadoras (tritadoras) y bandas transportadoras.

#### **1.1.5.1 Los alimentadores<sup>18</sup>**

Para regularizar el rendimiento de una machacadora, nada mejor que dosificar la alimentación de la misma.

<sup>17</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 517

<sup>18</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 517

El tipo de alimentación, como es lógico, depende de la frecuencia con que vierten en la tolva de entrada de la machacadora los elementos de transporte que a ella concurren.

Dar continuidad a esta alimentación, en principio no regulada (o muy difícil de regular) y al mismo tiempo uniformar la producción en el tiempo es el fin del alimentador. Como ventajas de los alimentadores pueden citarse las siguientes:

a) Impiden la sobrecarga de la machacadora, admitiendo solamente los volúmenes para los que esta preparada con un rendimiento óptimo.

b) Protegen el resto de la instalación evitando sobrecargas en cintas, cribas, etc.; estas reciben solo un volumen limitado y predeterminado, que no dañe sus mecanismos.

c) Garantizan una producción suficientemente uniforme, paliando la irregularidad de los ritmos y las eventuales averías menores en el cargue, voladura, etc.

Los tipos más empleados de alimentadores son los siguientes:

Alimentador de vaivén, constan de una bandeja con movimiento alternativo por un extremo llega el material y por el otro lo vierte, dejando caer solamente la cantidad para la que está tarado, se puede modificar el volumen de alimentación solo con variar el recorrido del vaivén, lo cual se hace normalmente mediante una excéntrica.

El alimentador de cadena se compone, en esencia, de una cadena sin-fin sobre la que están fijadas unas placas. Al avanzar aquella, recoge en un extremo el producto y lo vierte por el otro. La velocidad de alimentación depende de la velocidad de movimiento de la cadena, que varía entre límites muy amplios.

Todos los tipos de machacadoras admiten cualquiera de los tipos de alimentadores enumerados.

### 1.1.5.2 Tipos de machacadoras y su aplicación básica<sup>19</sup>

Muchos son los tipos de machacadoras, aunque por la disposición de sus mecanismos y los principios en los que están basadas se pueden citar como mas importantes y extendidas las siguientes:

- de mandíbulas;
- giratorias y de cono;
- de martillos;
- de rodillos;
- molinos de bolas.

La trituración o machaqueo de los materiales desempeña un papel] muy importante en el tratamiento y elaboración de materias primas de múltiples tipos. En numerosas técnicas, la trituración representa el proceso fundamental a partir del cual se realizan los procesos de tratamiento posteriores.

Como ejemplos de empleo normal de la trituración, están las industrias de tratamiento de carbón y minerales, molienda del clinker de cemento y la obtención de áridos para hormigones, con distintos fines: para carreteras, presas, puertos, ferrocarriles, etc.

En el tratamiento de materiales sólidos rocosos se distinguen, fundamentalmente, dos tipos de trituración: la gruesa o primaria y la fina o secundaria; la primera puede dividirse a su vez en machaqueo previo y machaqueo intermedio.

En la técnica de la construcción, con cierta frecuencia se subdivide la trituración fina en dos etapas (secundaria y terciaria), como sucede en el caso de la fabricación del cemento.

---

<sup>19</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 518

Las materias primas procedentes de la cantera o mina sufren una primera trituración, que constituye el machaqueo previo, hasta llegar a tamaños comprendidos entre 50 y 150 mm, según los casos.

La trituración intermedia del producto resultante da en general materiales de tamaños inferiores, cercanos a 10 mm. Si bien depende del fin a que vayan destinados

los áridos, en las obras públicas (si se excluye la fabricación del cemento) no es normal que se siga con procesos de machaqueo para reducir el material a estado polvoriento.

### **1.1.5.3 Máquinas para el machaqueo primario<sup>20</sup>**

Debe hacerse una aclaración previa. A efectos prácticos, lo que define la capacidad de una machacadora para actuar como primaria son dos parámetros: la dimensión máxima del producto llegado de cantera y el contenido en sílice de la piedra a tratar.

Así, por ejemplo, no deben utilizarse trituradores de percusión ni molinos de martillos con rocas de contenido de sílice alto, pues los gastos de operación serían muy elevados.

Otro concepto muy extendido es el de que los citados molinos de percusión y de martillos producen piedra muy regular (cúbica). Ello no es así. Con las máquinas adecuadas al tipo de roca, puede obtenerse una producción de tamaño muy regular.

Las máquinas más adecuadas para este tipo de trabajo son las grandes machacadoras de mandíbulas y los molinos giratorios de los mayores tamaños:

---

<sup>20</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 519

también son empleados para tamaños intermedios trituradoras de percusión y de martillos.

Puede comprenderse la flexibilidad que es necesario tener en la elección de una maquina si se tiene en cuenta que las producciones que se consiguen en grandes machacadoras de mandíbulas pueden llegar hasta 400 m<sup>3</sup>/ hora.

En las machacadoras de conos y centrifugas se pueden admitir tamaños de alimentación que pueden alcanzar hasta 1,5 m, de lo que resultan materiales que van de 50 a 150 mm.

#### **1.1.5.4 Máquinas para el machaqueo fino o secundario<sup>21</sup>**

Como mas adelante se verá, los tipos mas comúnmente empleados son los molinos de bolas, de cono, de rodillos o de martillos (su producción varia en función de la resistencia propia del material), además de machacadoras de cono, con cámara de machaqueo de tendencia horizontal.

#### **1.1.5.5 Machacadoras de mandíbulas<sup>22</sup>**

Constan de una cámara, llamada «de machaqueo», de forma prismática; sus caras superior e inferior están abiertas: por la primera entra el material sin machacar y por la otra sale ya triturado.

De las otras cuatro caras, tres son fijas y la restante es móvil; esta se llama precisamente «mandíbula móvil» y la que esta frente a ella recibe el nombre de «mandíbula fija».

---

<sup>21</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 520

<sup>22</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 522

Como piezas principales en la machacadora de simple efecto, además de las dos mandíbulas que ya se han nombrado, existe la excéntrica, que hace que el movimiento de la mandíbula móvil sea oscilante, de aproximación y retirada con relación a la mandíbula fija.

Este movimiento permite no solo el machaqueo propiamente dicho, en su periodo de acercamiento, sino que también favorece la bajada del material por gravedad durante las fases de separación de las mandíbulas.

Lo normal es que en la parte superior de la mandíbula móvil vaya emplazada la excéntrica, mientras que en la inferior, que tiene un punto fijo alrededor del cual pivota la mandíbula, este situada una pieza, llamada rodillera, contra la que el muelle tensor comprime la mandíbula móvil.

Cualquier brusca compresión de un material excesivamente duro provoca la rotura de la rodillera, pieza esta de poco coste y fácil sustitución que evita que la rotura o daño afecte a cualquiera de las dos mandíbulas, mucho mas costosas.

También existe una cuna de regulación contra la que se aplica la rodillera y de cuya posición depende la abertura del extremo inferior de la cámara de machaqueo y, como consecuencia, el tamaño máximo de la piedra producida por la machacadora.

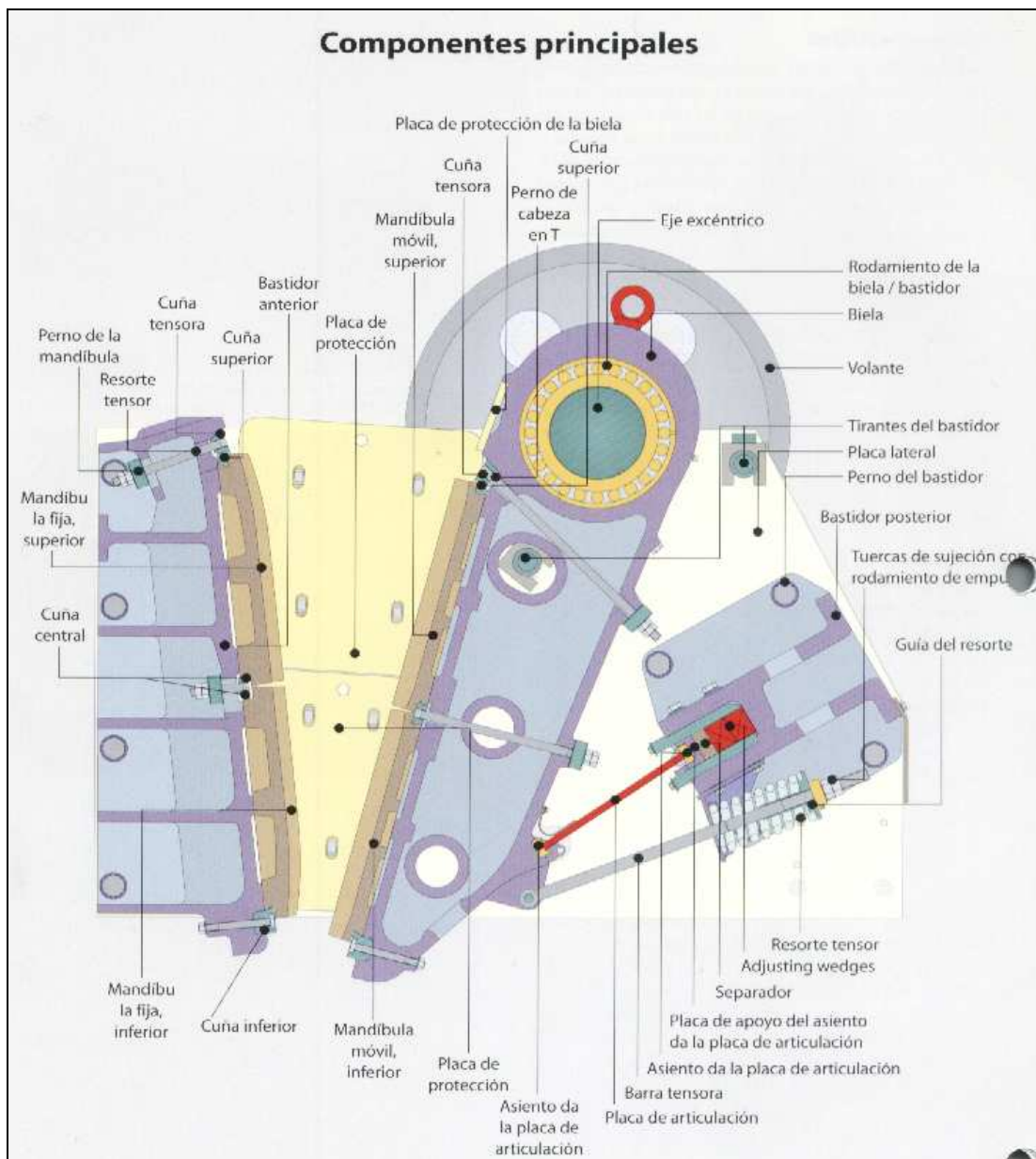
Puede jugarse con la inclinación de la mandíbula móvil para reducir suficientemente el eje vertical de la elipse recorrida por un punto de la mandíbula móvil, con lo que se puede llegar a un compromiso entre desgaste aceptable y costo de operación de la maquina.

Por otra parte, la elección de la excéntrica, la inclinación y longitud de la biela, la situación de la boca dan una amplia gama de variantes.

El giro del árbol debe ser en un sentido tal que la mandíbula favorezca el descenso del material, con el cual se mejora el rendimiento.

Con este tipo de machacadora de mandíbulas de simple efecto se consigue, por la componente vertical del movimiento de la mandíbula móvil, la posibilidad de machaqueo de materiales algo cohesivos, mientras que su empleo no resulta recomendable en el caso de materiales abrasivos.

**Figura 1.15 Machacadora de mandíbulas (simple efecto).**



Fuente: Folleto comercial Trituradora de mandíbulas Nordberg Serie C Metso Minerals

Más compleja, pero de diseño mas perfecto, resulta la machacadora de mandíbulas de doble efecto, la cual consta de un paralelepípedo abierto en sus caras superior e inferior. De las otras cuatro caras, tres son fijas y en una de ellas se implanta la mandíbula fija; la otra cara es móvil y esta constituida por una mandíbula plana, aunque también se adoptan las configuraciones convexas y acanaladas.

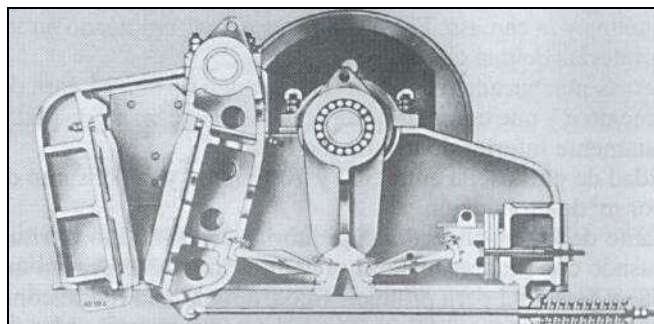
La mandíbula móvil va fija a un porta mandíbulas, articulado en su parte superior en un árbol que oscila entre las placas laterales.

El movimiento del árbol se consigue por una biela articulada sobre un árbol excéntrico transversal, que forma un codo con dos placas articuladas; el conjunto por medio de un resorte de sujeción.

En los extremos del árbol excéntrico existen sendos volantes de inercia; uno de ellos se aprovecha para recibir la energía motriz mediante correas trapezoidales o planas.

La mandíbula móvil recorre un sector circular; las variaciones en la apertura de la parte inferior determinan la granulometría del producto machacado.

**Figura 1.16 Machacadora de mandíbulas (doble efecto).**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag523

La transmisión del movimiento a la parte inferior de la mandíbula móvil se realiza, en muchos casos, de forma directa, sin la presencia de placas articuladas,



supliendo el efecto de seguro de estas por acoplamientos elásticos montados entre el volante y el árbol excéntrico.

Dado que en estas machacadoras el movimiento de la mandíbula móvil no tiene prácticamente componente vertical, su desgaste es relativamente reducido.

Las mandíbulas de las machacadoras de este tipo disponen muchas veces de una serie de canaladuras cuya sección transversal recuerda una sierra. De este tipo de sección en sierra puede haber múltiples variantes, según sean los surcos y crestas más o menos acusados.

Las velocidades de giro de volante oscilan entre 230 y 300 r.p.m. y el consumo horario de energía es de 0,7-0,8 CV / t. Están diseñadas para el machaqueo de materiales siempre que no se supere el contenido de sílice de un 50 por 100, o cargas de rotura de 3.000 kg /cm<sup>2</sup>; disponen de una capacidad de admisión de 2.500 mm y rendimientos de 1000 t /hora.

Las machacadoras de mandíbulas se clasifican por la abertura de su hueco de alimentación (rectangular), expresado normalmente en centímetros; así, son corrientes los tamaños siguientes: 20x50, 25x60, 25x90, 38x60, 40x90,65x100.

#### **1.1.5.6 Machacadoras giratorias<sup>23</sup>**

De concepción mas racional que las de mandíbulas, las giratorias presentan la peculiaridad de que las piezas móviles tienen un movimiento circular. Ahora bien, estas piezas móviles pueden ser el árbol o eje que generalmente esta suspendido en la parte superior y cuya parte inferior tiene un recorrido circular; si se mantiene fijo el eje, el movimiento de giro lo tienen los cóncavos (caso mucho menos frecuente).

---

<sup>23</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 524

Se entiende por «cóncavos» las piezas troncocónicas de que esta forrada la carcasa en su interior, contra las cuales, en su descenso, el material rocoso se rompe por fuerte compresión, al reducirse progresivamente el espacio disponible. El cóncavo correspondiente al eje tiene su base mayor hacia abajo y se corresponde con la base menor del cóncavo fijo en la carcasa exterior.

Como es lógico, los cóncavos, que son las piezas que se desgastan con el tiempo, se sustituyen con cierta facilidad.

Los cóncavos tienen una forma similar a la carcasa que les sirve de soporte y pueden ir fijos a ella por chaveteros o una colada de metal (cinc) en el espacio comprendido entre aquellos y la carcasa. Este sistema es el más empleado en los casos de machacadoras giratorias de una cierta importancia. Las modernas machacadoras giratorias disponen de una cámara de trituración de volumen decreciente y que comprende en realidad una cámara de pre-trituración y una zona inmediatamente inferior de trituración final.

La velocidad de giro oscila entre 300 y 700 r.p.m. y el consumo de energía es de 3 a 5 CV /h por m<sup>3</sup> de producción.

Una variante de las machacadoras giratorias es el molino o triturador de cono, usado con piedras blandas y empleado también como machacadora secundaria dada su facilidad para producir finos, debido a la fuerte conicidad de la cabeza trituradora y de la cámara cóncava, mucho mayores que en las giratorias puras.

La mandíbula móvil es un cono de ángulo obtuso pronunciado, que es arrastrada por un árbol excéntrico. La mandibular fija de forma cónica o troncocónica va montada sobre el bastidor, reglándose con ella la apertura.

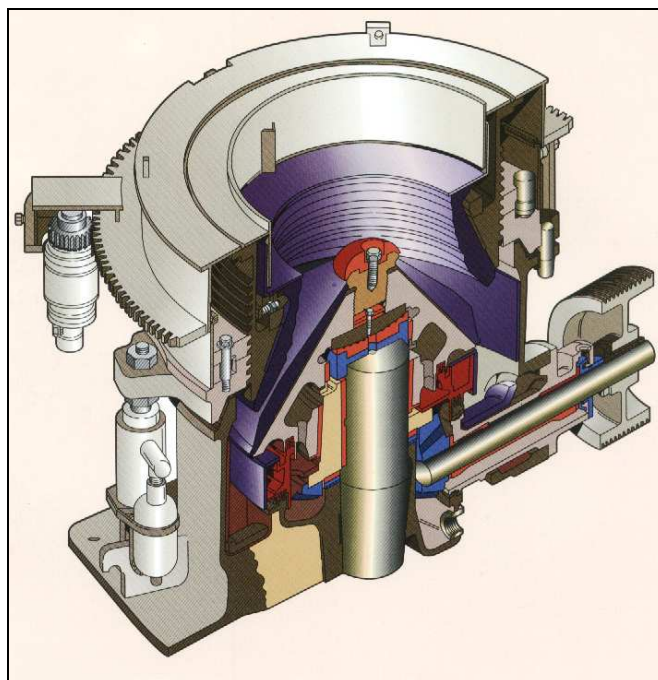
Para indicar el tamaño de las machacadoras de cono, se utiliza el diámetro de la boca de alimentación, expresado normalmente en metros. Son normales las siguientes: 0,50m, 0,60m, 0,90m, 1,30m, 1,65 m.

También se dispone de molinos cuya mandíbula móvil es de tipo esférico. En la cámara de machaqueo de este tipo de aparatos se produce un fenómeno de auto molienda debido, fundamentalmente, a la pequeña inclinación de dicha cámara, lo cual es beneficioso para obtener grandes reducciones del material.

Aunque aparentemente las machacadoras giratorias primarias y secundarias presentan una misma forma, las cámaras de trabajo de las machacadoras primarias son conos de menor ángulo en el vértice, mientras que la cámara de trabajo de las machacadoras giratorias secundarias es mucho más tendida para conseguir una reducción más grande del material aportado, ya de tamaño suficientemente pequeño; esto permite que permanezca más tiempo en dicha cámara el material a machacar.

El consumo de energía horario es de 0,4 a 0,5 CV / t. Las machacadoras giratorias admiten radialmente entre 400 y 800 mm una relación de reducción de 1:4 a 1:5, mientras que los molinos de cono admiten tamaños máximos de 400 mm. y relaciones de reducción de 1:4 a 1:7.

**Figura 1.17 Machacadora De Cono**



Fuente: Folleto comercial Molinos de cono Nordberg Serie HP Metso Minerals

### 1.1.5.7 Machacadoras de impacto y de percusión (o de martillos)<sup>24</sup>

Propiamente, las machacadoras de impactos admiten un tamaño de piedra entre 500 y 3.000 mm, con una relación de reducción de 1:8 a 1:12; en la mayor parte de los casos se emplea como complemento en serie (o secundario) de las machacadoras de cono o de mandíbula.

Constan de una carcasa metálica muy robusta, que tiene dos aberturas: una superior, donde se vierte el producto a machacar y otra inferior, para salida del material machacado.

Un rotor que gira a gran velocidad va provisto en sus generatrices de barrotes lanzadores que proyectan el material contra las placas rompedoras de material semiduro. El consumo de energía horario es de 1,4 CV /t. Se fabrican para producciones horarias de 1.000 t y mas.

Dentro de la carcasa de las machacadoras de percusión hay uno o dos martillos múltiples (es raro que se dispongan tres) que giran a elevadas velocidades (1000 a 1.500 vueltas por minuto). Al entrar la piedra y caer sobre los martillos, sale aquella despedida por estos contra la carcasa que los rodea, rompiéndose la piedra por el golpe.

El límite de machaqueo se produce cuando la piedra se halla tan reducida en su tamaño que puede pasar entre los martillos, o entre éstos y la carcasa, sin ser impelida de nuevo. Se construyen con diámetro de rotor de 300 a 2500 mm.

El rendimiento de las machacadoras de martillos es mas elevado que el de las mandíbulas y giratorias, pero tiene la limitación de admitir sólo la piedra de pequeñas dimensiones; son muy sensibles al tipo de estratificación de la roca que puede producir tamaños irregulares no convenientes para ciertas aplicaciones.

---

<sup>24</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 526

### 1.1.5.8 Machacadoras de cilindros<sup>25</sup>

Constan de dos o tres cilindros de ejes paralelos que giran muy próximos y en sentido distinto. Van rodeados de una carcaza que impide que el material salga al exterior.

Los cilindros arrastran hacia sus generatrices más próximas el material que cae sobre ellos; el tamaño de la piedra obtenida depende de la separación entre aquellos.

Normalmente, las machacadoras de rodillos presentan una limitación similar a las de martillos, pues admiten el material de tamaño pequeño con un rendimiento elevado.

Los cilindros llevan unas camisas recambiables que pueden sustituirse. Son varios los tipos de camisas y sus perfiles dependen del tipo de roca elegido y de la granulometría deseada en la operación.

Es frecuente encontrar molinos de rodillos en serie aprovechando, por ejemplo en el de tres rodillos, uno de ellos como intermediario, el cual machaca en parte de su superficie la roca de entrada y en otra parte de su superficie, el producto reducido anteriormente.

No debe alimentarse con tamaños superiores a 1/20 del diámetro del cilindro. Su empleo está limitado a materiales con menos del 15 por 100 de sílice, o 2.000 kg./cm<sup>2</sup> de resistencia a la compresión.

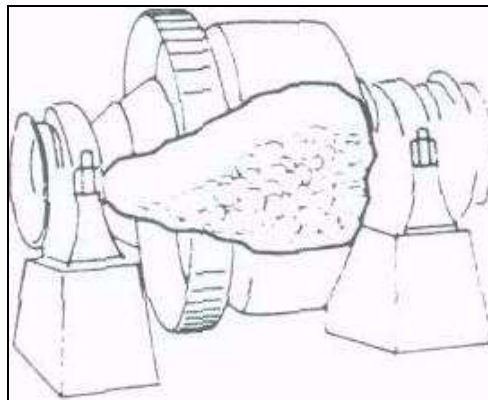
---

<sup>25</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 527

### 1.1.5.9 Molinos de bolas<sup>26</sup>

Cuando se pretende obtener áridos de muy pequeñas dimensiones, se utilizan los molinos de bolas, que constan de un tambor giratorio dentro del cual se introduce el material que se va a machacar y una gran cantidad de bolas de acero. Al girar el conjunto de las bolas y la piedra, sufren golpes recíprocos que van pulverizando esta, llegándose a productos machacados de gran finura.

**Figura 1.18 Molino de bolas**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 Pág. 528

### 1.1.5.10 Machacadoras de impacto Barmac<sup>27</sup>

La trituradora Barmac(terciaria) roca contra roca constituye una de las mas nuevas tecnologías en trituración disponibles en la industria de tratamiento de áridos.

Consta de una entrada centralizada de alimentación, una placa controla el flujo de material para dentro del rotor seleccionando el tamaño adecuado de abertura. El material excedente, imposibilitado de pasar por el rotor se transporta como cascada.

---

<sup>26</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 528

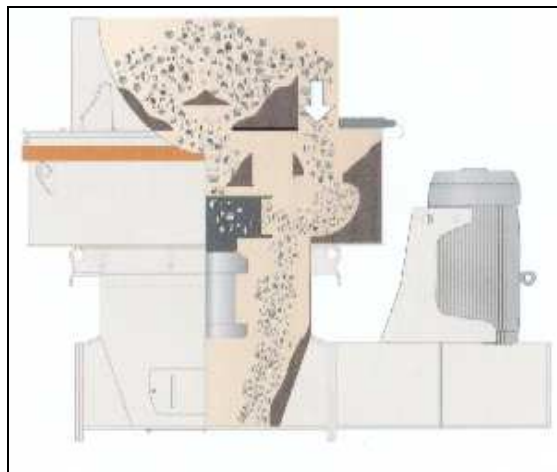
<sup>27</sup> ALLIS MINERAL SYSTEMS; Manual de Britagem Facó; Pág. 3.16

La cámara de trituración, en la cual el material del rotor y de la cascada se combinan.

El rotor acelera el material continuamente hacia el la cámara de trituración, las velocidades de salida de las partículas varia de 50 a 105 m/s.

Una cortina constante de partículas en suspensión circula por la cámara de trituración. Las partículas pasan durante 5-20 segundos antes de que pierdan su energía y se precipiten fuera de la cámara

**Figura 1.19 Barmac**



Fuente: Folleto Comercial Chancadora Nordberg Barmac VSI SerieB metso minerals

#### **1.1.5.11 Elementos transportadores de áridos<sup>28</sup>**

Como elemento complementario para la extracción, empleo y clasificación de áridos esta el transportador, que cumple la función específica de trasladar los materiales entre dos puntos de cota distinta o igual.

En general, los elementos transportadores no tienen mayor alcance que el necesario para comunicar las partes fundamentales de una instalación de machaqueo, que, como se sabe, son: machacadora, cribas y silos, o bien el lugar

<sup>28</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 530

de producción y el de empleo. Entre los elementos de transporte de áridos se tienen los siguientes:

#### *1.1.5.11.1 Cintas transportadoras*

Existen diversas circunstancias que obligan a un transporte continuo mediante cinta; en general, es necesario especificar previamente el tipo de material y la capacidad de transporte, así como evitar que se sobrepasen pendientes superiores a los 15°. El transporte por cintas, en la mayor parte de los casos, se emplea cuando los materiales que han de transportarse son granulares y no cohesivos; pueden alcanzarse longitudes importantes en condiciones excepcionales.

Como ventajas del transporte por cinta figuran: el bajo costo de entretenimiento y la posibilidad de efectuar la descarga en cualquier punto de su trayectoria, así como la capacidad de adaptación posterior de las instalaciones a otras obras o condiciones.

Las longitudes obtenidas con cintas rebasan en ciertas instalaciones industriales los 10 km., e incluso existen presas de tierra construidas con materiales traídos de más de 15 km. En instalaciones normales de obras públicas rara vez rebasa cada cinta la longitud de 100 m.

La cinta transportadora se compone de los siguientes elementos:

- Estructura de soporte de la cinta (en general, metálica).
- Cilindro motor, generalmente colocado en la parte superior de la cinta (cuando esta no es horizontal) al efecto de que la cara de la banda cargada este traccionada.
- Cabeza o tambor de retomo y tensado.
- Rodillos superiores de soporte de la banda.
- Rodillos inferiores.
- Banda de material plástico con anchos que oscilan entre 40 y 100 cm.



Debido a las condiciones de trazado, las cintas pueden ser horizontales o inclinadas; se limita la inclinación en estas últimas por razones de adherencia, aunque es normal que se dispongan bandas o cintas de arrastre con tacos o rugosidades para evitar el deslizamiento del material.

Respecto a las cabezas motoras y tensoras, debe añadirse que se hacen normalmente de chapa de acero y que pueden, en algunos casos, tener rugosidades especiales, para facilitar el arranque con cinta cargada y evitar esfuerzos de patinado que pudieran destrozar las cintas por calentamiento.

Los rodillos superiores pueden disponerse en distintas formas, tales como: rodillo único, rodillo doble, rodillo temario, rodillo de catenaria, etc.; mientras que los de retomo son generalmente lisos y únicos.

Las estructuras de soporte son metálicas, normalmente y hechas de perfiles laminados, o de alma llena en las de pequeña luz.

El punto débil de los transportadores continuos por cinta es, precisamente, la banda de rodadura, que puede tener espesores comprendidos entre 7 y 3 mm en su cara exterior y entre 3 y 1,5 mm en su cara interior. La banda, cuyo coste puede representar mas del 50 por 100 del total de la cinta, debe estar bien dimensionada y su armadura textil debe ser la adecuada para el trabajo requerido.

#### ***1.1.5.11.2 Elevadores de cangilones***

Pueden ser de construcción cubierta o descubierta, dependiendo del material a elevar y de las condiciones ambientales, tales como viento, lluvia, etc., que puedan dañar la carga.

Aunque los elevadores de cangilones son normalmente verticales, pueden disponerse en planos inclinados.

Un elemento primordial de este tipo de transporte es el sistema de descarga, que puede ser por gravedad o centrífugo, según los casos.

Las velocidades de traslación oscilan normalmente entre 1 y 4 m/s, alcanzándose anchos de 1 m. Rara vez su elevación es superior a los 50 m. y su capacidad no sobrepasa los 400 m<sup>3</sup>/h. Existe una amplia gama de cangilones, que varían en función de los materiales que se transporten.

#### ***1.1.5.11.3 Transportadores redlers***

Para transportes continuos se usan frecuentemente cadenas sin fin introducidas en cajas cerradas que desplazan en su movimiento masas de material polvoriento, pero no cohesivo.

La cadena resbala sobre el fondo o sobre carriles adecuados y el arrastre del material es facilitado por la presencia de barras transversales fijadas a la cadena.

Aunque este tipo de aparatos no se utiliza mas que en fabricas e instalaciones industriales de una cierta categoría, en razón a la fuerte inversión que representa, es interesante citarlos aquí por el poco espacio que ocupan y por la imposibilidad material de perdida del producto transportado que circula en espacios cerrados.

Su gran flexibilidad respecto a puntos de entrada y salida del material es extraordinaria. Normalmente, no se transportan mas de 800 t/h a velocidades inferiores a 2 m/s. Las secciones de las cajas oscilan entre 100 x 700 y 800 x 2.000 mm; su longitud total es, generalmente, inferior a los 200 m.

#### **1.1.5.11.4 Tornillo de Arquímedes.**

Para el transporte de áridos muy finos puede emplearse el tornillo de Arquímedes, que consta de un tornillo sin fin encerrado en un cilindro o en caja de sección rectangular que lo envuelve a pequeña distancia de su hélice exterior.

Aunque, frecuentemente, el tornillo de Arquímedes se utiliza para simultanear el transporte con el lavado de un árido mediante una corriente de agua, puede también emplearse como elemento simple de transporte.

#### **1.1.5.12 Equipos de clasificación de áridos<sup>29</sup>**

Rara vez se encuentran los áridos en la naturaleza en las proporciones más convenientes para el fin que han de ser destinados.

Entre las principales aplicaciones del árido clasificado pueden citarse las siguientes:

- Árido para hormigones de elevada resistencia.
- Bases y sub bases para explanaciones carreteras
- Balasto de las superestructuras ferroviarias.

Puede comprenderse fácilmente que en la mayor parte de los problemas de separación de áridos en tamaños escalonados, la solución consiste en hacer pasar la masa de áridos, sucesivamente, por telas metálicas o chapas perforadas.

Por regla general, las chapas perforadas los son según círculos de un mismo diámetro, mientras que las telas metálicas se disponen según agujeros cuadrados; conviene tener estos detalles muy en cuenta al elegir el tipo de malla,

---

<sup>29</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 533

con el fin de dejar pasar un determinado tamaño, ya que por un agujero cuadrado pueden pasar piedras del tamaño de su diagonal.

Salvo aquellos casos en los que haya adherencia entre dos de los tipos de áridos, el elemento de cribado básico es única y exclusivamente la chapa perforada o la tela metálica.

Muchos han sido los tipos de cribas usados, aunque hoy en día tienen realmente aplicación los siguientes:

#### ***1.1.5.12.1 Tipo manual fijo:***

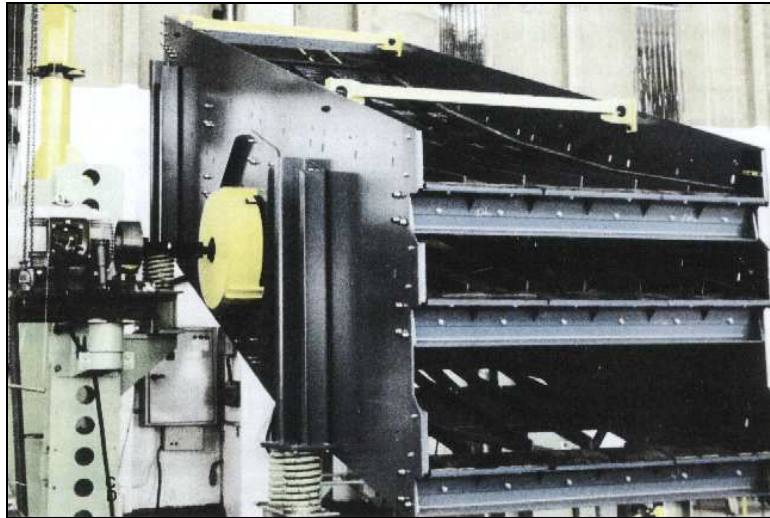
Este tipo no necesita mayor explicación, pues es en esencia un marco de madera con una tela metálica en su interior. El marco se dispone con una inclinación de  $50^{\circ}$  aproximadamente y al lanzar contra el los materiales granulares se separan en dos tamaños: el menor, que pasa por la malla y el mayor, que queda al pie de la criba.

#### ***1.1.5.12.2 Tipo de bandeja con masas excéntricas.***

Consta fundamentalmente de uno o dos planos de cribado fijos a bastidores, a los cuales se han adosado masas giratorias excéntricas que, en determinada posición compensan sus aceleraciones, mientras que en otras posiciones dan componentes según distintas direcciones, provocando aceleraciones del material y originando la caída de los mismos a través de los agujeros de la criba, cuando su tamaño es menor que estos; cuando su tamaño es superior, el material se desliza a lo largo de las mallas o chapa perforada.

Para favorecer este deslizamiento o avance del material se disponen los planos de cribado con una cierta inclinación. La velocidad de vibración acostumbra a ser inferior a las 1000 oscilaciones /minuto.

**Figura 1.20 Criba o Zaranda Vibratoria**



Fuente: Folleto comercial Zarandas CBS Metso Minerals

***1.1.5.12.3 Tipo de bandeja con accionamiento electromagnético:***

El sistema es similar al anterior, aunque la caída del material no es provocada por procedimiento mecánico. El sistema más en uso aprovecha el acoplamiento o ruptura de circuitos de potentes electroimanes que transmiten una fuerte sacudida al material que se va a cribar.

***1.1.5.12.4 Tipo cilíndrico rotativo:***

Al mecanizarse a principio de siglo el sistema de cribado, fue este tipo el primero utilizado. El cribado obtenido es muy grosero y de poca precisión, por debajo de los 2 mm. Consta, esencialmente, de un gran tambor de chapa perforada o de malla metálica fija sobre un bastidor cilíndrico rígido.

Este tambor tiene una inclinación y gira a pequeña velocidad.

### 1.1.5.13 Instalaciones completas de tratamientos de áridos<sup>30</sup>

Aunque pueden ser muy complejas según los tipos de áridos que se obtienen, se cita una elemental, compuesta de alimentador, machacadora, criba y bandas transportadoras, en disposición que puede ser de circuito cerrado o abierto.

**Figura 1.21 Planta Completa de Trituración**



Fuente: Los autores (Foto de equipo funcionando en Calderón Guayllabamba)

### 1.1.6 MAQUINARIA PARA PERFORAR<sup>31</sup>

Son máquinas que sirven para perforar suelo duro ya sea para luego introducir una carga explosiva o para hacer túneles o canales. Existen cuatro sistemas pesados de perforación de rocas más utilizados y son los siguientes:

- Perforación por percusión
- Perforación por rotación y trituración simultánea (por tricono)
- Perforación por rotación y corte

<sup>30</sup>DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 539

<sup>31</sup>DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 303

- Perforación por rotación abrasiva y corte (sondas con extracción de testigos).

#### 1.1.6.1 La perforación por percusión

Es el más utilizado en obras publicas consta de un vehículo que generalmente es de orugas y un taladro o martillo que puede tener brazo extensible que es la solución ideal para terrenos difíciles donde se requiere mayor capacidad y maniobrabilidad, son denominados Track Drill.

**Figura 1.22 Track Drill**



Fuente: Los autores (Foto tomada en la construcción de la carretera Zamora-Yanzatza)

#### 1.1.6.2 Perforación por rotación y trituración simultanea

Es un método cada vez más desarrollado. En un principio se utilizó en la perforación de pozos petrolíferos y ha sido adaptado casi en exclusiva en obras públicas para la voladura de canteras de gran cota a cielo abierto y en rocas duras. Son recomendables para rocas con carga de rotura de hasta 5000 Kg/cm<sup>2</sup>.

la energía es transmitida por la cabeza perforadora, que la recibe a través de las distintas barras de acero. Los triconos de la cabeza, en su impacto y rotación contra la roca, consiguen la trituración de esta.

#### **1.1.6.3 Perforación por rotación y corte**

Se ha empleado hasta el presente en rocas blandas hasta una carga de rotura de 15000 Kg/cm<sup>2</sup>. la energía es transmitida por tubos de acero, en cuyo extremo unas plaquitas de metal duro ejercen presión sobre la roca, que se desprende o fragmenta. Son poco utilizados en obras públicas.

#### **1.1.6.4 Perforación por rotación abrasiva y corte**

Se ha usado normalmente cuando se desea obtener un testigo de la roca perforada, lo cual obliga a utilizar útiles huecos. En esta perforación, el testigo se obtiene ya sea en forma de roca pulverizada o por facturación de la columna de roca que se perfora.

Existen dispositivos para evitar la pérdida del material perforado, tales como flejes, bolas de retención, etc.

#### **1.1.7 MAQUINAS DE SONDEO<sup>32</sup>**

En múltiples ocasiones es necesario conocer las características geomecánicas del terreno donde va a situarse cualquier tipo de construcción. Este reconocimiento del terreno puede hacerse de dos formas: bien con perforación de los sucesivos estratos para conocimiento real de sus características, o bien sin necesidad de perforación y utilizando sistemas basados en la conductibilidad eléctrica o de las ondas de choque a través del mismo terreno. Este último

---

<sup>32</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 337



sistema no será tratado en el presente proyecto, pues pertenece a otra técnica perfectamente definida.

Los equipos de reconocimiento del terreno o equipos de sondeo pueden ser de dos tipos: manual y mecánico, según de donde proceda la energía que los acciona.

No entrará en el sondeo realizado a mano mediante barra de mina o con sondas del tipo Palissy, dado su poco rendimiento y el costo de operación de los mismos, que los hace prácticamente prohibitivos, salvo para reconocimientos muy someros.

El reconocimiento del terreno, en muchos casos, exige no solamente la perforación de un taladro, sino también, frecuentemente, el entubado del mismo para evitar el desmoronamiento de las partículas de terreno. La penetración del tubo se ejecuta golpeándole en su parte superior con un martinete, o por presión hidráulica ejercida por un gato.

Los equipos mecánicos de sondeo se componen, en general, de dos elementos básicos constituyentes: el mecanismo motor y el útil de perforación.

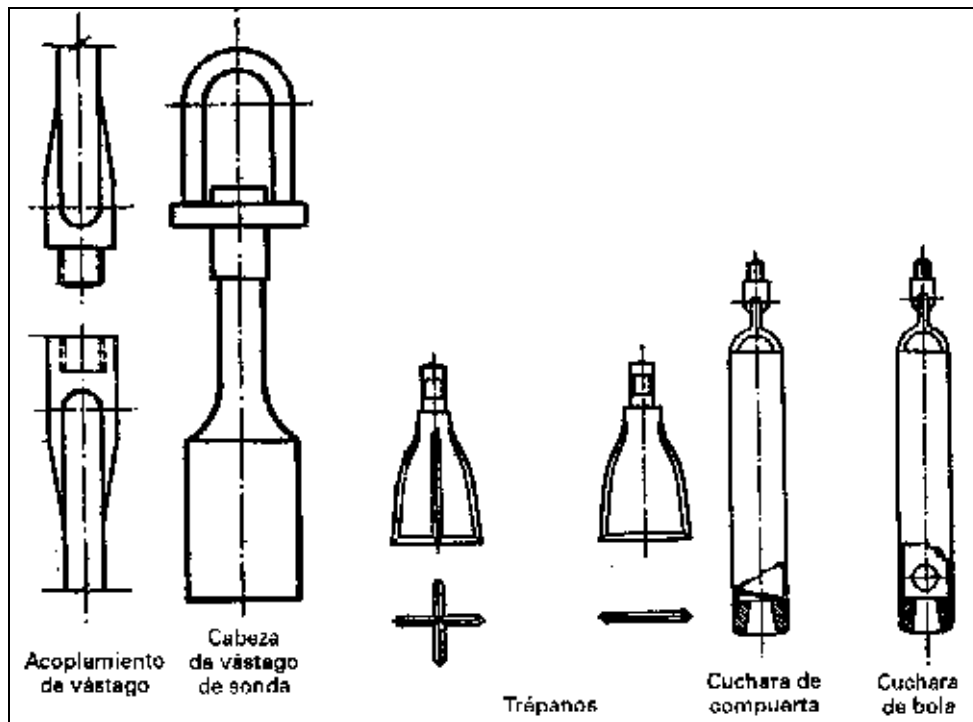
Los mecanismos motores dependen, como es natural, de la fuente de energía disponible y pueden ser accionados por motor diesel, eléctrico, de gasolina, etc., según los casos.

Por lo que se refiere al útil de perforación, hay que distinguir dos partes fundamentales en el mismo: la propia cabeza del útil, o elemento que esta en contacto con el terreno que se perfora en cada momento y la barra que transmite las acciones del elemento motor a la cabeza.

La cabeza de perforación es, generalmente, de borde cortante y se llama trepano; hay diversos modelos según el tipo de roca, bolos, etc.

Igualmente, en el extremo del vástago se dispone de diversos artificios para recogida de detritus, o bien cucharas que permiten su evacuación

**Figura 1.23 Vástago - Acoplamiento y Cucharas**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 Pág 378

Existen dos tipos fundamentales de máquinas de perforación según las características de su ejecución, los equipos de percusión y los equipos de rotación.

Los equipos de percusión, como su nombre indica, producen el taladrado por un golpe repetido y en general, no permiten la extracción de testigos completos del material atravesado.

Los equipos de rotación tienen la ventaja de que su avance perturba menos las características físicas del terreno que se ha atravesar y permiten, en la mayor parte de los casos, la extracción de un testigo que identifique perfectamente los estratos atravesados.

Ciertas excavadoras ligeras y tractores disponen de soportes para equipos de perforación que ofrecen frente a los equipos corrientes de perforación, tales como el caballete y el tomo de sondeo, la ventaja de que la instalación en su totalidad es fácilmente desplazable en las obras.

La capacidad de giro del pescante o soporte, o cualquier otro dispositivo ad hoc facilita el progreso del trabajo de perforación. Estas ventajas solamente pueden apreciarse realmente en obras donde ha de realizarse un número elevado de perforaciones.

Con voluminosos trabajos de perforación del mismo tipo, en ciertas obras es necesaria una planificación minuciosa, que de realizarse correctamente supone ahorros considerables.

Los trabajos de perforación en la construcción pueden agruparse básicamente en tres categorías:

1. Perforaciones de investigación, cuyo objetivo es examinar el subsuelo geológica e hidrogeológicamente, así como llevar a cabo trabajos de test.
2. Perforaciones que pueden ser ampliadas posteriormente.
  - a) Perforaciones de pequeño diámetro para el montaje de anclajes
  - b) Perforaciones de gran diámetro con o sin entubación, como pilotes y pozos de drenaje.
3. Perforaciones para medidas auxiliares de construcción.
  - a) Perforaciones de diámetro pequeño para trabajos de enlace y de excavación por congelación.

b) Perforaciones de gran diámetro para la utilización de soportes y pilares en la construcción, o para apoyo en la fabricación de paredes o muros anclados.

Falta añadir que en todo tipo de perforaciones del terreno debe contarse con la eventual presencia del agua, que frecuentemente impone técnicas específicas a la propia perforación

#### **1.1.7.1 Equipos de sondeo por percusión**

En general, los equipos de sondeo por percusión tienen una limitación en la profundidad que se puede alcanzar con ellos, debido a la fuerte fricción en las paredes del taladro.

Existen varios tipos de equipos de perforación por percusión, que vamos a enumerar:

- Martillo perforador ordinario.
- Sondos de varilla.
- Sondos de balancín.
- Sondos oscilantes de cable.
- Sondos de cuchara de almeja.

El martillo perforador permite alcanzar cómodamente profundidades de hasta 5 m en cualquier dirección del terreno, ya sea vertical, horizontal o inclinada. Su velocidad de perforación es relativamente alta, pero el costo de las barrenas necesarias hace, en general, prohibitivo pretender perforaciones superiores a los 5m.

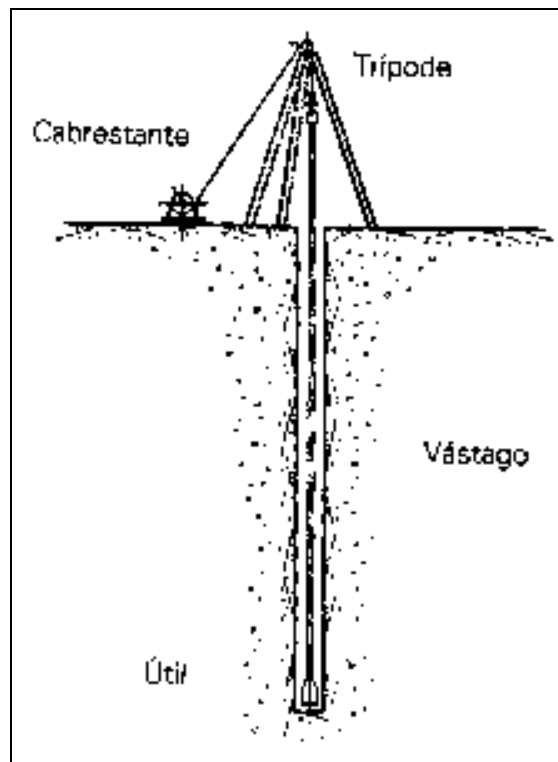
Las sondos de varilla constituyen un elemento mecánico de importancia para los trabajos de sondeo. Con el puede llegarse, fácilmente, a profundidades de hasta 150 m, en condiciones relativamente rápidas si la roca a perforar no es excesivamente dura.

La barra, que generalmente va atornillada, debe prolongarse a medida que se va realizando la perforación.

La elevación del útil de perforación se realiza, ya a mano, ya mediante un cabrestante y se deja caer posteriormente, produciendo la perforación requerida; el ciclo se repite de forma continua.

Los diámetros de agujeros oscilan entre 0,3 y 0,4 m para profundidades medias.

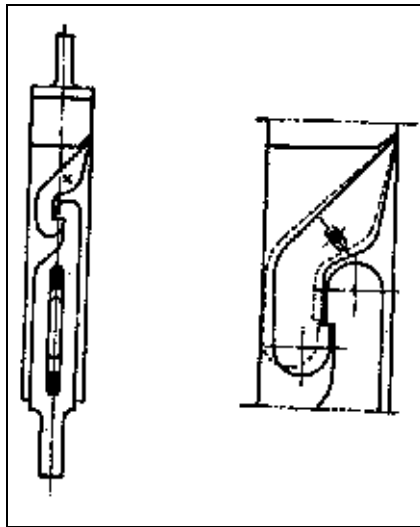
**Figura 1.24 Sonda de Varilla**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001; Pág 380

Cuando la profundidad es elevada y para no dañar la varilla, se aísla el movimiento del trepano del resto del vástago de sonda mediante trinquetes o dispositivos análogos.

**Figura 1.25 Dispositivo de trinquete para perforar**

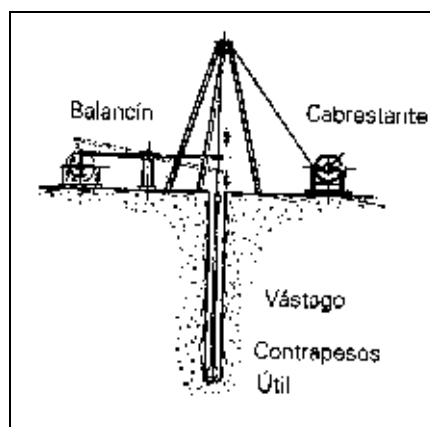


Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001; Pág 380

La sonda de balancín esta basada en el movimiento alternativo de subida y bajada producido en el cable que sostiene el útil de perforación al ser accionado aquel por un motor, mediante un mecanismo de biela y manivela.

En las sondas de balancín y para darle mas velocidad a la perforación, se acostumbra a lastrar los vástagos o barras sobre los que va montado el útil de perforación.

**Figura 1.26 Sonda De Balancín**



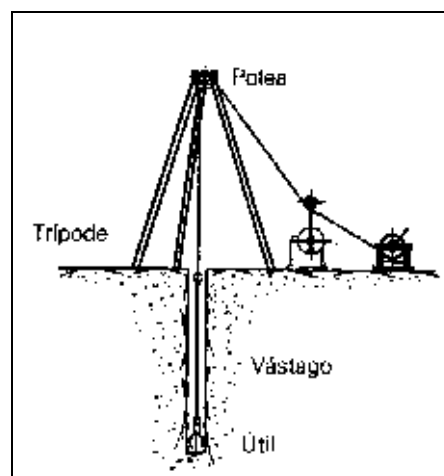
Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001; Pág 380

Las profundidades obtenidas pueden ser importantes, ya que el movimiento alternativo de percusión rara vez es inferior a 60 julios / minuto; para las profundidades utilizadas normalmente en obras publicas puede contarse con una velocidad media entre 30 y 60 m / día.

Las sondas de cable o americanas son similares a las de balancín, pero en aquellas el movimiento alternativo de subida y bajada se produce simplemente por la recogida y suelta del cable.

Las profundidades de perforación que se logran alcanzar utilizando sondas de cable rara vez sobrepasan los 200 m; normalmente se emplean cables de acero de diámetros no inferiores a los 18 mm. Para aumentar el impacto se lastra el vástago, hasta alcanzar a cargas totales de cerca de 1t.

**Figura 1.27 Sonda De Cable**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 381

Las sondas con cuchara de almeja están basadas en un dispositivo en forma de cuchara con bordes cortantes y retráctiles que después de clavarse por su propio peso en el terreno pueden recoger entre sus bordes, al cerrarse, material blando que posteriormente elevan a la superficie mediante un sistema de cables.

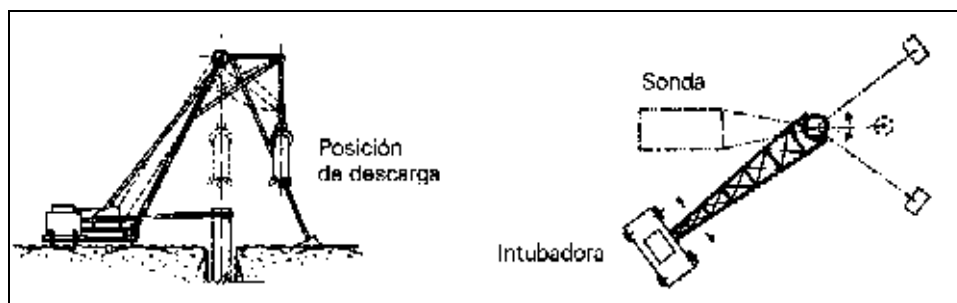
Es general, en estos tipos de perforación de gran diámetro, con cuchara, se entuba el barreno para evitar su desmoronamiento, en razón de la frecuente blandura del mismo.

Estos dispositivos de entubación se introducen en el agujero producido mediante maquinas de vaivén u oscilantes especiales.

En ocasiones se emplean lodos bentoníticos que mantienen la cohesión del terreno durante todo el tiempo de la perforación.

Se emplean este tipo de maquinas o muy similares para la construcción de pilotes de cimentación.

**Figura 1.28 Sonda De Cuchara (Benoto)**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 381

**Figura 1.29 Útiles de Excavación De Pequeños Pozos**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 381



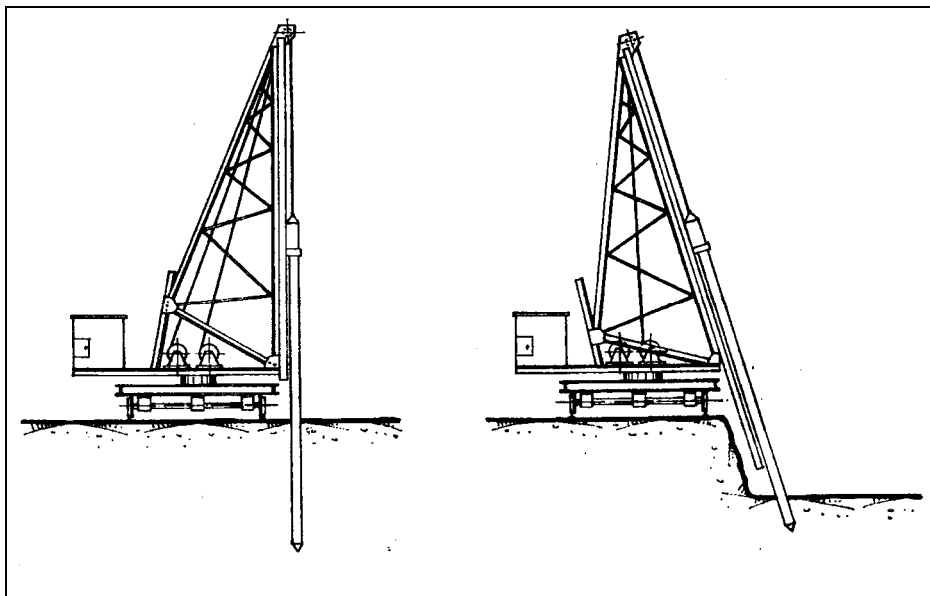
### 1.1.8 MAQUINAS DE CLAVA E HINCA<sup>33</sup>

Para obtener una buena cimentación en terrenos profundos, es preciso, en muchos casos, la hinca de pilotes o la clava de tablestacas, que se realiza por procedimientos conocidos desde la antigüedad y que hoy se han mecanizado.

Para la retirada o arranque de tablestacas y pilotes se utilizan también las mismas maquinas empleadas en la clava.

El dispositivo comúnmente empleado para la clava o hinca es el martinete, elemento mecánico que presenta un plano vertical (o inclinado) sobre el que se sujeta o fija el pilote o tablestaca y se desliza el elemento a hincar. Estos martinetes pueden ser sustentados por plumas de excavadoras o guías a las que se dota de deslizaderas colgadas que ofrecen el mismo resultado en la practica que si de un martinete fijo e independiente se tratase.

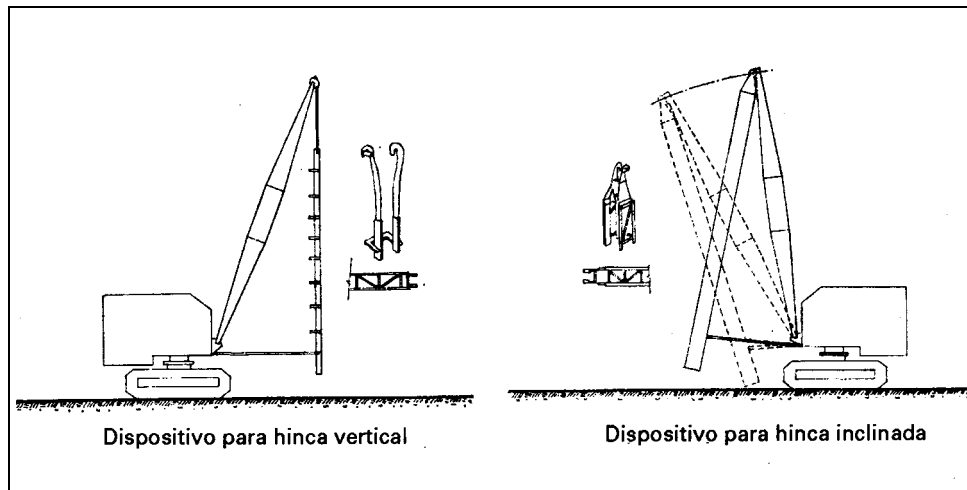
**Figura 1.37 Martinete**



Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 386

<sup>33</sup> Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 386

**Figura 1.38 Dispositivo de hinca**



Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 386

El elemento de hinca, propiamente dicho, no golpea directamente sobre la pieza a hincar, pues en muchos casos la destrozarla con el frecuente golpe. Se protege la cabeza de la pieza a hincar mediante sombreretes o sufrideras o piezas de fundición; en muchos casos llevan una parte superior de madera para recibir en ellas el primer impacto, protegiendo así la propia estructura de la pieza que se hinka.

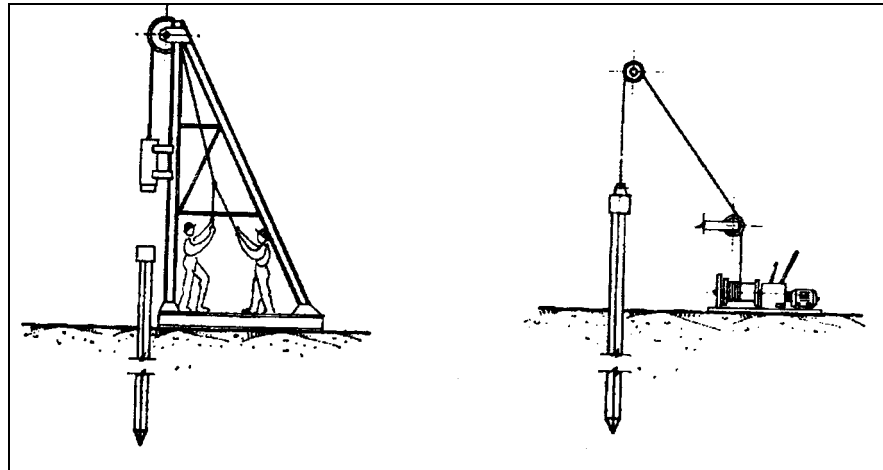
#### **1.1.8.1 Hinca con maza**

El sistema mas elemental de hinca lo constituye una maza que, en general, no supera los 500 Kg. de peso y que en las obras pequeñas se hace subir a mano hasta una altura que no supera casi nunca el metro; produce 4 o 5 golpes por minuto.

Cuando la maza esta accionada por cabrestantes, el peso de aquella llega hasta las 2,5t y las alturas oscilan entre 2,5 y 4 m; se producen así de 20 a 35 golpes por minuto. Es normal que, al igual que pasa con los dispositivos de perforación,

se disponga de un trinquete automático que libere la maza al llegar a la altura requerida.

**Figura 1.39 Hinca Con Masa (a mano y con cabrestante)**



Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 388

### 1.1.8.2 Martillo de vapor

Durante muchos años se ha venido empleando el martillo de vapor como único elemento de hincado a grandes profundidades, obteniéndose resultados interesantes.

El martillo de vapor puede ser de simple o doble efecto, según se aproveche para hincar la pieza mediante el propio peso del martillo, o mediante la acción conjunta de este y la del vapor.

Es muy común en las máquinas de simple efecto, en la que el propio cilindro actúa como martillo, que dispongan de una válvula que hace que la parte superior del cilindro sea activa al vapor.

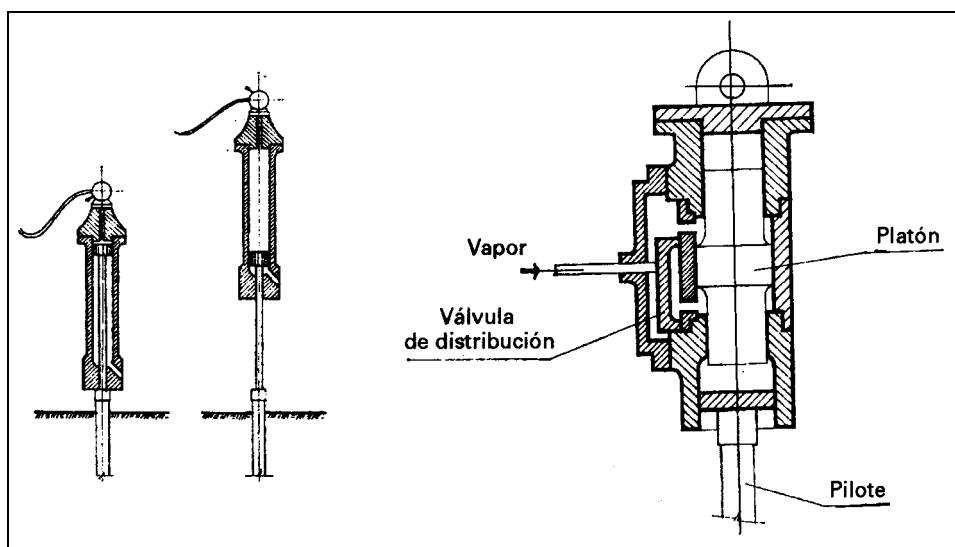
La elevación del cilindro golpeante se produce en otro movimiento de la válvula que permite que se rellene de vapor la parte superior del cilindro.

Los martillos de vapor de simple efecto pesan entre 1 y 101 y la altura máxima de caída no supera, en general, los 2 m; su frecuencia de golpeo es de 25 a 60 golpes por minuto. Este tipo de martillo se emplea, generalmente, con martinete, o soportado por una grúa o maquina similar.

El martillo de vapor de doble efecto dispone de un pistón móvil cuya subida y bajada se hace con mas frecuencia que en el caso del martillo de simple efecto (150 a 300 golpes por minuto).

El movimiento de dicho pistón se realiza de acuerdo con una válvula de distribución adosada a su costado y que lo impulsa en un sentido u otro. El peso de los martillos de doble efecto varia entre 0,5 y 7 t; sus pistones pesan entre 40 y 1.000 Kg., según los casos.

**Figura 1.40 Martillo de Vapor de Simple y Doble Efecto**



Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 389

### 1.1.8.3 Martillos de aire comprimido

Los martillos de aire comprimido, de simple o doble efecto, son accionados por esta fuente de energía a unas presiones de 7 a 8 kg/cm<sup>2</sup>. Sus dispositivos de

accionamiento son en todo similares a los de vapor, pero tienen el notable inconveniente de que la descompresión del aire, que pasa de 7 kg/cm<sup>2</sup> a la presión atmosférica, produce un enfriamiento tal que en climas fríos llega a producir escarcha o hielo en el exterior del propio cilindro; de ahí que su uso se encuentre limitado.

#### 1.1.8.4 Hincá por vibración

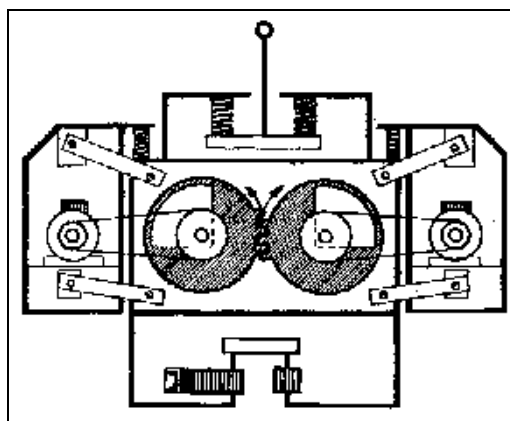
Se viene empleando desde hace años la hincá por vibración, con gran éxito, sobre todo para tablestacas.

Esta hincá se realiza con un vibrador, compuesto de dos elementos simétricos con cargas excéntricas, que en una fase de su funcionamiento produce una componente vertical que consigue el hincado.

Los motores van aislados de los vibradores mediante cadenas o dispositivos de correa trapezoidal, para evitar que las vibraciones les afecten.

El peso de tales vibradores, que se usan también como arrancadores, no supera las 3 t; el giro de los vibradores se produce a velocidades comprendidas entre 500 y 1.000 r.p.m.

**Figura 1.42 Hincá Por Vibración**



#### 1.1.8.5 Hincas con chorro de agua

Es frecuente que la hincas en arenas presente serias dificultades. Se evitan, en general, disponiendo en la punta del pilote, o en alojamientos en sus caras (a través de los cuales se hacen pasar) unos dardos de agua a elevada presión (8 kg/cm<sup>2</sup> o mayores) que facilitan la evacuación de las arenas de la zona cercana a la punta del pilote.

Este tipo de hincas es muy recomendable en aquellas zonas donde el rechazo se presente al 100 por 100 (en terrenos arenosos).

#### 1.1.8.6 Hincas de cajones

Para la hincas de cajones de aire comprimido se emplean las esclusas, que permiten, mediante un juego de compuertas enclavadas, la salida y entrada al personal y a los materiales mediante descompresión o compresión controlada.

**Figura 1.43 Hidromartillo**



Fuente: Folleto technical specifications IHC Hydrohammer

### 1.1.9 MAQUINAS DE ELEVACIÓN<sup>34</sup>

Los elementos de elevación empleados en la ingeniería civil son múltiples y las maquinarias grandes están basadas en sistemas simples como lo son:

- Gatos mecánicos
- Gatos hidráulicos
- Torno manual
- Torno diferencial
- Mecanismo diferencial
- Cabrestante mecánico

Como combinación de los elementos antes nombrados se tiene la creación de las máquinas compuestas de elevación.

#### 1.1.9.1 Grúa ligera de obra

Esta grúa, cuyas cargas no superan, en general, las 3 toneladas, tienen un brazo muy reducido, inferior normalmente a 5 m; la altura de elevación no es superior a los 35m. en general. La recogida del cable se hace a velocidades no superiores a 2.5 m/s.

#### 1.1.9.2 Grúa Derrick

Existen múltiples dispositivos que reciben el nombre de grúas Derrick, si bien el más usual es el mástil vertical situado en posición por medio de dos tornapuntas que forman una estructura indeformable que recuerda un tetraedro, con un triángulo que sirve de base.

Suspendida del mástil vertical está la pluma, de la cual cuelgan las cargas.

---

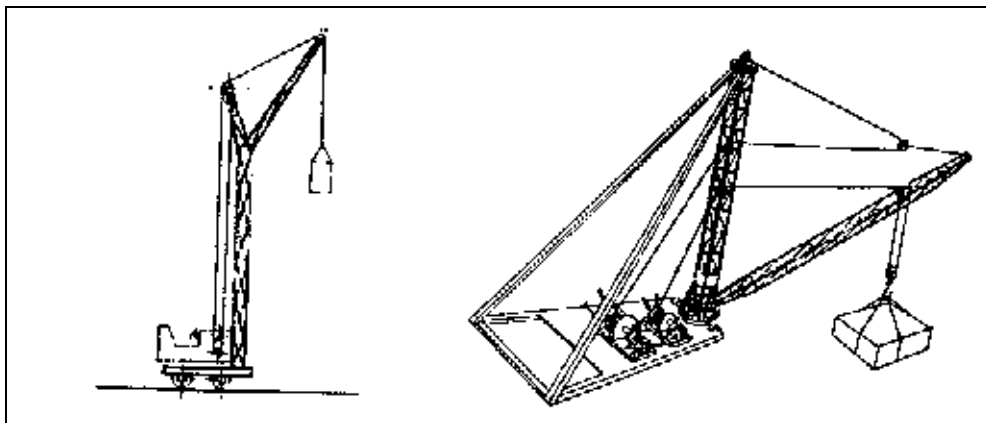
<sup>34</sup> Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag. 423

La posibilidad de giro de la pluma es grande; en su desplazamiento queda limitada, exclusivamente, por los tornapuntas. El giro de la pluma se hace mediante una articulación colocada en el pie del mástil.

Existe otro tipo de grúa derrick sin limitación de giro, en la cual los tornapuntas se han sustituidos por 3 o mas tirantes en forma de paraguas, que mantienen el mástil vertical.

Las grúas derrick se construyen, muchas veces, con elementos de fortuna en las obras; tiene una gran flexibilidad y pueden cargar hasta 200 t, con brazos de 20 m., en instalaciones portuarias.

**Figura 1.44 Grúa de obra y grúa Derrick**



Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 428

### **1.1.9.3 Grúas móviles**

Son grúas que han sido montadas sobre orugas o chasis de ruedas pueden ser un dispositivo mas de las excavadoras normales, ya que se aprovecha todos los elementos de giro y elevación de dichas máquinas. Sin embargo, las grúas especializadas son cada vez más frecuentes, tanto en sus versiones de orugas como sobre neumáticos.



A estas grúas es normal dotarlas de un aguilón complementario en su extremo, para alcanzar mayores distancias, a expensas de reducir su carga en la punta. Cada vez se ha extendido más el uso de las grúas sobre neumáticos, en razón de su facilidad de desplazamiento.

Estas grúas, al igual que las que marchan sobre orugas, pero de una manera mas especial y crítica, deben prepararse mediante una base de apoyo amplia, lo que se consigue mediante patas desplegadas que muchas veces están accionadas por mecanismos hidráulicos. Frecuentemente, estas patas soportan toda la carga, dejando sin apoyo las ruedas, para evitar que la deformación de los neumáticos pueda ser un factor de inestabilidad comprometedor en la operación de izada.

En las grúas sobre neumáticos, es frecuente que la pluma sea en cajón y no de celosía, e incluso de tipo telescópico auto-desplegable por medios hidráulicos. La extensión y retracción se efectúan mecánicamente o por sistemas hidráulicos, manteniéndose en posición por medio de un pasador.

El campo de acción de la grúa móvil ha sido ampliado por el avance en el empleo de los aguilones telescópicos de varios tramos, que se pueden extender a longitudes de 25 m y mas. Cuando se instala en un camión rápido, o en un chasis de orugas, un aguilón se puede prolongar hidráulicamente, lo que la convierte en una herramienta muy adaptable.

Las secciones de la pluma deslizan sobre soportes autolubricantes y de antifricción, que disminuyen la carga y reducen al mínimo las necesidades de mantenimiento.

El movimiento telescópico se realiza por medio de cilindros hidráulicos y esta sincronizado automáticamente, de forma que cada sección de la pluma se extiende o retrae al mismo tiempo en longitudes iguales, con lo que se ahorra el tiempo necesario para igualar dichas longitudes y se garantiza la sencillez de la operación.

El aguilón adicional puede extenderse en muy pocos minutos; esta normalmente sujeto por bisagras al cabezal de la pluma y plegado, generalmente, contra la cara inferior de la misma, cuando no esta en servicio.

Los sistemas hidráulicos están accionados directamente por el motor diesel y están constituidos por bombas triples de engranajes. El fluido se transfiere, a través de un acoplamiento rotativo y válvulas de control, a cilindros y a una superestructura de giro.

En general, la bomba principal se utiliza para los movimientos de elevación, de variación del ángulo de la pluma y sistema telescópico. La bomba intermedia se emplea en el movimiento de giro y la bomba menor, para accionar los gatos hidráulicos, así como para la elevación; en caso de fuertes cargas, esta previsto que trabaje con la bomba primaria. El cilindro principal de elevación esta situado, generalmente, en el extremo trasero de la pluma y la oscilación de esta se realiza mediante uno o dos cilindros de gran diámetro

**Figura 1.45 Grúa Telescópica Sobre Ruedas**



Fuente: Folleto comercial Grúa JCB 540-170

#### 1.1.9.4 Grúas torres

En obras de edificación se emplean, con mucha frecuencia, las grúas torre, que disponen de un mástil y una cruceta. El mástil, en algunos modelos, es auto prolongable.

En las grúas de edificación es normal que existan dispositivos de auto elevación sobre los cuales, una vez colocados los primeros modules, puede irse elevando la estructura de la propia grúa. Por otra parte, aprovechando el hueco de un patio de luces o la caja del ascensor, puede emplearse una grúa sin apoyos laterales.

En estos casos, la grúa se apoya en los dos últimos pisos acabados, que son aptos para absorber cargas verticales. La grúa dispone de cables, cadenas, o bien de gatos hidráulicos, que facilitan la elevación de la estructura de la grúa.

Otros dispositivos en los que se mantiene completo el mástil se basan en la prolongación de la grúa por la parte superior, mediante secciones adicionales que permiten la elevación simple del propio mástil.

Las grúas torre están formadas de una viga de celosía, horizontal, sobre la que desliza un carretón móvil, dotado de un gancho de elevación y cuyo par de vuelco queda equilibrado, en parte, por un contrapeso fijo.

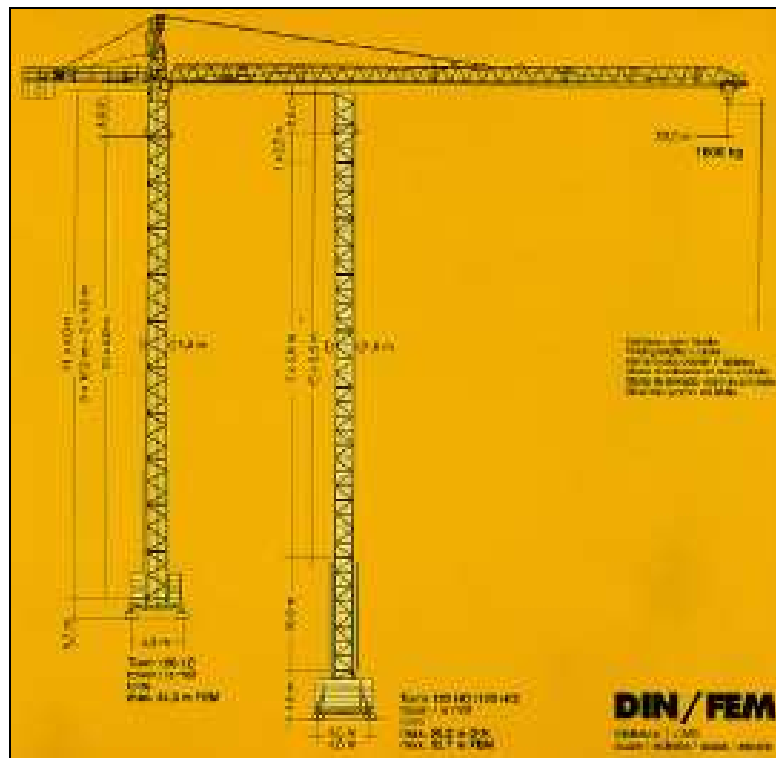
Estas grúas alcanzan alturas del orden de 75 m y disponen de luces no superiores a los 40 m, dependiendo del brazo máximo admitido de la carga en la punta.

La relación entre carga y brazo se conoce mediante cómodos cuadros o gráficos. También se emplean en obras grúas de mástil vertical trasladable y pluma abatible.

Las distintas posiciones de la carga en estos tipos de grúas, en relación con la estabilidad, se analizan de igual forma que en las grúas móviles.

Dado que estas grúas se emplean con mucha frecuencia en las obras, debe tenerse en cuenta la posibilidad de interferencia de sus campos de giro, para evitar accidentes al personal.

**Figura 1.46 Grúa Torre**



Fuente: Manual técnico de grúa torre LIEBHERR

### 1.1.10 MAQUINARIA PARA FIRMES BITUMINOSOS

La maquinaria para firmes bituminosos son las siguientes:

#### 1.1.10.1 Plantas de asfaltos<sup>35</sup>

La planta de asfalto tiene los siguientes componentes:

<sup>35</sup> Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 pag 621

#### ***1.1.10.1.1 Predosificador de áridos***

Este equipo lo integran varias tolvas (4 o 5) para el almacenaje de los distintos tipos. Cada tolva dispone de un alimentador de regulación independiente. En general, se destinan dos tolvas para arena, ya que, normalmente, son precisos dos tipos de este material para inscribir la fórmula del producto que se ha de preparar dentro de las curvas límites: una para garbancillo, otra para gravilla y una tercera para gravilla fina.

Puede trabajarse normalmente con solo cuatro tolvas, pero si se dispone de la quinta, puede pasarse con mayor facilidad de la fabricación de un hormigón asfáltico de capa superficial a la de una capa de base, así como corregir, en caso necesario, un árido deficiente en alguno de los tamices.

Cada una de las tolvas esta provista de su correspondiente alimentador, que debe regularse independientemente. Existe un gran número de sistemas de alimentación.

Son de muy simple regulación los electromagnéticos, cuyo funcionamiento es correcto en todos los tamaños de áridos, dentro de unas condiciones normales de humedad. Con arenas mojadas su alimentación se hace difícil y es aconsejable dotar sus tolvas de dispositivos de tipo cinta de alimentación metálica, si se estima que se deberá trabajar en estas condiciones de forma continuada.

Es prudente prever la forma de vaciado de las tolvas de predosificación, sin necesidad de hacerlo a través de la planta asfáltica. En muchos predosificadores ello se consigue fácilmente por inversión del sentido de la marcha de la cinta general de recogida.

#### ***1.1.10.1.2 Secador de áridos***

Con este dispositivo se consigue la elevación de temperatura de los áridos hasta el punto debido para efectuar las mezclas asfálticas; en general, por debajo de los 150 °C.

Su rendimiento en toneladas de áridos siempre se da en función de la humedad de los mismos; y para que los rendimientos de diversos secadores sean comparativos, deben referirse a un mismo grado de humedad.

La eficacia de un secador depende de muchas variables (tipo de mechero, sistema de alimentación, circulación y evacuación de áridos, grado de humedad de los áridos, diámetro del tambor, longitud, etc. Cada fabricante ha llegado a dimensionar los suyos a base de su experiencia y debe garantizar los rendimientos nominales ofrecidos.

El secador de áridos, fundamental para obtener un buen hormigón asfáltico, es un tubo de gran diámetro (puede tener hasta 2 m) y de una longitud de 15m, aproximadamente, donde, mediante su giro a velocidad reducida (de 5 a 15 revoluciones por minuto), se produce el desecado de los áridos por un potente flujo de aire caliente, producido por quemadores de fuel-oil, que circula en dirección contraria a los áridos, que descienden por gravedad.

#### ***1.1.10.1.3 Clasificador y dosificador de áridos***

Con este dispositivo se consigue la mezcla de los áridos en las proporciones preestablecidas. Es habitual que se disponga de una tolva de recogida de áridos por los excesos que se producen en la mezcla.

El grupo de clasificación y dosificación tiene por misión efectuar la mezcla de los áridos para permitir realizar el tipo de aglomerado que se prescribe.

Está compuesto de una criba vibrante de 3 o 4 bandejas, unas tolvas de pequeña capacidad y una báscula acumulativa hasta la capacidad total de la hormigonera.

En la puesta en marcha de una planta debe regularse la alimentación de los predosificadores, de forma que no se produzcan excesos de áridos continuados en las tolvas del grupo de clasificación, ya que los mismos deberán ser evacuados.

En la instalación de la planta es conveniente situar una tolva de recogida del exceso inevitable de áridos de diferente granulometría, que se evacua periódicamente utilizando una de las palas cargadoras al servicio de la instalación.

#### ***1.1.10.1.4 Hormigonera asfáltica***

Con ella se consigue la mezcla de los áridos con el ligante. Existen diversos tipos de hormigoneras asfálticas según la presión a la que se inyecte el ligante.

A la salida del secador se encuentra la instalación de dosificación, muy similar a la empleada en hormigones y después de la misma se sitúa la mezcladora de hormigón asfáltico, donde se dosifica, en la debida proporción, el betún o la mezcla asfáltica correspondiente.

El grupo mezclador u hormigonera asfáltica debe proporcionar un producto homogéneo con una distribución regular de todos sus componentes, en especial de el ligante, logrando un perfecto recubrimiento por una película fina de ligante en cada partícula de la mezcla.

Los tiempos de mezcla varían según el tipo de producto que se fabrique; para poder comparar los rendimientos de diversas maquinas debe partirse de una misma duración del ciclo, por ejemplo, de un minuto, tiempo en el cual un mezclador bien concebido debe proporcionar una mezcla de calidad.

Los mezcladores con inyección de ligante a alta presión reducen el tiempo de mezcla, por lo que pueden, a igualdad de producción, ser de capacidad mas reducida.

#### ***1.1.10.1.5 Tolva de producto terminado***

El empleo de esta tolva es, exclusivamente, para conseguir una mejor graduación en el abastecimiento a los camiones que deben transportar el hormigón asfáltico.

A la salida del mezclador, el producto esta terminado y puede cargarse directamente sobre camión.

#### ***1.1.10.1.6 Depurador de gases y recuperador de ligante***

Es inevitable, debido al sistema empleado en el secador, que se provoque un arrastre de finos y de ligante que debe ser recuperado.

El sistema más empleado lo constituyen los ciclones. Puede tenerse una idea de la importancia del sistema de recuperación si se piensa que una planta que produzca 100 ton. por hora puede llegar a recuperar 40 ton. al día.

El funcionamiento del sistema de calefacción del secador siempre es por tiro forzado, lo que provoca un arrastre de finos que obliga a la instalación de un sistema de recuperación para disminuir la polución atmosférica; el dispositivo corriente lo forma una batería de ciclones, con la que se logra una recuperación del 90-95 por 100 del total del polvo arrastrado.

Esto no es suficiente para evitar las molestias causadas por el polvo cuando se trabaja en un centro densamente poblado y es necesario completar el dispositivo con una instalación de depuración por vía húmeda, con lo que se llega a una depuración del orden del 98-99%, por debajo de la que tienen la mayor parte de las chimeneas industriales existentes hoy en funcionamiento.



#### ***1.1.10.1.7 Alimentador y dosificador de ligante***

En plantas donde se exija un control muy riguroso de la dosificación del ligante, es necesario un alimentador y dosificador del mismo con básculas independientes.

El ligante es uno de los componentes de las mezclas asfálticas cuya dosificación rigurosa resulta mas interesante de controlar, ya que su variación influye directamente en la cantidad de ligante necesario para obtener una mezcla estable; para ello es conveniente, cuando se fabrican productos de calidad, pesar el ligante independientemente de cualquier otro árido y en báscula aparte; aun en el caso de utilización de dos ligantes de procedencia distinta, es recomendable contar con dos básculas, una para cada ligante, o de una báscula acumulativa para dos pesadas de ligante.

El sistema de alimentación de ligante debe tener una capacidad de almacenaje, como mínimo, de un día de producción de la planta y es conveniente que este previsto para el funcionamiento eventual a partir de ligante ensacado.

#### ***1.1.10.1.8 Alimentador y dosificador de ligante***

El empleo del alimentador o dosificador de ligante viene supeditado a la posibilidad del suministro de este en bidones.

Los dosificadores pueden ser en peso o en volumen; ambos aportan suficiente precisión con los medios de que se dispone actualmente.

Es normal el empleo de dos calderas de calefacción para mantener en ellas el ligante a la temperatura de empleo, o bien utilizar una para la recepción del ligante y otra para su calefacción.

La capacidad de almacenaje conviene que garantice, como mínimo, dos días de funcionamiento de la planta a plena capacidad.

La dosificación del asfalto puede efectuarse en peso y en volumen; la dosificación en peso exige una báscula especial y proporciona una exactitud independientemente de la temperatura de suministro del asfalto; la volumétrica, cuya exactitud puede ser del mismo orden que la obtenida por peso en las modernas bombas de medida, precisa que se garantice el calentamiento del asfalto, al ser medido entre unos márgenes de temperatura estrechos, con el fin de que la densidad permanezca prácticamente constante.

#### ***1.1.10.1.9 Sistema de calefacción***

Este sistema está comprendido por los quemadores que integran el secador y por las calderas de calefacción del asfalto. Se dispone, además, de dispositivos de calentamiento de los circuitos del ligante.

En general, las plantas asfálticas son accionadas por grupos electrógenos con una potencia no inferior a los 300 CV.

El sistema de calefacción de una planta asfáltica comprende el de sus diversos elementos, que se consideran a continuación:

- El secador va provisto de un quemador o quemadores de fuel que es necesario precalentar para lograr llevarlo a la temperatura de funcionamiento correcta del mechero, que con el combustible habitual se halla sobre los 100°C.
- Las calderas de calefacción de asfalto pueden ir calentadas por quemador de fuel directamente o por serpentines de aceite caliente, o por un sistema mixto que reúne en principio las ventajas de ambos.
- Además, es necesario calentar los circuitos de ligante, para lo que es preciso disponer de aceite caliente que se hace circular por serpentines

dispuestos convenientemente en los lugares que se han de calentar y por las tuberías dobles de circulación de asfalto.

- Para ello se necesita un calentador de aceite de capacidad adecuada, para el calentamiento de ligante, el combustible empleado es siempre bunker; se utiliza el diesel solamente para iniciar la marcha de los calentadores de aceite, ya que la calefacción para el calentamiento de bunker se verifica muchas veces por medio de serpentines de aceite, a veces reforzados en el mismo quemador por resistencias eléctricas. La marcha de los calentadores de aceite debe vigilarse, ya que puede producirse la coquización del aceite y el taponamiento del circuito; para ello no debe interrumpirse la circulación del aceite hasta después de transcurridas de 1/2 a 1 hora de apagado del quemador, ni encenderse este sin estar establecida la circulación de aceite.

Es necesario proceder a aislar toda la red de tuberías de conducción de asfalto, así como a establecerlas con purgas que permitan su vaciado siempre que no estén calentadas por aceite y aun estándolo, para permitir una rápida puesta en marcha de la instalación.

#### **1.1.10.2 Clasificación de las plantas asfálticas**

Las plantas asfálticas se clasifican en continuas y discontinuas de acuerdo al tipo de hormigonera de que disponen.

Por lo que se refiere a su tipo de implantación y de transporte, se clasifican en fijas, semifijas y móviles, por lo que respecta a su sistema de control, en automáticas, semiautomáticas y manuales.

Las plantas continuas, de una concepción más simple, sobre todo en sus versiones para aglomerados sujetos a especificaciones no muy rígidas, son altamente competitivas en la fabricación de hormigoneras.

Para fabricar hormigones asfálticos es necesario dotarlas de un grupo de clasificación y dosificación, entonces quedan equiparadas a las discontinuas, con regulación mas compleja que estas ultimas, en las que puede operarse para obtener una mezcla óptima de manera rápida y sencilla con solo cambiar la duración del ciclo de amasado.

En la actualidad y para producciones importantes en hormigones asfálticos, se va sin discusión al tipo de planta automática o semiautomática, que suprime el error personal. Entre los diferentes automatismos de tipo eléctrico, fotoeléctrico o electrónico, este último, probablemente prevalecerá aunque el funcionamiento de los demás sistemas bien estudiados sea seguro.

Uno de los aspectos en que es interesante el automatismo es en el de la regulación de la temperatura de salida de los áridos del secador, cuyo control manual exige la presencia de un individuo, pues el fallo puede dar lugar a irregularidades en la calidad del producto fabricado.

Su forma de control tiene sus dificultades en la medición de la temperatura de los áridos y en la misma regulación del quemador.

La movilidad de una planta asfáltica es hasta cierto punto relativa, ya que para su puesta en servicio es necesario el montaje de una red compleja de tuberías, muchas de ellas aisladas, para los servicios de asfalto, bunker, aceite y aire.

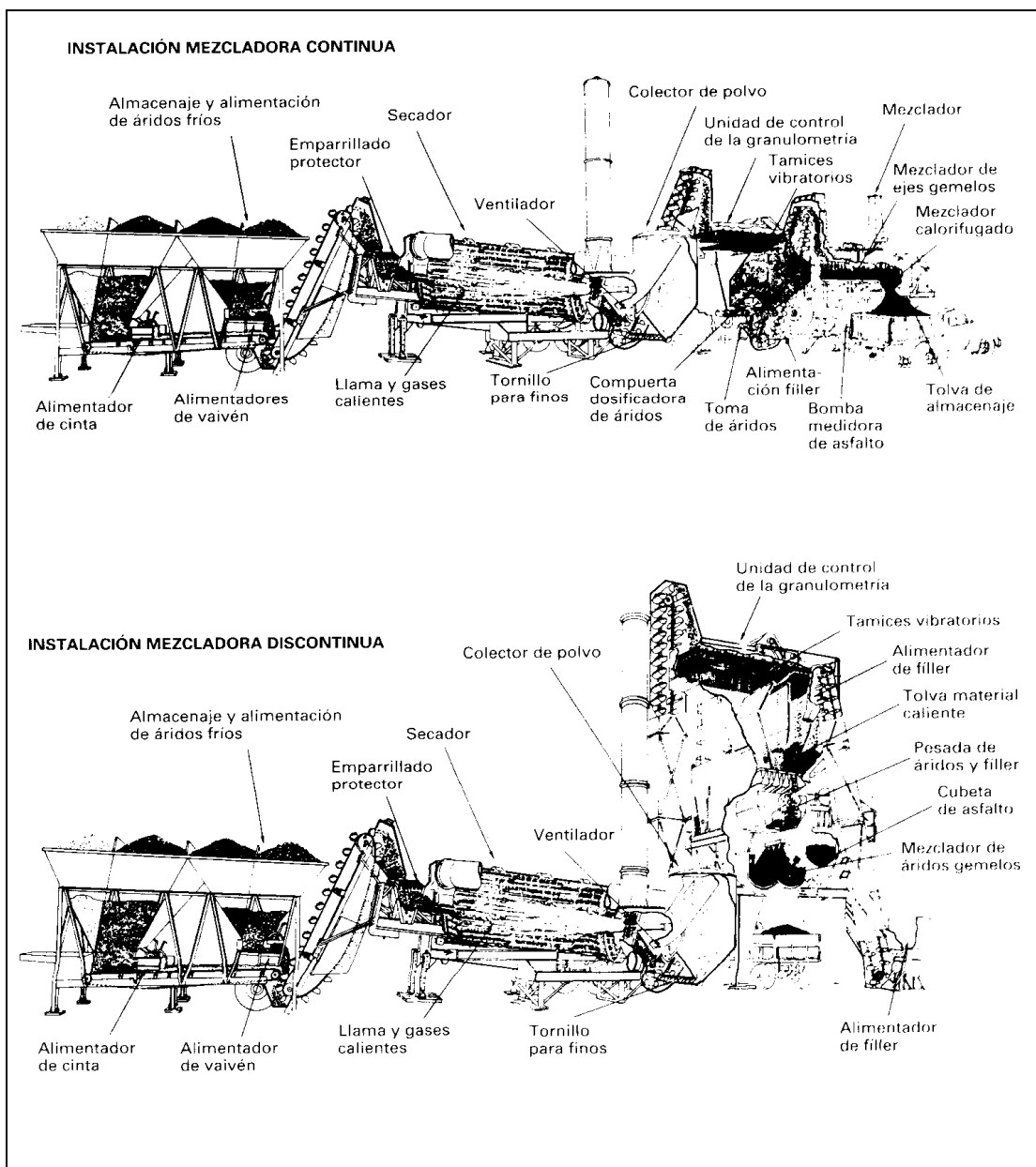
En realidad, en las plantas móviles se intenta un montaje mas compacto, ingeniándose dispositivos para lograr la colocación de la planta en posición de trabajo sin elementos auxiliares ajenos a la misma.

Otra característica es la velocidad a que es posible transportarlas, que en las móviles debe ser del mismo orden que en la de los remolques de peso equivalente.

En aglomerados, donde las especificaciones no son extremadamente rígidas, el tipo de planta utilizado es normalmente el continuo. Por lo que se refiere a la

fabricación de hormigones asfálticos de calidad, tiene gran relieve el equipo clasificador y dosificador, por lo que en general se utilizan las de tipo discontinuo. Aunque en épocas pasadas se emplearon con profusión las plantas de control manual, hoy prácticamente solo se utilizan las semiautomáticas o automáticas, preferentemente con control electrónico. La extraordinaria sensibilidad de este tipo de reguladores permite el control de la temperatura en cada una de las etapas de la preparación.

**Figura 1.47 Instalación De Planta de asfalto continua y discontinua**



**Figura 1.48 Planta De Asfalto Discontinua**



Manual técnico de plantas asfálticas marca Intrame RM-260

**Figura 1.49 Planta De Asfalto Continua**



Planta de Asfalto Marca ADM proyecto Calderón Guayllabamba

### 1.1.10.3 Distribuidor de asfalto<sup>36</sup>

Los riegos de liga y de imprimación son generalmente aplicados por medio de un distribuidor de asfalto.

<sup>36</sup> Manual SUPER PAVE Volumen 3 pag 186

El distribuidor de asfalto es un tanque de asfalto montado sobre un camión o sobre un remolque adaptado con bombas, barras rociadoras y controles apropiados para regular la cantidad de asfalto que sale por las boquillas de la rociadora.

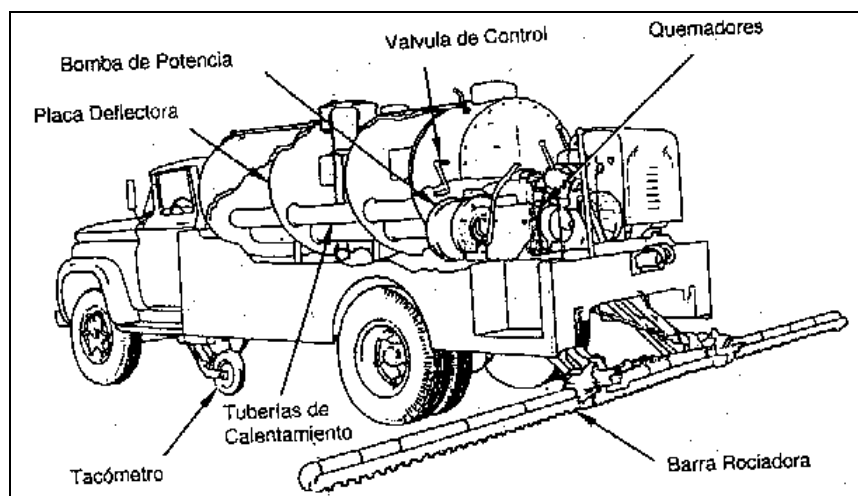
Un distribuidor incluye, normalmente un sistema de calentamiento con base en quemadores de combustible o gas, para mantener el asfalto a la temperatura correcta de aplicación y un accesorio manual de rociado para aplicar asfalto en las áreas que las barras no puedan alcanzar. Generalmente, el sistema de calentamiento no se usa con emulsiones.

Un sistema de circulación por bombeo mantiene el asfalto en movimiento, cuando el distribuidor no esta operando, para evitar que este se solidifique y, en consecuencia, bloquee la barra rociadora y las boquillas.

Un asfalto diluido de curado medio, el cual se aplica usualmente a temperaturas elevadas, no deberá ponerse en un distribuidor que haya tenido previamente una emulsión, a menos de que se confirme que no hay rastros de agua en el sistema.

Se debe actuar dentro de estrictas normas de seguridad cuando en este equipo se calienta el asfalto y también cuando está haciendo su trabajo ya que pulveriza el asfalto y este es inflamable.

**Figura 1.50 Distribuidor de asfalto**



Fuente: Manual SUPER PAVE Volumen 3 pag 187

#### **1.1.10.4 Terminadoras de asfalto<sup>37</sup>**

Las operaciones de pavimentación incluyen el transporte de la mezcla asfáltica en caliente al lugar de la obra, la colocación de la mezcla sobre la carretera y la compactación de la mezcla hasta la densidad de referencia.

Las pavimentadoras son máquinas automotrices diseñadas para colocar mezcla asfáltica con un espesor determinado y para proporcionar una compactación inicial de la carpeta. Las dos partes principales de una pavimentadora son la unidad de potencia o del tractor y la unidad de enrase.

La unidad del tractor provee la fuerza motriz para mover las ruedas u orugas y también para la maquinaria de la pavimentadora.

La unidad del tractor comprende la tolva receptora, el transportador alimentador, compuertas de control de flujo, barrenas de distribución (o tornillos de distribución), planta generadora (motor), transmisiones, controles dobles y el asiento del operador.

Cuando esta en marcha, el motor de la unidad del tractor propulsa la pavimentadora, arrastra la unidad del enrasador (niveladora) y proporciona potencia a los otros componentes a través de las transmisiones.

La mezcla en caliente es depositada en la tolva receptora, de donde es llevada por el transportador alimentador, a través de las compuertas de control de flujo, hacia las barrenas de distribución o tornillos de distribución.

Las barrenas luego distribuyen uniformemente la mezcla a lo largo de todo el ancho del asfaltador para obtener una colocación pareja y uniforme.

---

37 Manual SUPER PAVE Volumen 3 pag 191



**Figura 1.51 Terminadora de asfalto**



Fuente: Manual de pavimentación de asfalto Caterpillar 1991 USA

El operador controla estas operaciones por medio de controles dobles que se encuentran a mano, cerca de la silla.

### **1.1.11 MAQUINARIA PARA COMPACTAR<sup>38</sup>**

Son máquinas que como su nombre lo indica “compactan” las diferentes capas de material nivelado y si se trata de trabajos con asfalto, esta compactación se la

<sup>38</sup> Manual SUPER PAVE Volumen 3 pag 221

tiene de acuerdo con el número de pasada, esto depende de los datos del diseño de la obra conjuntamente con los encargados del laboratorio del proyecto.

El equipo de consolidación hace su trabajo en cualquiera de las siguientes maneras principales, o combinaciones de ellos:

- Vibración.
- Peso estático.
- Impacto.

#### **1.1.11.1 Compactadores vibratorios**

Un compactador vibratorio proporciona la fuerza compactadora mediante una combinación del peso y la vibración de sus rodillos de acero, comúnmente llamados tambores.

Las compactadoras usadas para concreto asfáltico son automotrices y varían en peso desde 7 hasta 17 toneladas. Existen dos modelos básicos las unidades de tambor sencillo y las unidades de tambor doble (tándem).

La propulsión de los modelos de tambor sencillo es proporcionada por ruedas de acero o ruedas neumáticas. La propulsión de los modelos de tambor doble es proporcionada, usualmente por ambos tambores, aunque existe al menos una clase de compactadora que posee dos ruedas impulsoras de acero situadas entre los dos tambores vibratorios.

Los tambores de las compactadoras vibratorias varían en diámetro desde 0.9 hasta 1.5m. y en ancho desde 1.2 hasta 2.4 m. Sus pesos estáticos, en términos del ancho del tambor, están generalmente entre 29 y 32 kilogramos por centímetro de ancho.

El motor que proporciona la potencia para la propulsión también suministra potencia a la unidad vibratoria. Las vibraciones son generadas por la rotación de

un peso excéntrico dentro del tambor. Esta velocidad de rotación determina la frecuencia, o vibraciones por minuto (vpm), del tambor.

El peso y la longitud de excentricidad (distancia desde el eje) determinan la amplitud (cantidad) de la fuerza de impacto generada. La frecuencia y la amplitud de las vibraciones están controladas independientemente de la velocidad del motor y del recorrido de la compactadora.

La frecuencia de vibración de los tambores usados para la compactación de concreto asfáltico se encuentra generalmente entre 2000 y 3000 vpm, dependiendo del modelo y el fabricante. Algunos modelos tan solo permiten un ajuste de una o dos frecuencias, mientras que otros permiten un margen de frecuencias (por ejemplo de 1800 a 2400 vpm)

**Figura 1.52 Rodillo Compactador Vibratorio**



Fuente: Compaction Data Handbook Ingersoll Rand 1997 USA portada

### 1.1.11.2 Compactadores de ruedas neumáticas

Esta máquina da el acabado de la obra de asfaltado, impide que los elementos agregados del asfalto formen una rugosidad excesiva en la superficie. Las compactadoras de ruedas neumáticas tienen ruedas de caucho en vez de ruedas o rodillos de acero. Generalmente poseen dos ejes tándem, con 3 o 4 ruedas en el eje delantero y 4 o 5 en el eje trasero. Las ruedas se mueven independientemente hacia arriba y hacia abajo.

Las compactadoras de ruedas neumáticas pueden cargar balastro (lastre) para ajustar el peso bruto total. Este balastro, dependiendo del tamaño y el tipo, puede variar entre 10 y 35 toneladas.

Sin embargo, más importante que el peso bruto es el peso de cada rueda, el cual debe variar entre 1350 y 1600 Kg. Si la compactadora va a ser usada para la primera pasada de compactación, o para la compactación intermedia.

Este tipo de compactadora puede estar equipada con ruedas de 380,430,510 o 610 mm. de diámetro. Durante la compactación las ruedas deben tener rodaduras lisas y deben estar infladas con la misma presión, permitiendo una variación máxima de 5 psi, para que puedan aplicar una presión uniforme durante la compactación.

**Figura 1.53 Rodillo Compactador Neumático**

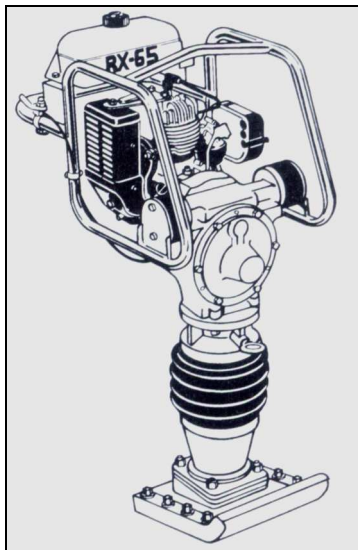


Fuente: Compaction Data Handbook Ingersoll Rand 1997 USA Pág. 37

### 1.1.11.3 Compactadores por impacto

Cuando a la unidad de consolidación se necesita una frecuencia muy baja y la amplitud alta se utiliza el compactador de impacto. Generalmente, se utiliza en áreas pequeñas. Utilizan motores a gasolina autosuficiente que hace el salto de la unidad entero de arriba abajo. Guiado por operador, de 165 lb. Puede entregar 2250 lb. sobre la superficie molida.

**Figura 1.54 Compactador por impacto**



Fuente: Compaction Data Handbook Ingersoll Rand 1997 USA Pág. 39

### 1.1.12 MAQUINARIA ESPECÍFICA DE PUERTOS<sup>39</sup>

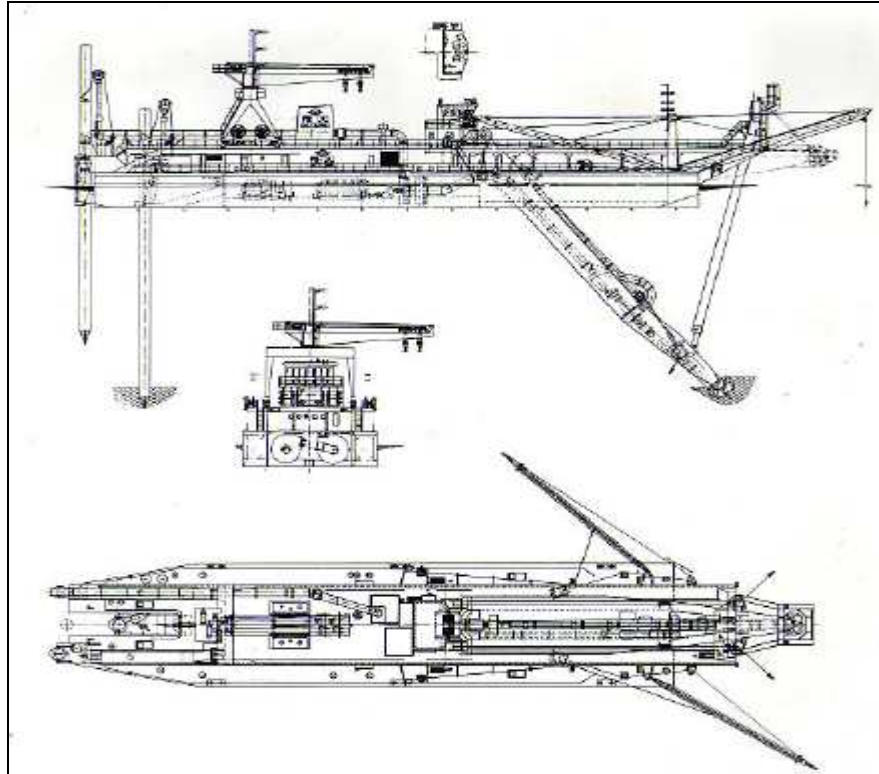
La maquinaria para construcción de puertos es básicamente maquinaria sobre buques y básicamente son equipos de dragado, los cuales se enumeran a continuación:

- Dragas de cuchara o Priestman.
- Dragas de rosario o de cangilones
- Dragas de succión (con o sin cutter)
- Dragas de excavadora.

<sup>39</sup> Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 Pág. 655

También se utilizan los Gánguiles o barcazas para el transporte de escombros, rompedores de rocas y remolcadores.

**Figura 1.70 Vistas de Draga de Rosario**



Fuente: Manual técnico IHC Beaver 10000 Holland 1982 Pág. 3

**Figura 1.71 Draga de Rosario**



Fuente: Manual técnico IHC Beaver 10000 Holland 1982 Pág. 3

## **CAPITULO 2.**

### **GESTION DE MANTENIMIENTO**

#### **2.1 INTRODUCCION.**

En el mantenimiento de la maquinaria y vehículos que se encuentran activos en algún proyecto es necesario tener en cuenta una gestión de mantenimiento lo que conlleva algunos conceptos que a través del tiempo se deben implementar en una empresa. Algunas empresas piensan que el mantenimiento es un mal necesario el cual tienen que soportar, los talleres muchas veces se ven como centros de costos y no se les da la importancia que tienen dentro de la empresa.

Este documento pretende mostrar los conceptos básicos de administración de mantenimiento de maquinaria, equipos y vehículos de una empresa de construcción ya que de una buena administración de mantenimiento depende la vida útil de las máquinas y principalmente su función, además se pueden reducir costos y aumentar la disponibilidad de los equipos.

#### **2.2 DEFINICION DE MANTENIMIENTO**

Existen definiciones de Mantenimiento como hay autores que tratan el tema, aunque se puede evidenciar en todas, la misma idea básica; así:

Mantenimiento es:

- “Asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas.”<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> PRANDO, RAUL; Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida; Uruguay 1996; Pág. 3

- “Comprende todas aquellas actividades necesarias para mantener los equipos e instalaciones en una condición particular o volverlos a dicha condición”<sup>41</sup>
- El mantenimiento consiste en prevenir fallas en un proceso continuo, principiando en la etapa inicial de todo proyecto asegurando la disponibilidad planificada a un nivel de calidad dado, al menor costo dentro de las recomendaciones de garantía y uso y de las normas de seguridad y medio ambiente aplicables<sup>42</sup>
- Conseguir el máximo nivel de efectividad en el funcionamiento del sistema productivo y de servicios con la menor contaminación del medio ambiente y mayor seguridad para el personal al menor costo posible.<sup>43</sup>

En la actualidad la definición dentro de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad M.C.C se enfoca en la preservación de la función del activo y no solamente en la preservación este.

Como se evidencia, la definición de mantenimiento siempre se encuentra ligada a la tarea de conservar equipos y a su disponibilidad para determinada actividad, de la manera más eficaz.

### **2.3 LA IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO**

El mantenimiento es de importancia gravitante en cualquier industria ya que se encarga de conservar todo el sistema produciendo, y una mala conducción de este hará que; mas temprano que tarde la empresa naufrague, generando en consecuencia todos los problemas ligados con el cierre de una compañía, en cambio un manejo adecuado permitirá aumentar la producción, reducirá costos,

---

<sup>41</sup> PRANDO, RAUL; Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida; Uruguay 1996; Pág. 19

<sup>42</sup> PRANDO, RAUL; Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida; Uruguay 1996; Pág. 3

<sup>43</sup> TORRES, DANIEL; Mantenimiento su implementación y Gestión; Argentina 2005 pag.19



logrando desarrollar la competitividad, incrementar la inversión y esto a su vez se revertirá en generación de plazas de empleo, y en la mejora del nivel de vida de los ecuatorianos.

El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los eslabones del sistema directa e indirectamente afectados a los servicios, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible.<sup>44</sup>

En general el mantenimiento debe preocuparse no solo de las máquinas sino también de todas las facilidades y recursos humanos que hacen posible el proceso productivo completo, pero este documento se enfoca solamente en las primeras, ya que un tratamiento tan extenso está fuera de su alcance.

## **2.4 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO.**

Los equipos industriales utilizados para producir bienes se ven influenciados por sucesivas degradaciones debido a su uso, a la influencia del tiempo y a la tecnología, en la medida que posean niveles más altos de esta última se requerirá mucho más nivel científico de mantenimiento, departamento, empresa o encargado de darle el sostenimiento para que las degradaciones no afecten ni la calidad ni los volúmenes de producción.

Desde finales del siglo anterior con la aparición masiva de producción, con las guerras mundiales, etc., se exige cada vez niveles más confiables de operación en los equipos que producen, se empieza a descubrir la relación entre las horas de funcionamiento de equipos y su vida útil, con esto aparecen nuevas áreas de interés para la gestión de mantenimiento como la mecánica y la electricidad (fundamentación tecnológica de los equipos de esos años).

---

<sup>44</sup> PRANDO, RAUL; Manual de Gestión de Mantenimiento a la medida; Uruguay 1996; Pág. 19

Sobre los años sesenta aparece la electrónica como otro ingrediente importante en las máquinas lo que obliga al encargado de mantenimiento a nivelarse en esa ciencia, sobre los años setenta y a raíz de las crisis económicas aparece la necesidad de reducir los costos de mantenimiento de los equipos, se descubre la importancia de la administración de los recursos de mantenimiento y aparece por primera vez en la escena la necesidad de realizar gestión de mantenimiento.

Desde los años setenta hasta la fecha se exigen mejores niveles de servicio por parte de mantenimiento como: calidad, oportunidad, costos bajos, alto nivel tecnológico, etc., siempre con el fin de conservar los equipos industriales y su función en la producción, toma importancia el servicio posterior al trabajo prestado.

Normalmente en las empresas el nivel de mantenimiento es bajo y menor que el de producción (departamento al que atiende), esto es lógico, salvo en empresas que se dedican a dar servicio de mantenimiento.

El desarrollo de la gestión de mantenimiento está altamente influenciada por el proceso de desarrollo de las organizaciones, en este campo se abren tres dimensiones en el crecimiento de las empresas: en una primera etapa se orientan hacia la cantidad, siendo lo más relevante de esta sección el cumplir con los volúmenes de programación, una segunda fase donde importa la calidad, por último la instancia de productividad, donde lo que interesa es producir al más bajo costo los volúmenes requeridos con la máxima calidad alcanzable.

La evolución de los tipos de mantenimiento, se desarrolla (siguiendo la analogía con la asociación francesa de normas técnicas (AFNOR)) de la siguiente forma: se inicia en un mantenimiento de avería en el cual se actúa porque el elemento sufrió daño por desgaste o una mala operación, se pasa luego a un mantenimiento correctivo donde se arregla el daño por sustitución del elemento, posteriormente se trabaja con mantenimientos que tratan de anticiparse a la avería como el preventivo y predictivo, que se basan en inspecciones y mediciones respectivamente, intermedio entre los anteriores aparece el concepto

de mantenimiento preventivo sistemático, que consiste en un riguroso programa de vigilancia e inspecciones, siendo este último superado por el predictivo, por último aparecen las combinaciones de los anteriores, luego el TPM y finalmente el de mejora continua e integración de mantenimiento.

En el anexo 1 se puede observar la evolución del mantenimiento cronológicamente.

#### **2.4.1 MANTENIMIENTO TOTAL PRODUCTIVO – T.P.M.**<sup>45</sup>

El Mantenimiento Total Productivo TPM (por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas, que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios.

Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

El JIPM (Japan Institute of Plan Maintenance) define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes
- Cero defectos
- Cero pérdidas

---

<sup>45</sup> TORRES, DANIEL; Mantenimiento su implementación y Gestión; Argentina 2005 Pág.175

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente.

No solo deben participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todos los departamentos de la empresa.

La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa.

Por lo tanto el objetivo del TPM es maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas llevadas a cabo con la participación de todos los empleados.

#### Objetivo del TPM

“Maximizar la efectividad total de los sistemas productivos por medio de la eliminación de sus pérdidas por la participación de todos los empleados en pequeños grupos de actividades voluntarias”.

#### Beneficios del TPM

##### Los beneficios que brinda el TPM

- Organizativos
- Mejora la calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.

- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.
- Redes de comunicación eficaces.
- Seguridad
- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar del cómo hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación y polución.

#### Productividad

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por recambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica.

#### Características

Las características del TPM más significativas son:

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- Orientado a la mejora de la efectividad global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción, y en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

#### **2.4.1.1 El mejoramiento continuo.**

El desempeño de un servicio depende en gran medida de la calidad de los estudios previos a su configuración. La calidad en el mantenimiento refuerza dicha teoría con el TQC (Total Quality Control) asociado con el TPM que promueve el mantenimiento productivo en aras de maximizar la disponibilidad de un equipo clave para la producción.

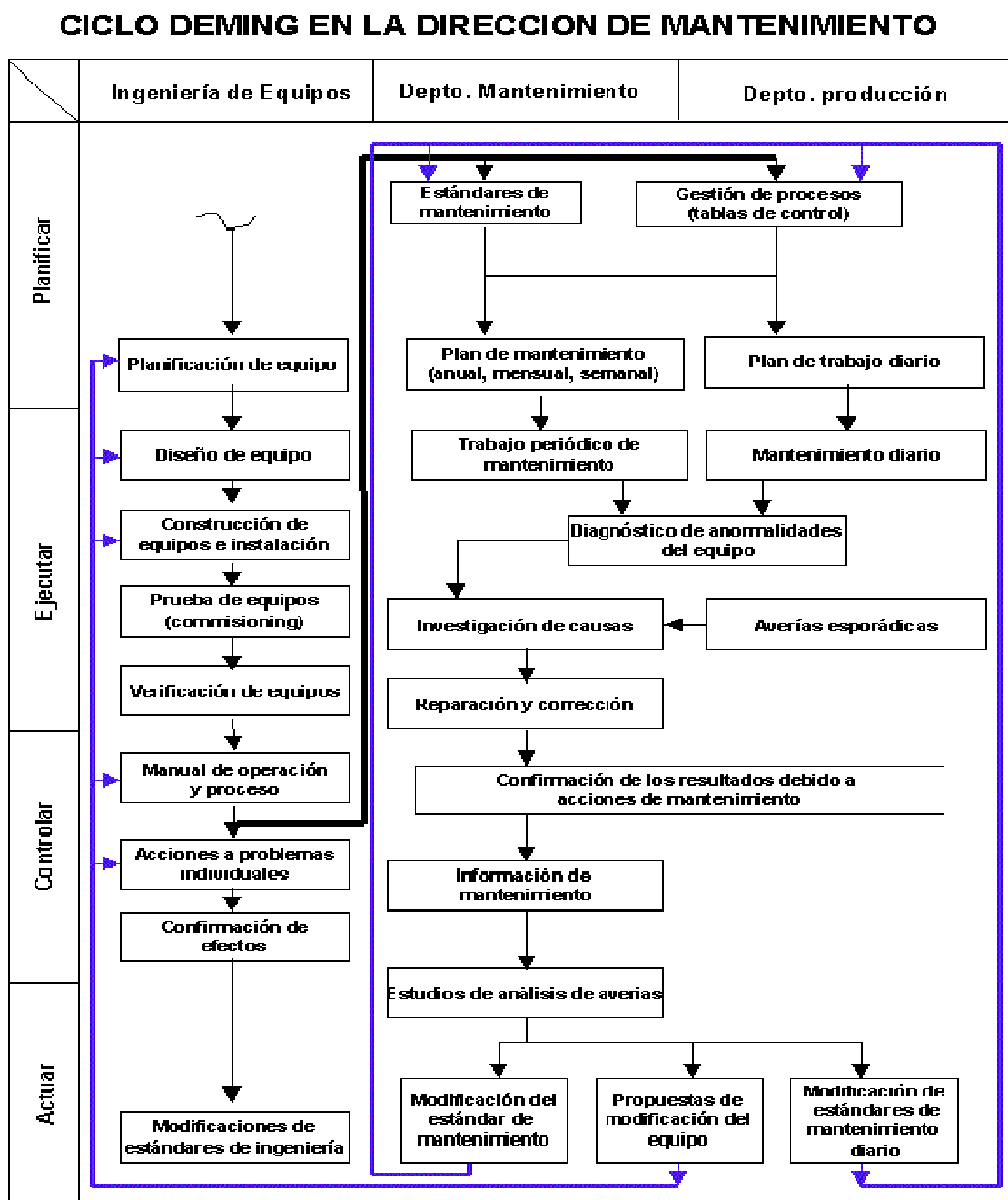
Existen diversos métodos que procuran el mejoramiento continuo, que son aplicables a la gestión de mantenimiento

El ciclo PDCA o rueda de Deming, por sus siglas en inglés: Planificar (*Plan*), Hacer (*Do*), Controlar o verificar (*Check*), Actuar (*Action*) fue mejorado y llevado a

la práctica por el Dr. Deming como una estrategia básica de los procesos de mejora continua en las empresas.

En la figura 2.1 se observa un diagrama de la aplicación del Ciclo Deming en la Dirección de Mantenimiento.

Figura 2.1



Fuente: [www.ceroaverias.com/ciclo](http://www.ceroaverias.com/ciclo)

**Tabla 2.1 Parámetros del Ciclo PDCA.**

<b>Plan</b>	Determinar lo que hay que hacer. Objetivos y su medida. Determinar métodos para alcanzar objetivos
<b>Hacer</b>	Educar y enseñar
<b>Chequeo (verificar, controlar)</b>	El plan Resultados de soluciones Resultados globales
<b>Acción</b>	Tomar las decisiones adecuadas.

Fuente: [www.ceroaverias.com](http://www.ceroaverias.com)

Cuando un empleado o área encuentra un problema al aplicar estándares en su tarea, este se cuantifica, se analiza y se identifican las causas para proponer las soluciones, fijando de esta forma nuevos estándares más ambiciosos.

Por tanto un ciclo PDCA se utiliza para analizar problemas y planificar acciones

#### **2.4.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD – M.C.C.**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad fue desarrollado en un inicio por la industria de la Aviación comercial de los Estados Unidos, en cooperación con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como la Boeing (constructor de aviones). Desde 1974, el departamento de defensa de los Estados Unidos ha usado el M.C.C como la filosofía de mantenimiento de sus sistemas militares y aéreos, Su éxito en este campo ha provocado que otros sectores tales como la generación de energía (plantas nucleares, centrales termoeléctricas), petroleras, químicas, gas, refinación, manufactura se interesen en implantar esta filosofía de gestión del mantenimiento, adecuándole a sus necesidades de operación.



Se puede definir M.C.C como: un proceso usado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que cualquier recurso físico continúe realizando lo que sus usuarios desean que realice en su producción normal actual.<sup>46</sup>

Mantenimiento centrado en la confiabilidad es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. La capacidad de diseño y la confiabilidad de diseño limitan las funciones de cada activo.

El mantenimiento, la confiabilidad operacional y la capacidad del activo no pueden aumentar más allá de su capacidad de diseño.

El mantenimiento solo puede lograr mejorar el funcionamiento de un activo cuando el estándar de ejecución esperado de una determinada función del activo está dentro de los límites de la capacidad de diseño o de la confiabilidad de diseño mismo.

Los beneficios de la aplicación del M.C.C. son:

- Mayor seguridad y protección del entorno
- Mayores rendimientos operativos
- Mayor contención de los costos de mantenimiento
- Mayor vida útil de los equipos
- Una amplia base de datos de mantenimiento

---

<sup>46</sup> AMENDOLA, LUIS; Modelos mixtos de Confiabilidad; Venezuela 2002; Pág. 1

- Mejor trabajo de grupo

#### **2.4.2.1 Pasos para la aplicación del M.C.C.**

El M.C.C, se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen, para esto se necesita definir que elementos físicos existen y decidir cuales son los que deben estar sujetos a los procesos de revisión del M.C.C.<sup>47</sup>

Para la planificación del M.C.C se han definido los siguientes pasos:

**Funciones y criterios de funcionamiento**, definir cual es la función de los equipos en su contexto operacional y su comportamiento funcional.

**Fallos funcionales**, identificar como puede el fallo afectar en cada elemento la realización de sus funciones.

**Modos de fallos**, Identificar los modos de fallos que tienen mas posibilidad de causar la pérdida de una función, es importante identificar la causa origen de cada fallo, esto asegura que no se malgaste tiempo y esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas.

**Consecuencia de los fallos**, registrar los efectos o consecuencias de los fallos para poder decidir la importancia de cada fallo, y el nivel de mantenimiento preventivo que es necesario aplicar.

**Tareas preventivas**, describir que se puede hacer para prevenir los fallos

**Tareas a “falta de”**, describir que sucede sino pueden prevenirse los fallos.

---

<sup>47</sup> AMENDOLA, LUIS; Modelos mixtos de Confiabilidad; Venezuela 2002; Pág. 32

### **2.4.3 MANTENIMIENTO CLASE MUNDIAL.**

La orientación de la gestión de mantenimiento hacia clase mundial exige cambiar de actitud y de cultura, requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial informatizado de mantenimiento, orientándose hacia las metas y objetivos fijados previamente y realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica.

Se debe procurar la minimización de los costos de mantenimiento con la máxima productividad.

La comparación de los costos de mantenimiento (benchmarking) con otras empresas no conduce a muchos beneficios, más bien se debe procurar realizar benchmarking con el fin de mejorar continuamente frente a los demás.

La asociación Producción Mantenimiento e Ingeniería ha conducido a muchas organizaciones al mantenimiento de clase mundial, donde mantenimiento aporta la confiabilidad de los equipos, producción aporta los procesos confiables e ingeniería aporta la calidad en el diseño y la adecuada instalación de los equipos, con altos niveles de vida útil.

Los pasos fundamentales para instalar gestiones de mantenimiento de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación; todo esto soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizado, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (producción o cualquier departamento interno o externo que añada valor agregado).

#### **2.4.4 TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS MUNDIALES DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.**

La tendencia es que mantenimiento llegue a adquirir la dimensión de una estrategia corporativa de clase mundial, que permita sistemas justo a tiempo en producción, que conduzca a una manufactura ágil, que conlleve a alta confiabilidad en los equipos, que labore bajo el concepto de servicio al cliente, en los momentos oportunos con la mayor confiabilidad y otorgue precios de servicios de mantenimiento competitivos.

Algunos autores definen a mantenimiento como la última frontera, es decir un descubrimiento de su potencialidad para contribuir con la competitividad de las empresas.

Numerosas tecnologías y diferentes organizaciones industriales han influenciado en las conductas gerenciales de mantenimiento. Los grandes desarrollos implementados en las industrias están obligando a la gestión de mantenimiento a ser un área de permanente aprendizaje. En el presente la tecnología y las organizaciones son las que definen las pautas de los sistemas gerenciales de mantenimiento.

#### **2.5 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.**

La Misión del mantenimiento se puede resumir básicamente en los siguientes objetivos:

- Maximizar la confiabilidad de las líneas y sistemas de producción
- Minimizar la probabilidad de falla de los equipos
- Reparar los daños cuando se presentan

En un sentido más amplio, se podría incluir también el objetivo de maximizar la producción, al reducir los tiempos de indisponibilidad de las máquinas (concepto

proveniente del Mantenimiento Productivo Total) y al maximizar la eficiencia productiva de la empresa. En resumen, la gestión de mantenimiento debe contribuir al logro de los resultados de la empresa.

Dentro de este contexto del mantenimiento en la organización productiva, se puede afirmar que una adecuada gestión de mantenimiento contribuye a la rentabilidad de la empresa, entre otros aspectos por:

- Mayor productividad, al lograr que la infraestructura de producción tenga más tiempo de operación a una capacidad más cercana a su capacidad nominal, asegurando la óptima disponibilidad y manteniendo la fiabilidad de los sistemas, instalaciones, equipos y máquinas
- Mejoramiento del cumplimiento de fechas de entrega, por reducción de paros y puestas de marcha en maquinaria y controlando el rendimiento de equipos.
- Requerimientos de calidad de los productos, debe mantenerse la calidad requerida luego de la reparación de equipos e instalaciones, eliminando averías que afecten al regular funcionamiento de la producción y a la calidad del producto
- Reducción de los costos, al lograr menor consumo de repuestos, menores inventarios, reduciendo las fallas y aumentando la vida útil de instalaciones y máquinas.
- Seguridad e higiene, adiestrando al personal en normas para evitar accidentes y manteniendo las protecciones de seguridad en equipos.
- Conservación del medio ambiente, manteniendo protecciones en equipos e instalaciones que producen fugas contaminantes.

## **2.6 LAS POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO.**

En materia de mantenimiento, el vocabulario es muy extenso. Se habla de operaciones de diagnóstico, de conservación, pero la noción de mantenimiento preventivo es el concepto más común, ya que los especialistas de mantenimiento prefieren asegurarse.

En realidad, se pueden observar tres tendencias en materia de política de mantenimiento: “sufrir – dominar - prever”

### **2.6.1 MÉTODO DE LA ESPERA O “SUFRIR” EL MANTENIMIENTO.**

La política de la espera es aquella en la cual la empresa espera la falla para hacer la reparación; tal es el caso de la mayoría de las empresas de auto transporte, es decir que la empresa sufre su mantenimiento. Cabe mencionar que esta política es la más costosa.

### **2.6.2 LA POLÍTICA DE “DOMINAR” EL MANTENIMIENTO”.**

El mantenimiento preventivo consiste en reemplazar los elementos a cierto kilometraje o períodos determinados, sobre todo en el caso de actividades particulares, como en el sector aéreo, trenes de alta velocidad o del ejército; en este caso el conjunto de las operaciones son planeadas por el constructor e integradas de manera sistemática en la planeación.

Este tipo de mantenimiento en el auto-transporte es muy costoso y no se utiliza. Sin embargo estas experiencias permitieron llegar a planes de mantenimiento condicional (política de mantenimiento de “prever”).

### **2.6.3 POLÍTICA DE MANTENIMIENTO DE “PREVER”.**

Este tipo de mantenimiento condicional (o predictivo) implica el dominio de la debilidad de los elementos y la existencia de controles y operaciones bien planeadas antes de cambiarlos.<sup>48</sup>

---

<sup>48</sup>MALDONADO SUSANO, ARMANDO; [Revista General de Marina](#), Artículo “Conceptos básicos de mantenimiento aplicados a flotas vehiculares”, Vol. 249, N°. 11, 2005 , Pág.8

## 2.7 INFLUENCIA DE LA RENOVACIÓN VEHICULAR EN LA POLÍTICA DE MANTENIMIENTO.<sup>49</sup>

La política de mantenimiento no puede desvincularse de la política de renovación del parque, puesto que es fundamental que estas dos políticas sean compatibles y complementarias, ya que ambas tienen el mismo objetivo: hacer eficiente y mantener el parque vehicular en su nivel máximo de rentabilidad y de competitividad.

Un ciclo rápido de renovación es sinónimo de un taller interno con costos de mantenimiento bajos. Lo contrario de ello es una política de conservación hasta que los vehículos se conviertan en “chatarra”, con una confiabilidad y disponibilidad decrecientes, lo cual genera costos técnicos altos, un taller “pesado”, recursos humanos y materiales excesivos, la pregunta es:

¿Cuál es el costo real de mantenimiento?

Este costo depende básicamente de cinco factores:

- . Selección del vehículo (fabricación, tren motriz, confiabilidad)
  - . Actividad (recorridos, demanda, sobrecarga, etc.)
  - . Estilo de conducción (agresiva, tradicional, técnico-económica, etc)
  - . Mantenimiento (calidad, frecuencia, disponibilidad de refacciones, tableros de control, etc.)
- Política de renovación (duración del ciclo)

---

<sup>49</sup>MALDONADO SUSANO, ARMANDO; [Revista General de Marina](#), Artículo “Conceptos básicos de mantenimiento aplicados a flotas vehiculares”, Vol. 249, N°. 11, 2005 , Pág.4

## **2.8 INTERRELACION CON AREAS COMPLEMENTARIAS AL MANTENIMIENTO.**

El mantenimiento de hoy debe aportar el soporte logístico a los departamentos y entidades que agregan valor a las materias primas.

Las empresas o áreas que incrementan el valor de los insumos lo pueden realizar mediante transformación, transporte o almacenamiento, para lograr esto requieren de energía, de materias primas y señales, con este enfoque cambia radicalmente la función de mantenimiento quien debe dar el soporte de servicio para que estas organizaciones o divisiones a través de equipos y líneas de producción puedan realizar su función, aportando el sostenimiento de las máquinas en el instante en que ellas lo requieran.

La actividad del mantenimiento ha sido desgastante para los ingenieros que la han ejercido desde el concepto de un departamento dependiendo del área de producción por lo que se enunció anteriormente, esa dependencia sólo genera una relación basada en el problema de la parada imprevista o la reparación programada.

Lo anterior implica que el grado de motivación es muy bajo debido a que este estilo de dirección es frustrante, a diferencia de las grandes expectativas y retos que se generan cuando existe una relación de servicio del mismo nivel de importancia, con facturación y cobro de la actividad que se preste al cliente, bajo un enfoque motivacional y de permanente renovación y crecimiento para el área de mantenimiento.

La relación de mantenimiento con otros departamentos es polivalente y dinámica, se esquematizan dichas comunicaciones en la siguiente descripción:

Con Ingeniería: su importancia estriba en que en la medida que los montajes, las máquinas y las mejoras a equipos tengan niveles más altos de ingeniería disminuirá la labor de mantenimiento, en la medida que se diseñen mejores



parques industriales aumentará la confiabilidad, debe haber una estrecha relación entre ambos departamentos.

Con Compras: es la relación más activa y permanente, pues de allí se adquieren todos los repuestos e insumos requeridos por mantenimiento, a la vez que compras es el que se relaciona directamente con los proveedores técnicos en muchas ocasiones lo hacen en forma conjunta los dos departamentos

Con Calidad, esta relación adquiere dos frentes, el primero donde mantenimiento contribuye a la mejor calidad de los servicios y productos que se ofrecen a la organización a que pertenece, el segundo es para la permanente revisión de la calidad de los servicios que presta mantenimiento. Esta última relación es de alto nivel tecnológico y está dimensionada por los tipos de gestión de mantenimiento que deseen los clientes.

Con Producción, esta es la relación más vital pues es su cliente por naturaleza, es donde se deciden los tipos y las oportunidades de los niveles de servicio requeridos.

Con los productos de la empresa, mantenimiento en la medida que preste un buen servicio y las máquinas dispongan de un excelente nivel técnico se pueden obtener productos de alta calidad.

Con Contabilidad y Finanzas, es requisito indispensable de mantenimiento conocer los costos de sus servicios, los valores de sus repuestos e insumos, a la vez que requiere muchos indicadores contables de tipo gerencial para poder administrar su operación.

La gestión integral de mantenimiento debe ser tal, que logre el máximo beneficio para la empresa y para ello es necesario tener en cuenta todos los departamentos y aspectos que rodean a mantenimiento.

Dentro de la relación de mantenimiento con otras áreas se deben tener en cuenta dos aspectos: uno es la situación organizacional que ocupa el departamento en la estructura de la compañía y dos el propio tipo de organización que tiene mantenimiento en forma interna para operar.

En el primero de ellos se consolidan cinco tipos: el área de mantenimiento depende de producción, mantenimiento está bajo el mando de la gerencia de planta, el área de ingeniería de mantenimiento depende de ingeniería de fábricas y los talleres diseminados en las diferentes áreas de producción, mantenimiento fusionado en producción en las diferentes dimensiones de actividades y la última clasificación un mantenimiento integral dando soporte logístico a la producción.

## **2.9 PLANEACION DE MANTENIMIENTO DE UNA EMPRESA.**

El tema de mantenimiento en este proyecto de recopilación de información se enfoca hacia la administración de maquinaria en una empresa, sin importar cual fuere ya que los criterios sirven para cualquier empresa que desea progresar y para ello hay que planificar.

Dentro de los niveles de planeación se tienen: la planeación estratégica, la planeación táctica y la planeación operativa.

Estratégica    **Largo Plazo**

Visión Corporativa

Táctica        **Mediano Plazo**

Filosofía a adoptar TPM, M.C.C, combinado, etc.

Operativa **Corto Plazo**

Preventivo, predictivo, correctivo,  
ciclo de mejoramiento.

### **2.9.1 BENEFICIOS DE LA PLANIFICACIÓN.**

La planificación del mantenimiento en una empresa brindará beneficios, los cuales se pueden resumir a continuación:

- Menor consumo de horas hombre
- Disminución de inventarios
- Menor tiempo de parada de equipos
- Mejora el clima laboral en el personal de mantenimiento.
- Mejora la productividad
- Ahorro en costos.

### **2.9.2 CAMBIOS CONSECUENCIA DE LA PLANIFICACIÓN.**

Durante la planeación de mantenimiento hay cambios dentro de la empresa los cuales serán de concepción y a su vez se tendrán paradigmas nuevos. Estos cambios se comparan en las siguientes tablas:

**Tabla 2.2 Cambios de Concepción.**

<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Foco en procedimientos y necesidades de la empresa	Foco en el cliente
Trabajo por objetivos	Análisis de procesos
Dejar las cosas como están	Mejoramiento continuo
Arreglar	Prevenir
Gerencia autocrática	Gerencia Participativa
Mantenimiento como gasto	Mantenimiento como inversión

Cambios aislados	Enfoque sistémico
Costo por equipo	Costo por actividades
Decisiones basadas por opiniones, intuición	Decisiones basadas en medición
Cultura individual	Cultura organizacional.

FUENTE: Trist, E. y Bamforth, K., Some Social Consequences of the Longwall Method of Coalgetting; Reino Unido, 1975;

**Tabla 2.3 Cambios de Paradigmas.**

<b>Antiguo</b>	<b>Nuevo</b>
Imperativo tecnológico	Optimización conjunta
El hombre como extensión de la máquina	La máquina como complemento del hombre
Descomposición máxima de tareas, habilidades básicas limitadas	Optima agrupación de tareas y habilidades múltiples
Controles externos (supervisores, personal especializado, procedimientos)	Controles internos (sub-sistemas autorreguladores)
Organigrama alto estilo autocrático	Organigrama plano estilo participativo
Competencia, juego de relaciones	Colaboración, camaradería
Toma baja de riesgos	Innovación.

FUENTE: Trist, E. y Bamforth, K., Some Social Consequences of the Longwall Method of Coalgetting; Reino Unido, 1975;

## **2.10 PLANEACION ESTRATEGICA.**

La Planeación Estratégica es la más completa de las planeaciones y para lograr esto se tiene que tener en cuenta algunos conceptos fundamentales que se ven a continuación:

### **2.10.1 QUE ES ESTRATEGIA?**

Para realizar una Planeación Estratégica se debe conocer primeramente que es estrategia y para lo cual se ha enumerado algunas descripciones de lo que significa “Estrategia”.

- 1) Hacer las cosas de una manera particular para mejorar un desempeño.
- 2) Son los métodos a emplear en un horizonte de mediano o largo plazo para alcanzar los resultados esperados.
- 3) Establece la dirección de la organización hacia el logro de los resultados esperados.
- 4) La clave de la estrategia es tener la Visión del futuro y establecer un puente entre el hoy y ese futuro que se espera

#### QUE ES PLANEACIÓN ESTRATÉGICA?

Planeación Estratégica representa una herramienta de gestión de mantenimiento cuyos objetivos se observan a largo plazo en base a programas y subprogramas, con un plan indicativo que permite evaluar resultados.

Este plan normalmente hecho para 5 años en el cual incluye ventanas de mantenimiento y reacondicionamiento (overhauls) de equipos relevantes, es base para estimativos de producción y consumos, contiene menos detalles y es menos preciso en la medida que se aleja en el tiempo.

#### **2.10.2 OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE MANTENIMIENTO.**

La planeación estratégica de mantenimiento busca entre otros cumplir los siguientes objetivos:

- Determinar los requerimientos de mantenimiento de cada equipo en su contexto de operación.
- Asegurarse que estos requerimientos sean lo más efectivo y económico posible.
- Asegurarse que sean ejecutados de la forma más eficiente.

### **2.10.3 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO.**

Es el medio para obtener el compromiso de los trabajadores de todos los niveles de organización a los métodos y objetivos que contiene, suministrando el marco para toma de decisiones y asegurando consistencia hacia los logros del negocio.

### **2.10.4 CONTENIDO DE LA ESTRATEGIA.**

La estrategia debe contener los siguientes parámetros:

- Visión / misión.
- Valores.
- Seguridad y medio ambiente
- Organización
- Recurso humano
- Planeación.
- Factores críticos de éxito.
- Objetivos e indicadores de desempeño.
- Matriz de mantenimiento.

- Procesos principales.

#### **2.10.4.1 Visión.**

Ser clase mundial (world class) en mantenimiento, cumpliendo con los más altos estándares técnicos y administrativos para asegurar la integridad y funcionamiento de los activos en sus condiciones de diseño obteniendo los niveles de producción y utilidad acordados a nivel corporativo.

#### **2.10.4.2 Misión.**

Implementar y mejorar en forma continua la estrategia de mantenimiento para asegurar el máximo beneficio a los clientes mediante prácticas innovadoras, económicas y seguras.

#### **2.10.4.3 Valores.**

Integridad: El primer objetivo es asegurar y mantener todos los resultados dentro de los estándares de los equipos.

Calidad: Hay que enfocarse a obtener productos y/o resultados con “0” defectos, teniendo una actitud orientada hacia el mejoramiento continuo de los colaboradores, gente y los procesos.

Productividad: La fuerza de trabajo y los recursos utilizados serán usados eficientemente siempre mirando la efectividad de la gestión.

Información: Será veraz, a tiempo y compartida con todos los que la requieran.

Planeación y programación: Todas las tareas de mantenimiento, con excepción de las emergencias se harán de una manera planeada y programada utilizando la herramienta computarizada destinada para este fin.

Trabajo en equipo: El resultado de las actividades será el producto del trabajo en equipo de los grupos de administración, mantenimiento producción e ingeniería.

#### 2.10.4.4 Factores críticos de éxito.

Son las cosas que deben ser logradas y por las cuales se medirá el éxito del mantenimiento:

- Aumentar la confiabilidad
- Reducir los costos
- Mejorar el clima laboral en mantenimiento.
- Disminuir las pérdidas de producción por causas de mantenimiento.

#### 2.10.4.5 Matriz de excelencia en mantenimiento.

Es necesario saber en que estado se encuentra la empresa en cuanto a todos los parámetros que se han descrito para tomar una decisión, para lo cual se utiliza una matriz de excelencia del mantenimiento.

**Tabla 2.4 Matriz de Excelencia de Mantenimiento.**

	<b>Estrategia</b>	<b>Administración De recurso humano</b>	<b>Planeación Y Programación</b>	<b>Medidas de desempeño</b>	<b>Tecnología De la Información</b>	<b>Análisis de la confiabilidad</b>	<b>Análisis de Procesos</b>
<b>Clase mundial</b>	Estrategia Corporativa/ Estrategia de activos	Cuadrillas independientes con multihabilidades. Grupos	Largo plazo con ventanas e ingeniería	Efectividad de equipo Benchmarking, costos por equipo	Sistema central y base de datos comunes	Programa completo de riesgo-costo.	Revisión periódica de procesos, costos, tiempo, calidad



		Autónomos					
<b>Mejor que la mayoría</b>	Plan de mejoramiento a largo plazo	Algunos grupos con multihabilidades E. De M.	Buena planeación y programación. Soporte de ingeniería	MTBF/MTTR Disponibilidad, costos generales de mantenimiento	Información de materiales, mano de obra y financiera integrados	Algunas aplicaciones de FMEA	Algunas revisiones de procesos administrativos y de mantenimiento
<b>Igual que la mayoría</b>	Plan anual de mejoramiento	Grupos mixtos descentralizados, comités de mejoramiento	Existe un grupo de planeación.	Tiempo de parada, costos generales	No hay comunicación entre mantenimiento y financiera	Buena base de datos de fallas y buen uso de ella	Algunas revisiones de procesos de mantenimiento
<b>Menor que la mayoría</b>	Plan de mejoramiento de PM's	Algunas disciplinas integradas. Algunos E de M en HSE	Soporte en detección de fallas. Algunas rutinas de inspección	Algunos tiempos de parada. Costos sin sobrecargar	Programa básico de mantenimiento o algunos registros de partes	Tiene la información que se usa poco	Una revisión de procesos de mantenimiento .
<b>Reactivo</b>	Reacciona a las emergencias	Por disciplinas, solo sindicato	No planeación, programación ni ingeniería	Sin indicadores	Información Manual	Sin registro de fallas	Nunca se revisan

FUENTE: Trist, E. y Bamforth, K.; Some Social Consequences of the Longwall Method of Coalgetting; Reino Unido, 1975;

### 2.10.5 ÁREAS INVOLUCRADAS.

Las áreas que intervienen en el plan estratégico de mantenimiento son las siguientes:

- Seguridad (integridad) y medio ambiente.
- Organización.
- Recurso Humano
- Planeación de mantenimiento
- Filosofía de mantenimiento (TPM, M.C.C, etc)

- Suministros de materiales e inventario de bodega.
- Medición de costos y desempeño
- Manejo de información.

## **2.11 PLANEACION TÁCTICA.**

La Planeación Táctica se basa en las Filosofías de Mantenimiento más comunes como son TPM, M.C.C, PMO.

Las fuentes de información para elaborar planes de mantenimiento pueden ser basadas en recomendaciones de los fabricantes mediante manuales de operación y mantenimiento, historiales que posea la empresa y experiencias con maquinas similares.

La tecnología utilizada en la producción se ha convertido en un factor de alto nivel y confiabilidad. Esta lleva implícito un alto costo el cual debe evitarse que alcance niveles aún mayores, esto se logra cuando el costo de mantenimiento, como parte fundamental del valor añadido de una empresa, disminuye sin dejar de garantizar la disponibilidad de los activos productivos.

Para ello se hace necesario un mantenimiento organizado, eficiente y desarrollado que garantice a un costo competitivo la disponibilidad de sus activos productivos. Toda empresa que desee mantenerse competitiva tiene, indispensablemente, que dirigir y prestarle una especial atención al mantenimiento de su equipamiento.

El mantenimiento es una disciplina integradora que ha tenido un desarrollo vertiginoso en la industria y es la encargada de garantizar la disponibilidad del equipamiento de la empresa a un bajo costo. No se concibe una industria moderna sin una debida política de manutención de la tecnología con que produce. Sencillamente porque del mantenimiento depende: la funcionalidad, disponibilidad y conservación de su estructura productiva. Esto significa un incremento importante de la vida útil de los equipos y sus prestaciones.

En la actualidad el mantenimiento está destinado a ser el pilar fundamental de toda empresa que se respete y que considere ser competitiva.

Es por ello que el mantenimiento desarrolla técnicas y métodos para la detección, control y ejecución de actividades que garanticen el buen desempeño de la maquinaria. Lo anterior resulta imposible sin una eficiente estrategia y organización de esta disciplina en cada empresa. Con estos fines existen, se mejoran y crean nuevos productos informáticos que garantizan de forma automatizada el procesamiento de toda la información relacionada con la gestión de mantenimiento y la evaluación del mismo.

Como puede percibirse esto también forma parte del salto cualitativo y cuantitativo que una empresa moderna debe dar.

#### **2.11.1 PROCEDIMIENTOS A CONSIDERAR.**

Los Procedimientos que la Planeación Táctica debe considerar son los siguientes:

- Inspecciones
- Ajustes
- Pruebas
- Calibraciones
- Reconstrucciones
- Reemplazos.

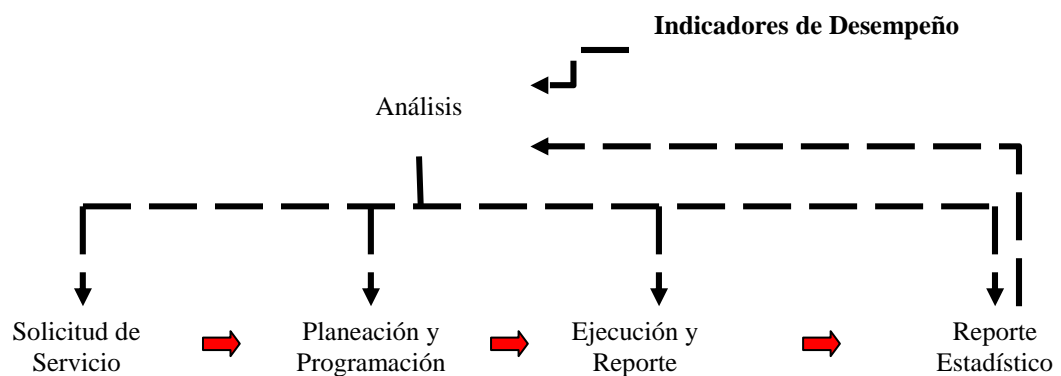
#### **2.11.2 FLUJO DE TRABAJO.**

La principal herramienta para el control de la gestión de mantenimiento es la “orden de trabajo”, en la cual todas las actividades de mantenimiento deben ser registradas. Monitoreando el estado de las órdenes de trabajo se obtienen control sobre el estado de las actividades de mantenimiento.

### 2.11.3 PROCESO GLOBAL.

El Proceso que se debe seguir en la implementación de Plan Táctico de Mantenimiento es el descrito por el siguiente gráfico que indica dicha secuencia.

**Figura 2.2 Proceso Global de Planeación Táctica de Mantenimiento.**



FUENTE: Trist, E. y Bamforth, K.; Some Social Consequences of the Longwall Method of Coalgetting; Reino Unido, 1975;

Los elementos que forman parte de este proceso global se describen a continuación

### 2.11.4 INDICADORES DE DESEMPEÑO PARA EL MANTENIMIENTO.

Un indicador es un parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas o percepción de los clientes en cuanto a costo-calidad y plazos. Según su utilidad los índices de gestión deben ser:

- Pocos
- Claros de entender y calculables
- Útiles para conocer rápidamente cómo van las cosas y por qué

Según su gestión los índices de gestión deben:

- Identificar los factores claves de la producción.
- Definir índices que los evalúen.
- Establecer registros de datos que permita su cálculo periódico.
- Establecer valores estándares (consigna) para dichos índices, objetivos.
- Tomar las oportunas acciones y decisiones ante las desviaciones que se detecten.

#### 2.10.4.1 Indicadores Clase Mundial.<sup>50</sup>

##### Tiempo Medio Entre Fallas.

Relación entre el producto del número de ítem por sus tiempos de operación y el número total de fallas detectadas, en esos ítems en el período observado.

$$TMEF = \frac{NOIT.HROP}{\sum NTMC} \quad (2.1)$$

Este índice debe ser usado para ítems que son reparados después de la ocurrencia de una falla.

##### Tiempo medio para reparación.

Relación entre el tiempo total de intervención correctiva en un conjunto de ítems con falla y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.

$$TMPR = \frac{\sum HTMC}{NTMC} \quad (2.2)$$

---

<sup>50</sup> LOURIVAL AUGUSTO TAVARES; administración moderna de Mantenimiento; Uruguay Pág. 53

Ese índice debe ser usado para ítems para los cuales el tiempo de reparación o sustitución es significativo con relación al tiempo de operación.

Tiempo medio para la falla.

Relación entre el tiempo total de operación de un conjunto de ítems no reparables y el número total de fallas detectadas en esos ítems, en el período observado.

$$TMPF = \frac{\sum HROP}{NTMC} \quad (2.3)$$

Ese índice debe ser usado para ítems que son sustituidos después de la ocurrencia de una falla.

Disponibilidad del equipo.

Relación entre la diferencia del número total de horas del periodo considerado (horas calendario) con el número de horas de intervención (mantenimiento preventivo por tiempo o por estado, mantenimiento correctivo y otros servicios) para cada ítem observado y el número de total de horas del periodo considerado.

$$DISP = \frac{HROP}{HROP + HTMN} \times 100 \quad (2.4)$$

La disponibilidad del equipo representa el porcentual del tiempo que los ítems quedan a disposición del órgano de operación, para producción.

Costo de mantenimiento por facturación.

Relación entre el costo total de mantenimiento y la facturación de la empresa en el período considerado.

$$CMFT = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100 \quad (2.5)$$

Este índice es de fácil cálculo toda vez que los valores, tanto del numerador cuanto del denominador, son normalmente procesados por el órgano de contabilidad de la empresa

Costo de mantenimiento por el valor de reposición.

Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de compra de un equipo nuevo (valor de reposición).

$$CMRP = \frac{\sum CTMN}{VLRP} \times 100 \quad (2.6)$$

Este índice debe ser calculado para ítems mas importantes de la empresa (que afectan el facturación, la calidad de los productos o servicios, la seguridad o el medio ambiente), toda vez que, como indicado es individual para cada ítem y se utiliza con valores acumulados, por lo que su procesamiento demora mas que los demás, no justificando de esta forma ser utilizado para ítems secundarios.

**2.10.4.2 Índices de Gestión de Equipos.<sup>51</sup>**

Tiempo medio entre mantenimientos preventivos.

Relación entre el producto del número de ítems por sus tiempos de operación, con relación al número total de intervenciones programadas, en el período observado.

$$TMEP = \frac{NOIT.HROP}{\sum NTMP} \quad (2.7)$$

Tiempo medio para intervenciones preventivas.

---

<sup>51</sup> LOURIVAL AUGUSTO TAVARES; administración moderna de Mantenimiento; Uruguay Pág. 59

Relación entre el tiempo total de intervención preventiva en un conjunto de ítem, y el número total de intervenciones preventivas efectuadas en esos ítems, en el período observado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMP}{NTMP} \quad (2.8)$$

Tasa de falla observada.

Relación entre el número total de ítems con falla y el tiempo total acumulado durante el cual este conjunto fue observado. Es la recíproca del tiempo medio para falla.

$$TXFO = \frac{NTMC}{\sum HROP} \quad (1/\text{hrs}) \quad (2.9)$$

Ese índice debe estar asociado a intervalos de tiempo, condiciones particulares y específicas, el tiempo total acumulado deberá ser la suma de todos los intervalos de tiempo durante los cuales cada ítem individualmente quedo sujeto a las condiciones específicas de funcionamiento.

Tasa de reparación.

Relación entre el número total de ítems con falla y el tiempo total de intervenciones correctivas en esos ítems, en el período observado. Es la recíproca del tiempo promedio para reparación

Ese índice debe estar asociado a: intervalos de tiempo, condiciones particulares y especificadas y, el tiempo total acumulado deberá ser la suma de todos los intervalos de tiempo durante los cuales cada ítem individualmente, quedo sujeto a las condiciones especificadas de funcionamiento.



No conformidades de mantenimiento.

Relación entre el total de mantenimientos previstos menos el total de mantenimientos ejecutados en un periodo considerado y el total de mantenimientos previstos en ese período.

$$NCPM = \frac{NMPR - NMEX}{NMPR} \times 100 \quad (2.10)$$

Este índice puede generar un reporte, con emisión en periodos mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, en función del deseo y capacidad de análisis de los usuarios, que además presente los motivos de las reprogramaciones o cancelaciones.

Sobrecarga de servicios de mantenimiento.

Relación entre la diferencia de las horas de servicios ejecutados y previstos para un determinado período (día, semana o mes) y las horas de servicios previstos para ese período.

$$SCSM = \frac{\sum HMEX - \sum HMPR}{\sum HMPR} \times 100 \quad (2.11)$$

Este índice puede generar un reporte, con emisión en periodos mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, en función del deseo y capacidad de análisis de los usuarios, que además presente los motivos de las reprogramaciones o cancelaciones.

Alivio de servicios de mantenimiento.

Relación entre la diferencia de las horas de servicios previstos y ejecutados para un determinado período (día, semana o mes) y las horas de servicios previstos para ese período.

$$ALSM = \frac{\sum HMPR - \sum HMEX}{\sum HMPR} \times 100 \quad (2.12)$$

Este índice puede generar un reporte, con emisión en periodos mensuales, bimestrales, trimestrales o semestrales, en función del deseo y capacidad de análisis de los usuarios, que además presente los motivos de las reprogramaciones o cancelaciones.

#### 2.10.4.3 Índices de Gestión de Costos.<sup>52</sup>

##### Componente del costo de mantenimiento.

Relación entre el costo total del mantenimiento y el costo total de la producción.

$$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} \times 100 \quad (2.13)$$

El costo total de la producción incluye los gastos directos e indirectos de ambas dependencias (operación y mantenimiento), inclusive los respectivos lucros cesantes.

##### Progreso en los esfuerzos de reducción de costos.

Relación entre el trabajo en mantenimiento programado y el índice anterior.

$$PERC = \frac{TEMP}{CMFT} \quad (2.14)$$

---

<sup>52</sup> LOURIVAL AUGUSTO TAVARES; administración moderna de Mantenimiento; Uruguay Pág. 66

Este índice indica la influencia de la mejoría o empeoramiento de las actividades de mantenimiento bajo control con relación al costo de mantenimiento por facturación arriba indicado.

Costo relativo con personal propio.

Relación entre los gastos con mano de obra propia y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado

$$CRPP = \frac{\sum CMOP}{CTMN} \times 100 \quad (2.15)$$

Costo relativo con material.

Relación entre los gastos con material y el costo total del área de mantenimiento en el periodo considerado

$$CRMT = \frac{\sum CMAT}{CTMN} \times 100 \quad (2.16)$$

Costo de mano de obra externa.

Relación entre los gastos totales de mano de obra externa (contratación eventual y/o gastos de mano de obra proporcional a los servicios de contratos permanentes) y la mano de obra total empleada en los servicios (propia y contratada), durante el período considerado.

$$CRMT = \frac{\sum CMAT}{CTMN} \times 100 \quad (2.17)$$

En el cálculo de ese índice pueden ser considerados todos los tipos de mano de obra contratada sea por servicios permanentes o eventuales.

Costo de mantenimiento con relación a la producción.

Relación entre el costo total de mantenimiento y la producción total en el período.

$$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum (CMOC + CMOP)} \times 100 \quad (2.18)$$

Esta relación es dimensional, toda vez que el denominador es expresado en unidades de producción (ton, Kw, Km recorridos etc.)

Costo de capacitación.

Relación entre el costo de entrenamiento del personal de mantenimiento y el costo total de mantenimiento.

$$CTET = \frac{\sum CEPM}{CTMN} \times 100 \quad (2.19)$$

Este índice representa los elementos de gastos de mantenimiento invertido en el desarrollo del personal a través de entrenamientos internos y externos, pudiendo ser complementado con el índice del costo de capacitación "per-capita", o sea, el la inversión en capacitación por la cantidad de personal entrenado

Inmovilización en repuestos.

Relación entre el capital inmovilizado en repuestos y el capital invertido en equipos

$$IMRP = \frac{\sum CIRP}{\sum CIEQ} \times 100 \quad (2.20)$$

Se debe tener cuidado en el cálculo de este índice para considerar los repuestos específicos y parte de los no específicos utilizados en los equipos bajo la responsabilidad de la área de mantenimiento, siendo pues un índice que

generalmente se torna difícil de calcular debido al establecimiento de esta proporcionalidad.

#### Costo de mantenimiento por valor de venta.

Relación entre el costo total de mantenimiento acumulado de un determinado equipo y el valor de venta de ese equipo.

$$CMVD = \frac{\sum CTMN}{VLVD} \times 100 \quad (2.21)$$

#### Costo global.

Valor de reposición menos la suma del Valor de Venta con el Costo Total de Mantenimiento de un determinado equipo.

$$CMVD = VLRP - (VLVD + CTMN) \quad (2.22)$$

#### **2.10.4.4 Índices de Gestión de Mano de Obra.**<sup>53</sup>

##### Trabajo de Mantenimiento Programado.

Relación entre las horas hombre gastadas en trabajos programados y las horas hombre disponible, se entiende por "horas hombre disponible" aquellas presentes en la instalación y físicamente posibilitados de desempeñar los trabajos requeridos.

$$TBMP = \frac{\sum HHMP}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.23)$$

---

<sup>53</sup> LOURIVAL AUGUSTO TAVARES; administración moderna de Mantenimiento; Uruguay Pág. 76

Trabajo De Mantenimiento Correctivo.

Relación entre las horas hombre gastadas en reparaciones correctivas (reparación de fallas) y las horas hombre disponible.

$$TBMC = \frac{\sum HHMC}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.24)$$

Otras Actividades Del Personal De Mantenimiento.

Relación entre las horas hombre gastadas en actividades no ligadas al mantenimiento de los equipos de la Unidad de Producción, que llamamos "Trabajos de Apoyo", y horas hombre disponible.

$$OAPM = \frac{\sum HHSA}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.25)$$

Capacitación Del Personal De Mantenimiento.

Relación entre las horas hombre gastadas en capacitación del personal de mantenimiento y las horas hombre disponible.

$$PECI = \frac{\sum HHEI}{HHDP} \times 100 \quad (2.26)$$

Horas No Calculadas Del Personal De Mantenimiento.

Relación entre la diferencia de las horas hombre disponibles menos las horas hombre trabajadas sobre las horas hombre disponible, indicando por lo tanto, cuanto del tiempo del personal no fue ocupado en ninguna actividad.

$$HNAP = \frac{\sum [HHDP - (HHTP + HHRC + HHSA)]}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.27)$$

Este índice, cuando negativo, representa el exceso de servicios de personal de mantenimiento, y, cuando es positivo puede ser interpretado como ociosidad del personal de mantenimiento, aunque necesariamente esta no sea una verdad.

#### Estructura Personal De Control.

Relación entre las horas hombre involucradas en el control del mantenimiento y las horas hombre disponible.

$$EPCT = \frac{\sum HHCT}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.28)$$

#### Estructura Personal De Supervisión.

Relación entre las horas hombre de supervisión y las horas hombre disponible.

$$EPSP = \frac{\sum HHSP}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.29)$$

#### Estructura Envejecimiento Del Personal.

Relación entre las horas hombre del personal faltando "N" años de jubilarse (normalmente 1 o 2) y las horas hombre disponible.

$$EEPE = \frac{\sum HHPN}{\sum HHDP} \times 100 \quad (2.30)$$

Clima Social – Movimiento Del Personal (“turn - over”).

Relación entre el efectivo promedio en los "M" meses precedentes y la suma de ese efectivo con el número de transferencias y renunciaciones voluntarias.

$$CSMP = \frac{\sum EMMM}{\sum (EMMM + NOTR + NODV)} \times 100 \quad (2.31)$$

Efectivo Real o Efectivo Promedio Diario.

Relación entre los efectivos, menos las horas hombre de licencia (vacaciones, accidentes, enfermedades, salidas premisas, con pago, entrenamiento externo, apoyo a otra área y faltas no pagadas), y las horas hombre efectivas.

$$EFMD = \frac{\sum (HHEF + HHAF)}{\sum HHEF} \times 100 \quad (2.32)$$

El valor de este índice puede indicar la necesidad de un estudio del plan de vacaciones (elemento que más influye en el cálculo del numerador), o la incidencia de otro evento como accidente, faltas no pagadas etc., que requiera la atención del Supervisor.

Tasa De Frecuencia De Accidentes.

Número de accidentes con personal de mantenimiento por millón de horas hombre trabajadas.



$$TFAC = \frac{NACD}{HHTB} \times 10.000.000 \quad (2.33)$$

#### Tasa De Gravedad De Accidentes.

Horas hombre perdidas debido a accidentes por millón de horas hombre trabajadas.

$$TGAC = \frac{\sum NACD}{HHTB} \times 10.000.000 \quad (2.34)$$

#### 2.10.5 ANÁLISIS.

Este parámetro constituye el intervalo en que el usuario desea evaluar y controlar el juego de indicadores propuestos sobre los objetos que seleccione para el análisis.

Para esto se tiene que tomar muy en cuenta la fecha de inicio (Fecha desde) y la fecha de culminación o tope del análisis (Fecha hasta)

El rango entre fechas deberá ser superior o, al menos, igual al mes para que los cálculos tengan un sentido. Un cálculo inferior a este intervalo carece de información.

La fecha tope no puede ser mayor que la fecha actual, ni la fecha de inicio podrá ser menor a la fecha más antigua con que cuenta con registros de la empresa.

De acuerdo a los resultados el planeador del mantenimiento debe determinar los estándares de acuerdo a los siguientes criterios:

**Prorrogação:** Fija los Estándares en correspondencia al historial de fenómenos que acontecen.

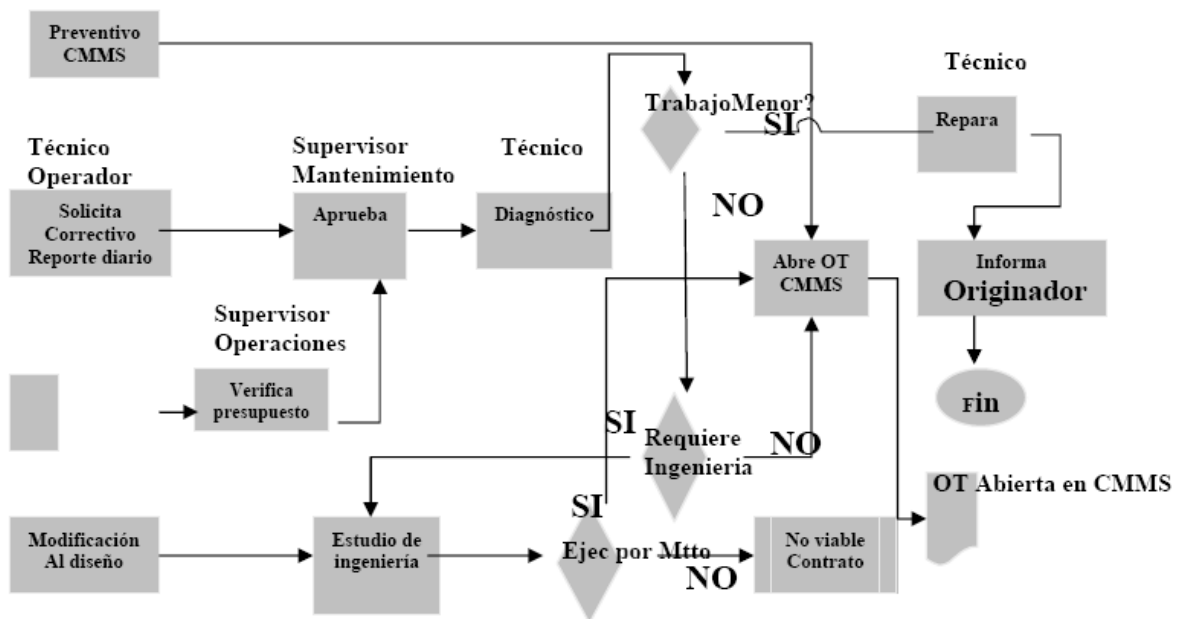
**Extrapolación:** Considera los fenómenos como función del tiempo a partir de un comportamiento real, estima su comportamiento en un período igual hacia delante.

**Experimentación:** Observación de los hechos y fenómenos, a los cuales luego por comparación se les busca las causas de su variación.

**2.10.6 SOLICITUD DE SERVICIO.**

Para la solicitud de servicio se sigue el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 2.3 Diagrama de flujo de la Solicitud de Servicio.**



Fuente: Los Autores

La solicitud de servicio debe poseer una entrada de información, la acción del responsable, la salida de la acción y los requerimientos. Los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.5 Solicitud De Servicio.**

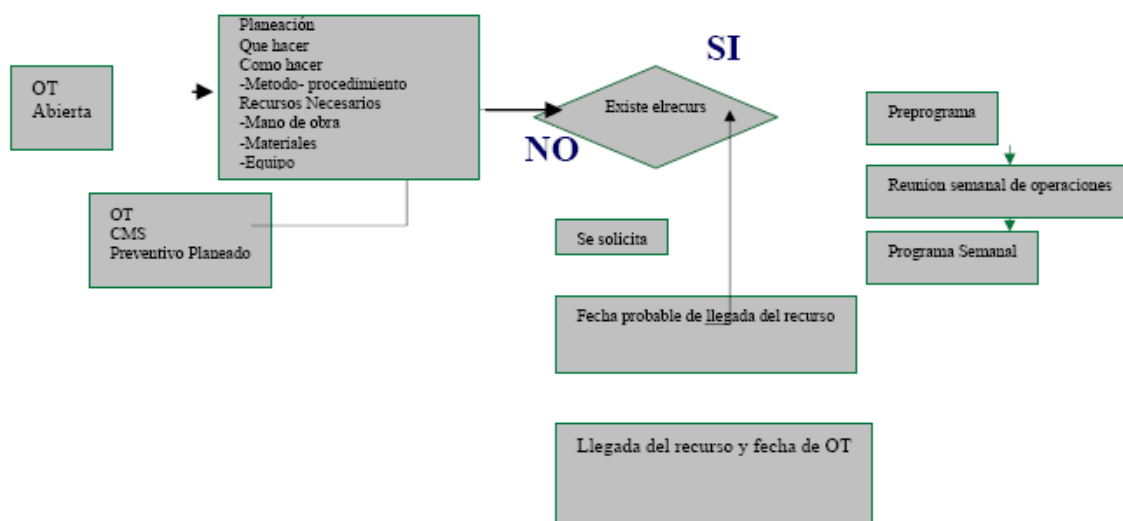
Entradas	Acción del Responsable	Salida	Requerimientos
Fallas de equipos, Incidentes, inspecciones, Programas de Mejoramiento Necesidades Operacionales	Abre OT	Ordenes de trabajo en estado requerida	Identificar el número de Tag a intervenir Coloca responsable de atender el trabajo Establece la prioridad del trabajo Coloca el modo de falla Nombre del originador Breve descripción de la anomalía observada en el equipo o razón por la que se abre la OT.
Estrategia de Mantenimiento	Planeación Activa ordenes de trabajo	Orden de trabajo en estado planeadas	Debe hacerse Periódicamente Notifica a la autoridad técnica una vez disparados las OT.

Fuente: Los autores

### 2.10.7 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN.

Para la Planeación y Programación se sigue el siguiente diagrama de flujo:

**Figura 2.4 Diagrama de Flujo De Planeación y Programación.**



Fuente: Los autores

La Planeación y Programación debe poseer una entrada de información, la acción del responsable la salida de la acción y los requerimientos. Los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.6 Planeación y Programación.**

Entradas	Acción del Responsable	Salida	Requerimientos
Orden de trabajo en estado "requerida o Planeada"	Planea y programa orden de trabajo	Ordenes de trabajo en estado "programada"	Acordado con producción Repuestos disponibles Alcance definido Procedimientos claros Orden impresa con toda la información Personal calificado disponible Equipos disponibles Herramientas disponibles Fecha de ejecución definida Duración estimada

Fuente: Los autores

### 2.10.8 EJECUCIÓN.

La Ejecución debe poseer una entrada de información, la acción del responsable la salida de la acción y los requerimientos. Los cuales se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 2.7 Ejecución.**

Entradas	Acción del Responsable	Salida	Requerimientos
Orden de trabajo en estado "Programada"	Ejecutar Trabajo	Ordenes en estado cerrada	Fechas de inicio y termino Información de horas hombre reales Códigos de causa, partes que fallo y Acciones  Descripción del trabajo realizado

Fuente: Los autores

## 2.11 PLANEACION OPERATIVA.

La planeación operativa es la “Planeación de la Orden de Trabajo” y se debe definir lo siguiente:

- El **Que** alcance del trabajo o proyecto.
- El **Como** procedimientos, normas, procesos.
- Los **Recursos** humanos, equipos, herramientas, materiales, etc.
- La **Duración** tiempo del proyecto o trabajo.

El **Que** se refiere al alcance del trabajo y el administrador de mantenimiento debe visitar el sitio de trabajo e incluir en la orden la lista de tareas que deben ser efectuadas. Si tiene dudas sobre el diagnostico o alcance debe apoyarse en el operador y/o técnico especializado. Solo debe incluir lo necesario (efectividad) ya que hay que recordar que cada actividad representa dinero.

El **como** se refiere a la forma en que debe hacerse el trabajo, anexar a la orden planos, procedimientos, normas aplicables, procedimientos de seguridad, etc.

Cuando la tarea es critica y compleja, incluir paso a paso, para el desarrollo de la misma, si no lo hay, el técnico la debe escribir para ser aprobadas por el supervisor antes de acometer al trabajo.

Dentro de los **recursos y tiempo estimado**, la orden debe incluir el recurso humano con las horas hombre necesarias por especialidad y duración del trabajo (MTTR); también se deben incluir los repuestos requeridos, con parte numero u otra identificación, también identificar equipos y herramientas especiales necesarias.

### 2.11.1 PROGRAMACIÓN DEL TRABAJO.

La programación del trabajo debe ser dado en base a la optimización de los recursos y equipos. Para poder programar el trabajo existen ciertos criterios.

- Criticidad del equipo.
- Necesidades de la operación
- Existencia de recursos adecuados.
- Órdenes de trabajo atrasadas (Backlog.)
- Carga de trabajo.
- Optimización de recursos y equipos.

#### 2.11.1.1 Criticidad

El método de criticidad es un criterio usado para priorizar equipos que por su función y mantenibilidad requieren diferentes tipos de atención por parte de mantenimiento.

##### Criticidad.

**Alta:** Equipos cuyo paro afectan directamente la producción o la seguridad de las personas, equipos o medio ambiente. (Por ejemplo planta de asfalto, distribuidor, terminadora de asfalto).

**Media:** Equipos esenciales para la producción, pero que tienen al menos un equipo de respaldo. (Por ejemplo cabezales y volquetas).

**Baja:** Equipos de propósito general. (Por ejemplo camionetas).

##### Mantenibilidad.

**Baja:** Equipos que tienen un alto MTTR y son de difícil acceso. Requiere desarme, parada, construcción de vías de acceso o permisos especiales para su intervención. (Por ejemplo tractores bulldozer en un corte de talud).

**Media:** Tiene un MTTR mediano y su acceso es de moderada facilidad.

**Alta:** Tiene un MTTR bajo y su acceso es fácil y no requiere desarme ni obstáculo alguno para su intervención.

**Tabla 2.8 Matriz De Criticidad.**

<b>Mantenibilidad</b>	<b>Baja</b>	Alto	Medio	Medio
	<b>Media</b>	Alto	Medio	Bajo
	<b>Alta</b>	Medio	Bajo	Bajo
		<b>Alta</b>	<b>Media</b>	<b>Baja</b>
		<b>Criticidad</b>		

Fuente: Introducción a la Confiabilidad Operacional.; CIED(Centro Internacional de Educación y Desarrollo; Venezuela 2000

#### 2.11.1.2 Método de Matriz de Prioridad.

##### **Prioridad alta**

Atención dentro de las siguientes 24 horas

##### **Prioridad Media**

Atención dentro de las siguientes semanas

##### **Prioridad Baja**

Atención según el orden del programa

Tabla 2.9 Matriz De Prioridad.

<b>Criticidad</b>	<b>C / P</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>Alta</b>			
	<b>Media</b>			
	<b>Bajo</b>			
<b>Prioridad</b>				

Fuente: Introducción a la Confiabilidad Operacional.; CIED(Centro Internacional de Educación y Desarrollo; Venezuela 2000

#### 2.11.1.3 Órdenes de trabajo atrasadas (backlog)

En calidad.

En horas hombre.

#### 2.11.1.4 Carga de Trabajo.

Cantidad de trabajo de mantenimiento pendiente por realizar

Se mide en número de días requeridos para efectuar el trabajo de mantenimiento pendiente con los recursos existentes.

Carga de trabajo =  $\Sigma$  HH trab pte./ HH disp. x día.

Recomendado: 3 a 4 semanas.

#### 2.11.2 BENEFICIOS.

Los beneficios que ofrece una planificación operativa es que permite distribuir el trabajo uniformemente y permite responder oportunamente al cliente, además de que identifica la cantidad de personal necesario.



### **2.11.3 PREPARACIÓN DEL TRABAJO.**

Es una planeación detallada donde se verifica la existencia de todos los recursos incluidos en la orden y otros menores no incluidos, pero que son necesarios.

El supervisor o persona encargada de ejecutar el trabajo debe verificar físicamente la existencia y estado de todos los recursos requeridos.

Elección de las personas más calificadas para efectuar cada tarea. Notificarles su asignación.

## CAPÍTULO 3

### COSTOS

#### 3.1 COSTOS DE MAQUINARIA<sup>54</sup>

Los costos de una máquina representan el equivalente en dinero necesario para hacerla funcionar. Se evalúa en \$/hora de operación.

Hay dos tipos de explotación de maquinaria; el primero corresponde a aquellos que poseen maquinaria de su propiedad y las emplean en obras que gestionan directamente, mientras que el segundo lo constituyen aquellos que poseyendo también máquinas, no realizan las obras por gestión directa, sino que alquilan máquinas para que un constructor independiente las emplee en trabajos encomendados previamente.

El costo de la maquinaria esta compuesto por los siguientes sumandos fundamentales:

- **Costos de Propiedad o Posesión:**

Depreciación o amortización

Gastos calculados sobre la inversión media. Interés del dinero, impuesto y seguro.

---

<sup>54</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 20

- **Costos de Operación:**

Gastos de funcionamiento.

Gastos de reparaciones.

- **Costos Generales:**

Gastos de bodegaje.

Gastos de guardianía

Gastos de transporte

### **3.2 TEORIA DE LA DEPRECIACIÓN Y DE LA AMORTIZACIÓN<sup>55</sup>**

Es un hecho innegable que una máquina al trabajar se desgasta y por consiguiente, se devalúa. Para cubrir esta devaluación progresiva está la amortización anual sacada de los mismos productos que esa máquina consigue con su trabajo, cuya acumulación hasta el final de la vida útil de la misma proporciona fondos para adquirir otra.

Cabe una pregunta; ¿Una máquina al no trabajar se devalúa? La contestación es afirmativa, pues al quedarse cualquier mecanismo o sistema de mecanismos obsoletos su utilización queda parada por varias razones, entre las principales se tienen:

---

<sup>55</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 21

- Las máquinas nuevas surgen al conseguirse la realización de una tarea a menor costo que con las máquinas antiguas y, por tanto, el poseedor de la máquina antigua no puede competir con el de la moderna.
- La falta en el mercado de elementos de sustitución para reparaciones y recambios de las máquinas antiguas.
- La poca demanda y por consiguiente, el bajo valor de reventa de máquinas antiguas aunque no estén usadas.

Es lógico por tanto, que en el período de amortización de una máquina pese también algo el peligro de que se quede anticuada.

La amortización contable se refiere al costo de adquisición que esa máquina ha producido a su propietario y que incluye no solamente el precio de venta en fábrica sino también porte, flete, embalaje, etc.

A efectos de evaluación de estos gastos suplementarios se da una indicación sobre los mismos:

- Embalajes: Aproximadamente un 2% sobre factura
- Transporte: Depende del recorrido e itinerario.  
Si es por vía marítima, hay tres tipos normales de contratación.

Cif = cost, insurance, freight (coste, seguro y flete),

Fob = free on board (libre a bordo).

Fas = free along side (libre a lo largo del lado).

- Seguro: variable con los riesgos (el cif lo lleva incluido)
- Carga y descarga: aduanas y derechos arancelarios

- Montaje: dependen del tipo de máquinas; lo normal es que su funcionamiento sea inmediato o después de pequeños requisitos.

Los sucesivos traslados de una obra a otra no deben formar parte del valor a amortizar, es más prudente su inclusión en el área de gastos generales.

Conviene recordar también que la amortización es un concepto que pertenece a varias disciplinas, tales como la contabilidad, el derecho fiscal y la técnica, por tanto, es conveniente perfilar ciertos extremos en los que pudiera haber roce entre ellas.

El fisco, con relación a la cantidad que anualmente se dedica a amortización, tiene también sus criterios, que pueden resumirse en éstos; esta permitida la amortización decreciente, pero no la creciente, si bien la hacienda pública prefiere el criterio de amortización anual uniforme. No está permitido amortizar un valor superior al de adquisición, ya que fiscalmente no se puede amortizar un valor mayor del invertido, pues esto iría directamente en contra del concepto contable de depreciación.

Ahora bien, como es un hecho evidente que la sustitución de una máquina totalmente amortizada exige un desembolso complementario para cubrir la diferencia de precio de la nueva con el de adquisición de la vieja, esta autorizada la inversión desgravada de los beneficios al final del ejercicio, con tal de que éstos se dediquen a mejora de maquinaria y utillaje.

También se puede crear un fondo de adquisición de maquinaria con lo procedente, una vez amortizada la máquina, de seguir pasando como cargos a las obras las mismas o parecidas cantidades que durante el último periodo de amortización.

Hay que notar que puede darse el caso de que, integradas las cuotas de amortización, no se alcance nunca el precio de una máquina a estrenar; si se

desea realizar esta compra se puede segregar la diferencia de la cuenta fondo para adquisición de maquinaria.

Tampoco el fisco interviene en el valor residual de la máquina, al considerarlo una reserva discreta y oculta, pero legal, de la entidad propietaria de la misma.

Contablemente, llegado el momento de venta de una máquina amortizada, lo usual es pasar esa cantidad a la cuenta de fondo para adquisición de maquinaria, o bien directamente a la de pérdidas y ganancias, ya que es un beneficio con el que no se contaba.

En contabilidad hay múltiples procedimientos para reflejar la amortización, pero el más indicado parece ser, por las razones que a continuación se exponen, el siguiente: dejar toda la maquinaria mientras exista en la empresa como cuenta de activo, figurando paralelamente una cuenta de amortización de maquinaria, en el pasivo, teniendo en cuenta que tanto la cuenta activa como la pasiva pueden tener el número preciso de divisionarias para su mayor claridad contable.

Se ha dicho que este método es el mejor y las razones son evidentes: no se modifica contablemente el valor de la máquina durante su vida, lo cual permite en cada momento un análisis de las cuentas relativas a la maquinaria con solo contemplar un balance de situación; al mismo tiempo se conoce el grado de amortización global y, lo que es más interesante, el grado de liquidez de la cuenta fondo para adquisición de maquinaria, al compararlo con las cuentas que integran el inmediato realizable.

En esta liquidez reside el punto más importante de toda la trama, ya que en ella se basa la posible renovación de la maquinaria por tener el efectivo suficiente para hacerla.

### 3.2.1 CRITERIOS DE AMORTIZACIÓN<sup>56</sup>

Tanto más exacto sea el método para amortizar cuanto con más precisión refleje lo que la máquina ha perdido de valor.

Se comprende que la amortización contable es una operación sencillísima. Lo difícil es hacer coincidir el valor que contablemente tiene una máquina con su valor real. Por esa razón, normalmente se olvida la necesidad de este paralelismo, lo cual en si no tiene demasiada importancia, siempre que la diferencia entre ambos no sea demasiado grande, pues si así sucediese, no se sabría, a la hora de evaluar económicamente la empresa, si los resultados del balance son suficientemente reales.

Para definir la amortización hay que fijar previamente el plazo o período a que se extiende.

Este plazo se acostumbra a fijar en función del tipo de máquina, a manera de ejemplo se pueden dar los siguientes:

- Pequeño material de obra: 6000 horas de trabajo; 3 años de duración.
- Material de obra pesado: 10000 horas de trabajo; 5 años de duración.
- Material de obra extraordinariamente pesado: 16000 horas de trabajo; 8 años de duración.

En las cifras anteriores se suponen 2000 horas de trabajo por año natural. Esto representa que trabaja (o esta a disposición) 300 días al año, a 8 horas diarias y con un rendimiento del 80 por 100, lo que se ajusta suficientemente a la realidad.

---

<sup>56</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 21

Otro tema a discutir es si en realidad resulta más conveniente pensar en cuotas de amortización según períodos de tiempo (los mas usuales son año y horas de trabajo) o referirlo a unidades efectuadas.

Ejemplo:

Una excavadora de  $1\text{m}^3$  de capacidad puede tener una duración de vida útil probable de 14000 horas de trabajo y en roca quebrantada puede efectuar en estas mismas horas una carga de  $1250000\text{ m}^3$ . podría amortizarse por hora o por  $\text{m}^3$  cargado.

Hacerlo de la primera forma tiene la ventaja evidente de que como la pala excavadora no puede hacer otra cosa que excavar y cargar, sus horas de puesto serán realmente de trabajo o de preparación y disposición para el mismo; mientras que haciéndolo por el segundo procedimiento se tiene que tomar en consideración el material excavado, ya que de la carga en roca a la carga en arcilla poco consolidada va una diferencia en la producción de cerca de 25% es evidente que esto complica las cosas.

De lo expuesto, se presenta la duda de si a los camiones, que pueden hacer cosas tan distintas como portar cargas y trasladar personal, sería mejor asignarles para su limite de vida, contable al menos, un número de toneladas kilométricas; aquí se vuelve a mantener el mismo criterio de la excavadora; es más lógico y más cómodo en un camión la evaluación de su vida contada en tiempo y no en toneladas kilométricas, porque, de no ser excesivamente forzado su motor (la parte más deteriorable) sufre casi lo mismo en las dos tareas propuestas como ejemplo.

Queda pues, sentada la conveniencia, en principio, de una amortización basada exclusivamente en estipulación del tiempo transcurrido.



### 3.2.2 MÉTODOS MÁS USUALES DE AMORTIZACIÓN<sup>57</sup>

Se entiende por desgaste cierto el hecho inexorable que sufre un equipo respecto a su baja de rendimiento, partiendo de que el comportamiento individual de cada equipo puede ser conocido anticipadamente, de tal forma que la experiencia de su comportamiento permite inferir un resultado.

Es habitual en una primera fase del estudio el planteamiento de la amortización o depreciación según distintos esquemas o sistemas, sin hacer intervenir en ello el interés del dinero.

Dicho interés se acostumbra a reflejar en esta forma primaria de actuar, al repercutirlo sobre la inversión media.

Esta forma de actuar simplifica extraordinariamente los cálculos y permite una aproximación suficiente. Más adelante se exponen los métodos más elaborados y que permiten la intervención del interés del dinero en el mismo cálculo de la amortización, de acuerdo con esquemas ampliamente aceptados

Los métodos de amortización más comúnmente empleados son:

- Lineal uniforme.
- Uniforme con doble anualidad de amortización el primer año.
- Suma de dígitos
- Resto declinante.

#### 3.2.2.1 El método lineal uniforme<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 24

<sup>58</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 36

Es la más simple pero no refleja en la generalidad de los casos valores reales, ya que no es común que la pérdida de valor de un equipo sea constante y uniforme a lo largo de toda su vida útil.

Consiste en dividir el costo total inicial de la máquina, deducido previamente su valor residual estimado, por el número de años u horas de su vida útil.

La cuota anual y horaria de depreciación obedece a la siguiente expresión:

$$R = \frac{C - S}{n} \quad (3.1)$$

Donde:

R = Cuota anual y horaria de depreciación

C = Costo inicial

S = Valor residual

n = número de años u horas de vida asignada

Con este sistema se posterga la recuperación de la inversión efectuada al adquirir la máquina, frente a los sistemas que lo hacen en forma más acelerada. Comprando con ellos resulta que se cargan menos los costos sobre la producción del periodo inicial que sobre la del final.

En efecto, se asigna una misma cuota sobre la producción inicial, que generalmente es mayor porque la máquina posee mayor capacidad de rendimiento y sobre la final, cuando ya el equipo, por su envejecimiento, ha declinado su producción.

De esta manera los costos unitarios resultan deformados, demasiado bajos en el periodo inicial y muy altos al final de la vida.

La ventaja de este sistema es la de su comodidad de cálculo y pese a no ser real es el más utilizado en la práctica.

### **3.2.2.2 El método uniforme con doble anualidad de amortización el primer año<sup>59</sup>**

Se calcula dando durante este periodo una amortización doble de cada uno de los restantes, siguiendo, por lo que respecta a su cálculo, el mismo sistema que el método anterior.

Conviene diferenciar estos dos periodos: el primero comprende la primera anualidad y el segundo, las restantes uniformes; de esta manera queda compensado el primer periodo mas caro y mas rentable por su mayor productividad, con los posteriores, más baratos, pero en los que la vejez, mas o menos prematura de la máquina se deja sentir en su rendimiento, disminuyéndolo.

Como ventaja de este método sobre el anterior, cabe indicar que se acerca más a la realidad que el método más simple citado antes.

Por otra parte, el sistema de cálculo es análogo a aquel, aunque rara vez se aplica a fracciones del año.

Ejemplo:

Sea un equipo con costo inicial de 1100000 dólares, al que se le asigna un valor residual de 100000 dólares, tiene una vida de 5 años con 2000 horas de trabajo al año.

---

<sup>59</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 25

**Tabla 3.1 Ejemplo de amortización uniforme con doble anualidad en el primer año**

Año	Coefficiente de Amortización	Cantidad Amortizada en el año	Valor residual a final del año	Valor amortizado a final del año
0	0	0	1100000	0
1	2/6	333333	767677	333333
2	1/6	166666	600000	500000
3	1/6	166666	433333	666666
4	1/6	166666	266666	833333
5	1/6	166666	100000	1000000

Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción Manuel Diaz del Río. Mc Graw Hill, 2001 España pag. 25

### 3.2.2.3 El método suma de dígitos<sup>60</sup>

Consiste en determinar un porcentaje variable decreciente de depreciación que resulta de dividir la cantidad que representa la vida residual del equipo expresado en años más 1 por la suma de todos los números que representan cada uno de los años de vida útil del equipo.

Así se tiene por ejemplo, para  $n = 5$  años, que el porcentaje de amortización del primer año es:

$$\frac{5}{1 + 2 + 3 + 4 + 5} = \frac{5}{15}$$

Para el segundo año será  $4/15$  y así sucesivamente.

La formula a emplearse, en consecuencia, es la siguiente:

$$R = (C - S) \frac{X}{N}$$

(3.2)

Donde:

<sup>60</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 38

R = Cuota anual de depreciación (variable)

C = Costo inicial

S = Valor residual

X = Dígito correspondiente al año que se deprecia

N = Suma de los dígitos.

Con respecto al método anterior ofrece la ventaja de que la depreciación decrece más uniformemente y también resultan más uniformemente los costos totales. Así mismo las operaciones de cálculo resultan más sencillas.

#### 3.2.2.4 El método resto declinante<sup>61</sup>

Es un procedimiento de amortización acelerada por cuanto los mayores valores de depreciación se producen en el primer año y decrecen paulatinamente en los años sucesivos.

Consiste en calcular la depreciación inicial del primer año en un porcentaje del valor de la unidad nueva, la depreciación del año siguiente afectando el valor residual del equipo es obtenido por el mismo porcentaje y así sucesivamente hasta el final del periodo adoptado

1er año

Cuota de depreciación

$$R_1 = C * r$$

(3.3)

Valor residual:

$$C - R_1 = C * (1 - r)$$

(3.4)

2do año

---

<sup>61</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 37

Cuota de depreciación:  $R_2 = C * (1 - r) * r$

(3.5)

Valor residual:  $C - R_1 - R_2 = C * (1 - r) - C * r * (1 - r) = C * (1 - r)^2$

(3.6)

n# año

Cuota de depreciación:  $R = C * r * (1 - r)^{n-1}$

(3.7)

Valor residual:  $S = C * (1 - r)^n$

(3.8)

Despejando:  $r = 1 - \sqrt[n]{\frac{S}{C}}$

(3.9)

R1, R2, .....Rn = Cuota anual de depreciación

C = Costo inicial

S = Valor residual

n = Número de años de vida útil adoptado

r = Tasa o porcentaje de depreciación

los valores conocidos son c, s y n

En algunos países suele aplicarse este método modificado de una forma más sencilla y empírica: se calcula r dividiendo 100 por la vida n en años de la máquina y este valor sería el porcentaje promedio de amortización, valor que se duplica y se aplica a los sucesivos valores residuales, se lo denomina "método de doble balance declinante".

En este caso:  $r = \frac{100}{n} * 2$

(3.10)

El método es de muy conveniente aplicación sobre equipos de corta vida útil, ofrece la ventaja del decrecimiento rápido de la depreciación y equilibra en cierto modo los costos de reparaciones.

En efecto, en un equipo nuevo las reparaciones gravitan poco sobre el costo de aplicación, aumentando considerablemente al final; lo inverso sucede con la depreciación calculada por este sistema resultando que, sumados los costos de reparaciones y las depreciaciones, tienden a obtenerse sumas iguales y de este modo los costos también tienden a uniformarse.

No obstante ofrece el inconveniente de que la depreciación al comienzo y sobre todo el primer año, resulta sumamente elevada.

### **3.3 INVERSIÓN MEDIA, INTERESES DEL DINERO, IMPUESTOS, SEGUROS<sup>62</sup>**

La modificación técnica, o de rendimiento, de una máquina a lo largo de su vida obliga a buscar un valor representativo e invariable sobre el que operar, que se llama inversión media y que podría definirse como la media de los valores residuales anuales en todos los años de existencia útil, después de deducirles la cuota de amortización correspondiente a cada año.

Esta inversión media es relevante, ya que sobre ella se acostumbra a calcular el interés, los seguros (por efectuar este contrato sobre el valor real al principio de cada año), impuestos y derechos de almacenaje.

Se calcula la inversión media en dos hipótesis distintas.

Para un capital,  $I$ , la inversión media  $I_m$ , será la media de los valores a amortizar durante  $n$  años de vida de la máquina.

---

<sup>62</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España Pág. 27

Por definición:

$$I_m = \frac{1}{n} \left[ \left( I - \frac{1}{n} \right) + \left( I - \frac{2I}{n} \right) + \dots + \left( I - \frac{(n-1)I}{n} \right) \right]$$

$$I_m = I \left[ 1 - \frac{1}{n^2} * (1 + 2 + 3 + \dots + n) \right] = I * \frac{n+1}{2n} \quad (3.11)$$

Siendo n el número de años que dure el periodo de amortización.

Así por ejemplo:

Amortización en 5 años:

Valor al principio del primer año	= 100
Valor al principio del segundo año	= 80
Valor al principio del tercer año	= 60
Valor al principio del cuarto año	= 40
Valor al principio del quinto año	= 20

Total = 300 Valor medio = 300/5 = 60%

Lo cual se obtiene de la formula anterior

$$I_m = (5+1) / (2*5) = 0.6I = 60\% \text{ de } I$$

Se considera un Segundo caso:

Cuando se haya supuesto que el primer año se amortiza el doble que los siguientes, se deduce fácilmente la expresión de la inversión media de esta manera:

n = numero de años que dura la amortización.

I = inversión primera o valor de adquisición de la máquina

2A = anualidad que se le asigna al primer año

A = anualidad que se le asigna a los demás años.

Se tiene:

$$(n-1)A + 2A = (n+1)A = I$$

(3.12)



Por otra parte:

$$\frac{1}{n}(I + (I - 2A) + (I - 3A) + \dots + (I - nA)) = I - \frac{A(2+n)*(n-1)}{2n} =$$

$$= I - \frac{I*(2+n)*(n-1)}{2n*(n+1)} = \frac{n^2 + n + 2}{2n*(n+1)} * I = I_m$$

$$I_m = I * \frac{(n^2 + n + 2)}{(2n(n+1))}$$

(3.13)

Una vez calculada la formula de inversión media se aplicaran sobre la misma unos porcentajes habituales que sirven para estimar los gastos anuales por interés, impuesto, seguros y demás gravámenes, tales como patentes, almacenajes, etc.

Pueden tomarse, por ejemplo, los valores siguientes, variables, por supuesto, en función de la coyuntura.

Interés del capital De 4 a 8% anual.

Seguros, almacenaje, patentes, etc.: de 2 a 3 % anual

Impuestos: de 2 a 3 % anual

Total de 8 a 14% anual

Para una primera estimación, se puede tomar globalmente un 10 %

### 3.4 GASTOS DE FUNCIONAMIENTO<sup>63</sup>

Pueden considerarse como más importantes los siguientes gastos de funcionamiento:

- Mano de obra de Operador
- Costos de Carburante
- Costos de Mantenimiento

#### 3.4.1 LA MANO DE OBRA DE OPERADOR DE MAQUINARIA<sup>64</sup>

Si se pretende calcular el costo por hora de operario al frente de máquinas, hay que partir de que para muy poco sirven los jornales-base mínimos que fijan las reglamentaciones del trabajo (aunque precisamente estos salarios son los que se suponen en la mayoría de los casos en los presupuestos oficiales).

Tratar de que especialistas (otros ni deben ni pueden manejar máquinas costosas) ejerzan con celo y eficacia su misión por el jornal base es pretender imposibles. Además, aquí esta el reverso de la moneda: Un buen mecánico no ofrece sus servicios tan baratos.

Hay que tener en cuenta que el buen rendimiento de obreros calificados esta muchas veces supeditado a la existencia de establecimientos, comedores, etc., que, como es natural, pesan directamente sobre el costo de la mano de obra.

No hay que olvidar otro criterio: al operario se le mide su eficacia en función del valor y complejidad de la máquina que maneja con eficiencia.

---

<sup>63</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 44

<sup>64</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 28

Los gastos imputables como mano de obra del conductor o maquinista de un equipo de construcción son la cantidad de horas de puesto realmente pagadas al conductor por cada hora efectiva de máquina.

El conductor es pagado durante todas las paradas de la máquina y esta mano de obra queda reflejada en el coeficiente de rendimiento.

Debe notarse que la mano de obra pagada durante la inmovilización de la máquina no esta comprendida en las cantidades indicadas. Esta mano de obra se emplea, en muchos casos, en la conducción de otras máquinas, o en el taller.

En todo caso, los precios unitarios de la mano de obra comprenden las siguientes partidas:

1) Salario

Salario base

Primas de todo tipo

Horas extraordinarias

2) Cargas Sociales

3) Otras compensaciones

Desplazamientos

Plus de peligrosidad

4) Gastos accesorios

Alojamientos

Comedor

Transporte

Calefacción

5) Otros gastos accesorios

### 3.4.2 COSTOS DE CARBURANTE<sup>65</sup>

Desde hace muchos años, no se emplea en las máquinas pesadas móviles de obras públicas más que diesel o aceites pesados (depende de los países); se ha desterrado la gasolina por su carestía energética relativa.

Hay que advertir, sin embargo, que la gasolina se sigue utilizando en vehículos ligeros, en motores de pequeña potencia y en los motores que para su arranque lleva algunos potentes motores diesel de ciertas marcas.

Hay que ser extraordinariamente prudente a la hora de dar un coeficiente específico de consumo por CV y hora de cualquier motor térmico, dado que las condiciones de operación del motor y de la propia máquina tienen repercusión importantísima en los consumos.

Es completamente distinto el consumo específico de un motor que acciona un grupo electrógeno dedicado a iluminación, donde la potencia debe darse continuamente y con un valor preestablecido y constante (pues de ello depende que haya iluminación correcta), al del otro motor que acciona una trailla con grandes recorridos de retorno ya descargada.

Sin embargo, existen unas fórmulas suficientemente precisas en las que se hace constar un coeficiente de variación amplio, para que el propio criterio del ingeniero que está preparando el estudio de costos sea el que determine el coeficiente a aplicar en cada caso.

Para motores de diesel y de gasolina, en buen estado de conservación, se emplea la fórmula siguiente:

$$\text{Consumo (litros/h)} = P * Q * U$$

(3.14)

---

<sup>65</sup> DIAZ DEL RIO, MANUEL; Manual de Maquinaria de Construcción; Mc Graw Hill; 2001; España  
Pág. 29

Donde:

P = potencia efectiva del motor (en CV); (no la potencia fiscal)

Q = Consumo específico (en litros/CV. Hora)

En motores diesel es de: 0.18 +/- 0.02 litros/CV. Hora

En motores de gasolina es de: 0.24 +/- 0.04 litros/CV. Hora

U = factor de utilización, que varía normalmente entre el 40 y el 80 por 100

Puede despreciarse, en general, en la estimación del cálculo de costo el consumo de gasolina en motores de arranque de motores diesel pesados, ya que rara vez supera los 0.4 litros / hora de operación de la máquina principal.

Como referencia puede tomarse como pesos específicos del diesel y gasolina los valores de 0.86 y 0.75 Kg. /dm<sup>3</sup>, respectivamente.

### **3.4.3 COSTOS DE MANTENIMIENTO**<sup>66</sup>

El costo de mantenimiento varía mucho y queda ligado a la actividad como también al sistema de operación.

Si el costo de mantenimiento permite determinar los costos directos por rubro, los costos indirectos tendrían que ser también afectados para llegar al costo real de utilización. Es necesario desglosar los costos de mantenimiento en cuatro rubros que son:

- Mano de obra
- Lubricantes y filtros.
- Refacciones
- Llantas y tren de rodaje

El rubro de llantas puede distorsionar el análisis, puesto que sus cambios se realizan de manera puntual y pueden modificar el costo total.

---

<sup>66</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 45

Para las empresas de transporte y de construcción, las motivaciones en materia de control del mantenimiento son las siguientes:

- Conocer los costos reales
- Simplificar y mejorar la recolección de datos
- Mejorar la imagen de marca de la empresa
- Balancear las relaciones entre operación y mantenimiento
- Manejar correctamente la inmovilización de los vehículos y maquinaria.
- Disponer de un stock mínimo de refacciones en función de los requisitos reales
- Mejorar el abastecimiento de refacciones
- Motivar al personal de taller
- Optimizar el costo técnico
- Mejorar la calidad de las reparaciones
- Establecer un plan de mantenimiento adecuado a los requerimientos
- Disminuir el número de reparaciones fuera de la empresa
- Disponer de vehículos más confiables

En las empresas dedicadas a la construcción, al transporte de carga y de pasajeros, el cálculo del costo operativo y del costo de mantenimiento son factores de extrema importancia, pues otorgan al empresario la posibilidad de evaluar todos los aspectos inherentes a la administración de su flota, así como de sanar las deficiencias que por suerte surjan de la aplicación inadecuada del equipo del que disponen, del aprovechamiento poco racional del personal necesario para la operación y mantenimiento de la flota.

Por lo tanto se debe considerar que siendo cada vehículo o máquina un caso particular dentro de una flota, los estudios de costos operativos y de mantenimiento deben ser adaptados en función de los criterios de utilización de esos vehículos y de la estructura administrativa de la empresa.

A pesar de que un estudio de costos operativos y de mantenimiento puede constituirse en argumento de venta, se debe tener en mente que su elaboración, partiendo de la suposición de que un vehículo será utilizado por un determinado período, en condiciones anteriormente establecidas que podrán no confirmarse en la realidad, conducirá a valores apenas estimativos que dependerán de los datos tomados como base para su elaboración, de esta manera el cálculo que se elabore permitirá la determinación de valores estimativos de los costos antes mencionados.

Se debe tener en cuenta que por tratarse de una estimación, los costos operativos de mantenimiento determinados pueden no corresponder al valor exacto. Sin embargo, permitirá a la empresa después de cierto tiempo y de un estudio correcto de los valores reales, un análisis del conjunto es de vital importancia administrativa.

El uso de una hoja de cálculo, permitirá la elaboración de cálculos estimativos y orientadores de costos, considerando casos particulares. Es importante resaltar que el grado de exactitud de los cálculos, dependerá directamente de los valores tomados para su elaboración.

Los gastos que pueden influir en el costo operativo de un vehículo, a veces son complejos por la variación que se produce entre una empresa y otra. Nuestra intención es orientar la elaboración de un cálculo estimativo de los costos que puedan influir significativamente y que de manera rápida permita al interesado una evaluación de los probables costos que sobrevendrán de la utilización de un vehículo o máquina.

El estudio deberá ser efectuado en relación con los criterios de utilización de los vehículos o máquinas y de la estructura de cada empresa, Basados en este hecho, se aconseja realizar el cálculo de costos conjuntamente con las áreas de contabilidad, operación y mantenimiento, siguiendo un método de cálculo sencillo y transparente. La confianza de los participantes en los resultados obtenidos será total, considerando que ellos mismos participaron activamente en los cálculos y no los recibieron ya calculados, sin saber el origen de las informaciones.

### 3.4.3.1 Lubricantes<sup>67</sup>

Será necesario averiguar del fabricante la cantidad de cada tipo de aceite en las partes de la máquina y decidir los tiempos de cambio según las normas del tipo de aceite y las condiciones del trabajo. Así se conocerán las cantidades horarias de consumo de aceite y en consideración al costo unitario en el lugar de trabajo, se tendrá ya el costo del consumo de los lubricantes por hora de operación.

Los cambios de aceite del motor varían entre 75 y 250 horas de funcionamiento, ordinariamente varían por el polvo y la temperatura del sitio de trabajo.

Además todos los motores tienen consumo de aceite por diferentes razones.

Se estima que si el consumo de lubricante excede al 1/20 del costo de consumo de combustible ese motor debe ser analizado con más detalle para determinar las causas de esta anomalía.

En las transmisiones y mandos finales de las máquinas el lubricante debe cambiarse dos veces por año, a menos que el fabricante del equipo recomiende otra cosa.

En general, como regla empírica para determinar los costos de lubricantes se tiene lo siguiente:

$$\text{Costo.de.lubricante} = \frac{1}{3} \text{ del.costo.del.combustible.diesel}$$

(3.15)

$$\text{Costo.de.lubricante} = \frac{1}{4} \text{ del.costo.del.combustible.gasolina}$$

(3.16)

---

<sup>67</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 44



### 3.4.3.2 Grasas y filtros<sup>68</sup>

Para el consumo de grasa se puede basar en las recomendaciones del fabricante que da la cantidad de grasa que se debe gastar para un buen mantenimiento. Con esto y el precio se obtiene directamente el costo horario.

La utilización de la grasa esta en función de los equipos, así en equipos antiguos se requiere entre ½ a 3 Kg. de grasa por jornada y en los equipos modernos se requiere engrasar cada 1000 horas de operación.

Tratándose de filtros, estos deben ser cambiados de acuerdo a las indicaciones del fabricante sin embargo, una rápida estimación del costo de filtros es la siguiente:

$$\text{Costo.de.filtros} = 20\% \text{ a } 50\% \text{ costo.de.lubricantes} \quad (3.17)$$

Si bien existen datos del consumo de los fabricantes que son ya una base, es mejor obtener este dato en la obra porque los cambios de filtros varían enormemente entre sus periodos, en relación a las condiciones imperantes en el sitio de trabajo.

### 3.4.3.3 Reparaciones<sup>69</sup>

Las grandes reparaciones y aquellas de mantenimiento constante son mayores con el transcurso del tiempo de vida de la máquina, es decir que si se opta por tomar un valor medio, se tendrá al comienzo un exceso de valor que será en definitiva una reserva para el futuro.

---

<sup>68</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 45

<sup>69</sup> RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 48

Se podría calcular el costo real de esta área en forma ascendente pero eso haría variar constantemente el costo horario del equipo, dando lugar a continuos ajustes. Si bien este será el sistema más real, es preferible calcular un costo promedio que permita tener un valor constante horario para cada máquina.

El valor de las reparaciones totales, en donde se consideran incluidos todos los costos de mano de obra directa inherentes a ellas, depende de las condiciones de trabajo a que estará sometido cada tipo de máquina.

Existen apreciaciones prácticas de algunos fabricantes sobre este costo de reparaciones, pero hay que considerar que los valores de impuesto de introducción de los equipos a un país, los derechos de importación de los repuestos etc, hacen variar los coeficientes de cálculo; por otro lado, la operación de los equipos no es siempre condiciones específicas sino a menudo variables; lo cual hace pensar que estos coeficientes debe ser evaluados atentamente antes de tomarlos para el cálculo de costos.

Para el cálculo de reparaciones se tienen varios métodos en este documento se analizan dos de ellos

#### *3.4.3.3.1 Según las condiciones de trabajo*

Estos son los coeficientes que se han hecho comunes utilizarlos en el medio ecuatoriano

**Tabla 3.2 Coeficientes para reparación (método de condición de trabajo)**

Maquinas	Condiciones de Trabajo Y Aplicación		
	Faciles	Medianas	Severas
Tractor de Orugas	0,7	0,9	1,3
Tractor de Ruedas	0,7	0,6	0,9
Traillas Remolcadas	0,3	0,4	0,6
Mototraillas	0,7	0,9	1,3
Motoniveladoras	0,3	0,5	0,7
Camiones pesados	0,6	0,8	1,1

FUENTE: RAMON, MAXIMO, ING.; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 49

Estos coeficientes multiplicados por el valor neto para amortización (precio de compra menos el valor de los neumáticos menos el valor residual) dan el costo de las reparaciones durante la vida útil de las maquinas y ese valor dividido para el periodo de vida en horas, nos dará el costo horario de las reparaciones.

#### 3.4.3.3.2 *Método de los factores de reparación*

Este método utilizado por Nichols, da una tabla de factores de reparación que se puede utilizar en la determinación probable de los costos de reparaciones y repuestos durante la vida de la máquina, para el ajuste de registros experimentales de las nuevas condiciones o para la aclaración de gastos que han sido efectuados.

Para el uso de estas tablas el calculista de costos selecciona la descripción bajo cada rubro que representa más exactamente las condiciones que se esperan y utiliza la cifra que le sigue. Estas cifras se multiplican entre si para producir un factor combinado de reparación que se multiplica por el precio de adquisición del equipo y se divide por 10000 (promedio de horas útiles) obteniéndose de esta manera el costo horario.

A menos de que las condiciones especiales de trabajo tengan un efecto no usual sobre la vida de las llantas, estos factores se utilizan para la totalidad del costo de adquisición del equipo incluido el de los neumáticos.

Cuando los neumáticos tienen vida excepcionalmente larga o corta por alguna circunstancia especial, los factores deberán aplicarse exclusivamente al equipo sin neumáticos y calcularse por separado el costo de estos.

Este método permite calcular, dentro de su generalidad, con mayor precisión el costo del rubro ya que contempla la totalidad de las variables que se presentan en este tipo de trabajo.

**Tabla 3.3 Factores de Reparación**

Tipo de Equipo	Factor
Hormigoneras todo tipo	0.5
Distribuidoras de piedra	0.5
Rodillos compactadores estáticos	0.5
Grúas giratorias	0.5
Compresores de aire	0.8
Camiones volquetes estándar	0.8
Distribuidores de asfalto	0.9
Usinas de asfalto o trituración	0.9
Excavadoras dragalinas o de cucharón de almeja	0.9
Rodillos neumáticos autopropulsados	0.9
Palas brazo de ataque o retroexcavadora	1
Camiones fuera de carretera	1
Moto niveladora	1
Cargadoras frontales de 4 ruedas motrices	1

**Tabla 3.3 Continuación**

Traíllas de todo tipo	1.1
Compactadores vibratorios	1.1
Topadores sobre orugas	1.2
Cargadoras frontales de orugas	1.4
Cargadora frontal de 2 ruedas motrices	1.6
Tractor de orugas con escarificador	2.5
<b>Horas Totales de Uso</b>	<b>Factor</b>
1000	0.5
2000	0.5
3000	0.6
4000	0.7
5000	0.9
6000	1
8000	1.3
10000	1.6
12000	1.9
16000	2.3
20000	3
<b>Años de vida útil</b>	<b>Factor</b>
1	0.6
2	0.7
3	0.8
4	0.9
5	1

**Tabla 3.3 Continuación**

6	1
7	1.1
8	1.2
9	1.3
10	1.4
15	2
<b>Temperatura Fahrenheit</b>	<b>Factor</b>
Muy caliente mas de 100°(38°C)	1.3
Caliente, de 85° a 90°(30 a 32°C)	1.1
Normal de 32° a 84°(0° a 30°C)	1
Fría, de 0° a 31°(-17° a 0°C)	1.2
Muy fría, bajo 0°(<-17°C)	2
<b>Condiciones de Trabajo</b>	<b>Factor</b>
Principalmente de reserva	0.4
Ligeras	0.8
Promedio	1
Pesadas	1.4
Duras	2
<b>Mantenimiento</b>	<b>Factor</b>
Excelente	0.6
Bueno	0.8
Promedio	1
Malo	1.5
Ninguno	3

**Tabla 3.3 Continuación**

Tipo de Servicio	Factor
De mina de explotación grande	0.5
De pequeña explotación	0.8
De contratista	1
Alquiler a terceros	1.4
Operador	Factor
Excepcional	0.8
Bueno	0.9
Promedio	1
Brusco	1.2
Aprendiz	2
Experiencia	Factor
Excelente	0.6
Buena	0.8
Promedio	1
Escasa	1.5
Calidad del equipo	Factor
Superior	0.8
Promedio	1
Mala	1.5
Presión del Trabajo	Factor
Holgada	0.9
Promedio	1
Prisa desesperada	1.5

FUENTE: RAMON, MAXIMO, ING. ; Construcción pesada 1; PUCE; Quito 1994; Pág. 50-52

Ejemplo de aplicación:

Se supone que un contratista compra un cargador frontal sobre orugas en \$ 40000. Se trata de un equipo de la mejor calidad, se espera que el mantenimiento sea bueno, las condiciones de trabajo pesadas, la temperatura normal, la experiencia, la prisa del trabajo y la operación sean promedio; se supone que la máquina se usara en total de 6000 horas en cinco años de trabajo.

Seleccionando en la tabla 3.3 las cifras apropiadas en cada grupo se tiene:

1.- Tipo de equipo	1.4
2.-Horas totales de uso	1.0
3.-Años de vida	1.0
4.-Temperatura	1.0
5.-Condiciones de trabajo	1.4
6.-Mantenimiento	0.8
7.-Tipo de servicio	1.0
8.-Operadores	1.0
9.-Experiencia	1.0
10.-Calidad del equipo	0.8
11.-Prisa de trabajo	1.0

Multiplicados todos los factores entre si obteniendo un coeficiente  $1.2544 = 1.25$

En consecuencia el costo horario de reparaciones, repuestos y mantenimiento será:

$$\frac{1.25 * \$40000}{10000} = \$5.00$$

Valor promedio de costo horario de reparaciones durante la vida supuesta de la máquina



#### 3.4.3.3.3 *Otros métodos*

Existen gran variedad de métodos para el cálculo de costos de reparaciones, repuestos y mantenimiento, proporcionados por distintos organismos entre los que cabe citar al United States Army Corps of Engineers, The Associated General Contractors of America ambos de E.E.U.U., que calculan en función de coeficientes debidamente tabulados para las distintas variables antes anunciadas.

También existe el método Caterpillar el cual consiste en tablas y de acuerdo al modelo de la máquina se obtiene un factor, pero este cálculo solo se lo puede utilizar para máquinas de esta marca.

#### 3.4.3.4 **Neumáticos**<sup>70</sup>

Los costos de neumáticos son una parte importante del costo de cualquier máquina de ruedas. La mejor estimación de este punto se obtiene cuando las cifras de la vida útil del neumático se basan en la experiencia, utilizando los precios que el propietario realmente paga al reemplazar los neumáticos.

##### 3.4.3.4.1 *Gráficos estimadores de vida útil*

Las gráficas no consideran una vida útil adicional después del reencauchado. Se considera que los neumáticos nuevos se utilizan hasta su destrucción; sin embargo, no se recomienda necesariamente esta práctica.

Basado en neumáticos estándar. Los neumáticos optativos cambian estas gráficas hacia arriba o hacia abajo.

No se considera la posibilidad de fallo imprevisto (reventón) debido a exceder las limitaciones de km/h. Tampoco se consideran los fallos prematuros debidos a

---

<sup>70</sup> Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

pinchazos por trozos o ramas puntiagudas (arrastradores de troncos) o rocas (camiones cargados, etc.).

Las zonas de aplicación son las siguientes:

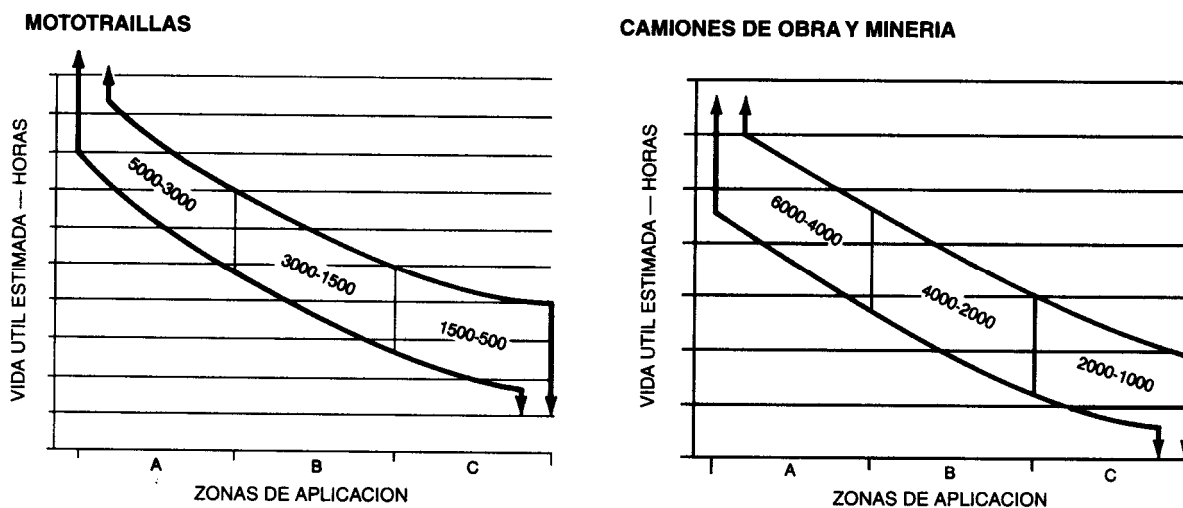
Zona A: Casi todos los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a la abrasión.

Zona B: Algunos neumáticos se desgastan normalmente pero otros sufren fallos prematuros debido a cortes por rocas, impactos y pinchazos irreparables.

Zona C: Pocos o ninguno de los neumáticos se desgastan hasta la banda de rodadura debido a daños irreparables, generalmente debido a cortes por rocas, impactos y continua sobrecarga.

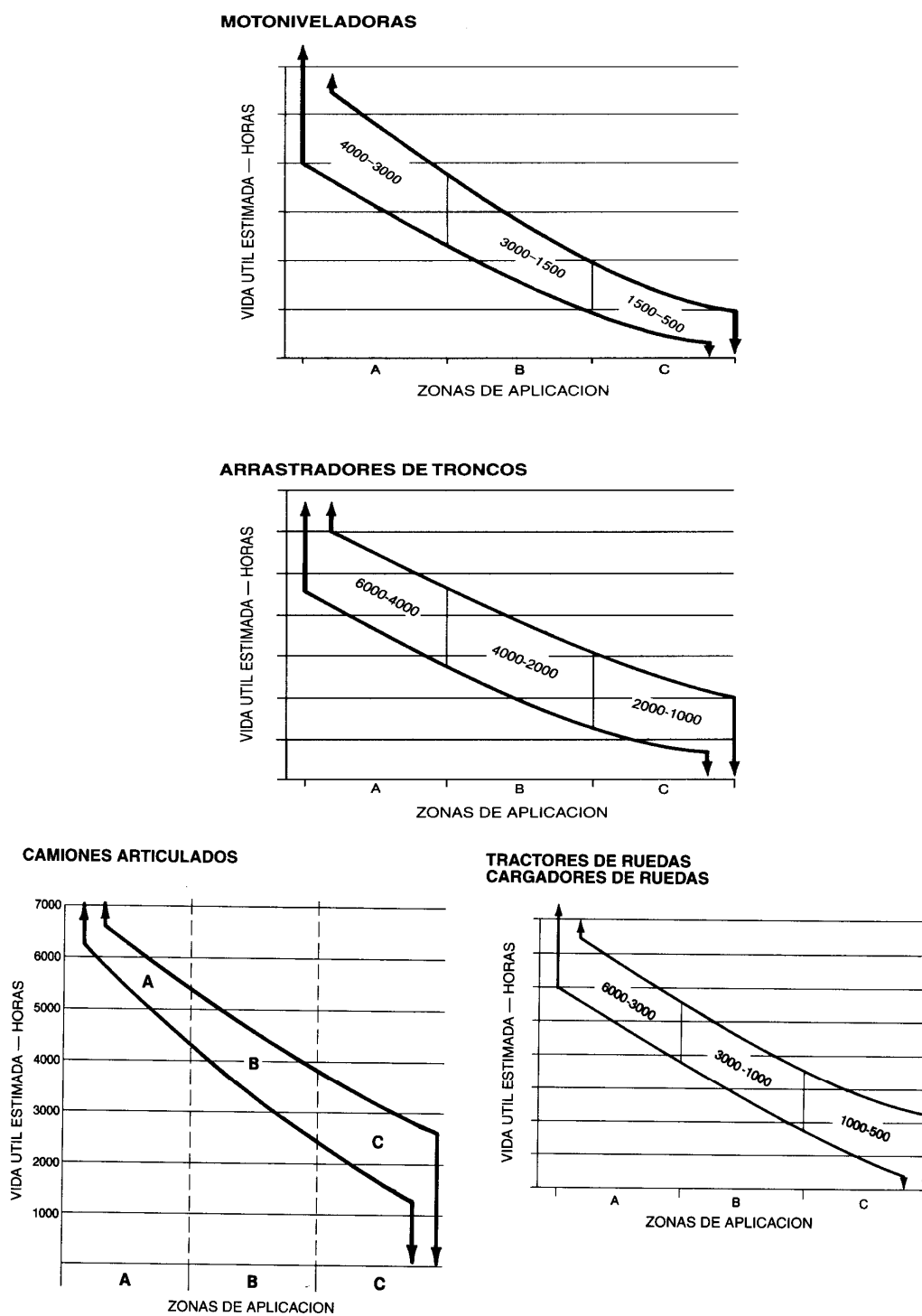
En los casos en donde no hay antecedentes disponibles siga las gráficas del estimador de vida útil que se muestran a continuación.

**Figura 3.1 Estimadores de vida útil de neumáticos**



FUENTE: Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

Figura 3.2 Estimadores de vida útil de neumáticos



FUENTE: Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

### 3.4.3.5 Sistema Goodyear para calcular la vida útil de neumáticos<sup>71</sup>

En la actualidad, no hay un método completamente seguro para pronosticar la vida útil de un neumático.

Los ingenieros han utilizado varios métodos teóricos pero generalmente estos métodos llevan mucho tiempo y no son prácticos para utilizarlos en la obra.

Sin embargo, la industria relacionada con los neumáticos ha hecho muchas encuestas respecto al rendimiento de los neumáticos y ha diseñado un sistema que puede estimar aproximadamente la vida útil de los neumáticos.

Los estudios realizados por las principales compañías de neumáticos y por lo menos dos fabricantes de equipo importantes llegan a una conclusión muy similar.

A continuación se muestra como aplicar este sistema:

**Tabla 3.4 Sistema Goodyear para vida útil de neumáticos**

Mantenimiento	Factor
Excelente	1.09
Promedio	0.981
Malo	0.763

<sup>71</sup> Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

**Tabla 3.4 Continuación**

Velocidades Máximas	Factor
10 mph 16Km/h	1.09
20 mph 32Km/h	0.872
30 mph 48Km/h	0.763
Condiciones de Terreno	Factor
Tierra blanda - sin roca	1.09
Tierra blanda - algunas rocas	0.981
Bien Mantenido - ruta de grava	0.981
Mal mantenido - ruta de grava	0.763
Voladuras - rocas agudas	0.654
Posición de las Ruedas	Factor
Remolque	1.09
Delantera	0.981
Impulsora (descarga trasera)	0.872
(descarga por el fondo)	0.763
(moto trailla)	0.654
Carga	Factor
Carga recomendada	1.09
20% sobrecarga	0.872
40% sobrecarga	0.545
Curvas	Factor
Ninguna	1.09
Medias	0.981
Severas	0.872
Pendientes	Factor
Nivel	1.09
5% máximo	0.981
15% máximo	0.763
Otras combinaciones varias	Factor
Ninguna	1.09
Medias	0.981
Severas	0.872

FUENTE: Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994  
 Se dispone también de una tabla de vida útil promedio de acuerdo al tipo de neumáticos y es la siguiente:

**Tabla 3.5 Vida útil promedio de neumáticos**

Tipo de Neumáticos	Vida Útil Promedio Base		
	Horas	Millas	Km
E-3 Estándar lonas diagonales	2510	25100	40400
E-4 Banda de rodadura Extra	3510	35100	56500
Radial RL4 Banda de rodadura extra	4200	42000	67600

FUENTE: Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

Utilizando las horas base (o Km.) se debe multiplicar por el factor apropiado para cada condición para obtener como producto final las horas estimadas aproximadas (o Km.)

Ejemplo:

Un camión de obra equipado con neumáticos impulsores E-4 trabajando en un camino de acarreo bien mantenido con curvas fáciles y pendientes mínimas y recibiendo una atención de mantenimiento del neumático

Seleccionando en la tabla 3.4 y 3.5 las cifras apropiadas en cada grupo se tiene:

1.- Mantenimiento	0.981
2.-Velocidades máximas	0.872
3.-Condiciones de terreno	0.981
4.-Posición de las ruedas	0.872
5.-Carga	0.872
6.-Curvas	0.981
7.-Pendientes	0.981
8.-Otras combinaciones	0.981

Dando como resultado un factor total =0.60

La vida promedio base es de 3510 horas

La vida útil estimada es de 3510horas \*0.60=2114 horas aproximando 2100 horas.

Como se puede ver este sistema requiere una aplicación cuidadosa de juicios estrictamente subjetivos y se puede esperar que de cómo resultado una estimación aproximada y conservadora.

Sin embargo, no se debe olvidar que este sistema ofrece únicamente como ayuda para lograr una estimación y no como una regla fija.

Por otro lado, si la vida útil del neumático en un trabajo determinado se considera que es menor de lo esperado, un análisis de estos factores puede señalar las condiciones a mejorar para obtener mayor duración del neumático.

Los precios de los neumáticos de reemplazo se deben obtener siempre de las compañías locales.

Debido a que los neumáticos se consideran como un elemento que se desgasta en este método de estimación de costos de posesión y operación, el costo total de reemplazo del neumático se deduce del precio de entrega de la máquina para llegar a una cifra neta para el cálculo de depreciación.

Entonces se incluye una estimación separada para los neumáticos como un elemento en los costos de operación.

Los costos de neumáticos tienen que ver en dos aspectos; el costo de reemplazo, y el costo de mantenimiento de los mismos (10% del costo del reemplazo)<sup>72</sup>

$$\text{Costo.horario} = \frac{1.1 * \text{Costo.del.reemplazo}}{\text{Vida.util.estimada.del.neumatico.en.horas}}$$

(3.18)

---

<sup>72</sup> Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

### 3.4.3.6 Tren de rodaje<sup>73</sup>

Los costos de tren de rodaje constituyen una parte importante de los costos de operación de las máquinas de cadenas. Dichos costos pueden variar independientemente de los costos básicos de la máquina.

En otras palabras, se puede emplear el tren de rodaje en un medio extremadamente abrasivo, de alto desgaste, mientras que para el resto de la máquina las condiciones son benignas y viceversa.

Por esta razón se recomienda que el costo por hora del tren de rodaje se considere como un artículo de desgaste rápido y que no se incluya en la reserva de reparaciones de la máquina básica.

### 3.4.3.7 Condiciones que influyen en la duración del Tren de Rodaje

Hay tres condiciones primarias que influyen en la duración potencial del tren de rodaje de cadenas.

**1.-Impacto**, El efecto mas fácil de evaluar es estructural: doblamiento, descascarillado, rajaduras, aplastamientos de las pestañas de los rodillos, etc, y problemas de tortillería y de retención de los pasadores y bujes.

Evaluación de las cargas de choque:

Altas: Superficies duras e impenetrables con protuberancia de 150 mm (6 pulg.)o aun más altas.

Moderadas: Superficies parcialmente penetrables con protuberancias de 75 a 150 mm (3-6 pulg.) de alto.

---

<sup>73</sup> Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-29 USA 1994



Bajas: Superficies totalmente penetrables proporcionan pleno soporte a las planchas de las zapatas y con poca protuberancia

**2.- Abrasión.** La tendencia de las materias del suelo a desgastar las superficies de fricción en los componentes de las cadenas.

Evaluación de la abrasión:

Intensa: Suelos muy húmedos que contengan gran proporción de arena o partículas de rocas duras, anguladas o cortantes.

Moderada: Suelos ligeramente mojados o de un modo intermitente, que tengan baja proporción de partículas duras, anguladas o cortantes.

Baja: Suelos secos o rocas con una proporción baja de arena, de partículas anguladas o cortantes, o esquirlas de roca.

Las cargas de choque y la abrasión combinadas pueden intensificar el grado de desgaste con mayor intensidad que sus efectos considerados separadamente, lo cual reduce aún más la duración de los componentes.

Esto se debe tomar en consideración al estimar la evaluación de las cargas de choque y de abrasión o se puede incluir para elegir el factor Z.

**3.- Factor “Z”,** Representa los efectos combinados de muchas condiciones relativas al ambiente, así como a las operaciones y al mantenimiento con respecto a la duración de los componentes en un trabajo determinado.

Condiciones naturales de terreno. La tierra por ejemplo, tal vez no sea abrasiva pero puede ser del tipo que se acumula en los dientes de las ruedas motrices, lo que causaría interferencias y grandes esfuerzos cuando los dientes se acoplan a los bujes.

Las sustancias químicas corrosivas de las materias que se mueven o que hay en el terreno pueden afectar el ritmo de desgaste, la humedad y temperatura agravarían los efectos.

La temperatura por si sola puede ser un agente importante. Las escorias calientes y los suelos congelados constituyen los dos extremos. El trabajo constante en laderas intensifica el desgaste en los lados de los componentes

Operación: Ciertos hábitos de algunos operadores intensifican el desgaste de las cadenas y los costos si no se ejerce el control necesario en el trabajo.

Tales prácticas incluyen las operaciones a gran velocidad, particularmente en retroceso; los virajes muy cerrados o las correcciones constantes de dirección, así como la salida de las cadenas debido a que el motor alcanza el par límite.

Mantenimiento: Las buenas normas de mantenimiento, tensión adecuada de las cadenas, limpieza diaria cuando se trabaja con materiales pegajosos, etc. combinadas con la medición regular del desgaste y al ejecución a tiempo de las tareas de servicio recomendadas aumentan la duración de los componentes y disminuyen los costos, pues reducen al mínimo los efectos negativos de dichas condiciones y de otras muchas.

Es evidente que la elección del multiplicador "Z" es tan solo cuestión de criterio y de sentido común, pero sus efectos en el costo pueden constituir la diferencia entre ganancia con operaciones debidamente reguladas o pérdidas cuando se descuida la supervisión.

Como ayuda para describir el valor adecuado del factor "Z" se debe considerar que el mantenimiento adecuado (o su falta) representaría el 50% de los efectos del factor Z; las condiciones naturales y el terreno, el 30% y las normas de operación, el 20%. Por eso basta un buen operador que trabaje en condiciones

naturales favorables, podría contrarrestar estas ventajas si hay descuido en el mantenimiento y habría que elegir un factor “Z” relativamente alto<sup>74</sup>.

En cambio el cuidado en el mantenimiento, la tensión y la alineación de las cadenas contrarrestaría con creces las condiciones desfavorables del terreno que producen serias acumulaciones de tierra en las ruedas motrices y dan lugar a elegir un factor “Z” entre moderado y bajo.

Por lo tanto, la flexibilidad en elegir el factor “Z” es una de las características del sistema y se recomienda hacer uso de esta ventaja. Además, se puede conseguir un control considerable sobre el factor “Z” y si se reducen los efectos se obtendrán más beneficios.

#### **3.4.3.8 Estimación del costo del Tren de Rodaje**

La guía siguiente da un factor básico para varios tipos de máquinas de cadenas y una serie de multiplicadores de condiciones para modificar el costo básico de acuerdo al impacto anticipado, abrasión y condiciones varias “Z” en las que la unidad va a trabajar

Paso 1.-Elegir la máquina y su correspondiente factor básico.

Paso 2.-Determinar la escala para cargas de choque, abrasión y condiciones “Z”.

Paso 3.-Añadir multiplicadores de las condiciones elegidas y aplicar la suma al factor básico para obtener la estimación por hora del tren de rodaje.

El resultado será un costo horario estimado para el tren de rodaje en tal aplicación.

---

<sup>74</sup> Caterpillar; Manual de rendimiento Caterpillar; Edición 25 Pág 17-25 USA 1994

**Tabla 3.6 Factores de estimación de costo horario Tren de Rodaje**

Factor Básico del Tren de Rodaje			
Modelo		Factor Básico	
D11R		17.5	
D10R		12	
5230		11	
D9R		9.5	
D8R		8.5	
973,589,D7LGP,5130		9	
D7,963B,578, D6 LGP, D7 XR		8	
3,755,080		6.4	
D6,953C, 572, D6M LGP, D6 XL, D6 XR		6.2	
350		5.3	
D5M LGP, D6 SR, D6M XL, D4 TSK, 527		5	
330B		4.4	
D3C (todos), D4C (todos), D5C (todos), 933 (todos), 939, 561H		3.7	
325B		3.4	
315,317,320B,322B		3	
D4 SR		2.5	
307 311B, 312B		2.2	
Multiplicadores De Condiciones			
	Impacto	Abrasión	"Z"
Alto	0.3	0.4	1
Moderado	0.2	0.2	0.5
Bajo	0.1	0.1	0.2

Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar Edición 25 Pág. 17-30 USA 1994

Ejemplo: Un D10N trabaja con material de alta carga de impacto y sin abrasión con un factor "Z" moderado.

De la tabla 3.6 se obtiene:

Factor básico del D10N =12.0

Multiplicadores I = 0.3

A = 0.1

Z = 0.5

Costo horario del tren de rodaje =  $12.0 \times (0.3 + 0.1 + 0.5) = \$10.80/\text{hora}$ .

### 3.4.3.9 Componentes de desgaste especial

Hay que incluir los costos de los componentes de desgaste tales como cuchillas, puntas de desgarrador, dientes de cucharón, forros de caja, puntas guías, etc. y costos de soldadura en plumas y brazos. Estos costos varían mucho dependiendo del tipo de aplicación, los materiales y las técnicas de operación.

#### 3.4.3.10 Registro de tiempo y costos<sup>75</sup>

Este registro de tiempo y costos ayudará a mantener los datos del uso de la máquina y los costos asociados con este uso. También indica un método para programar las inspecciones y reparaciones.

A continuación se explica el empleo de los formularios.

Se deberá utilizar el formulario "Informe de Inspección del estado de la máquinas" para hacer una lista de los problemas que necesitan solución.

El "Registro de servicio" tiene doce formularios uno para cada mes del año.  
(Anexo 2)

En estos formularios se anotará toda la actividad de una máquina en un mes. Las columnas "Programa de inspección y conservación" y "Programa de reparaciones" son para planear estas actividades. Estas dos columnas y el "Programa de conservación", en la parte inferior de cada formulario del Registro de servicio, se usarán juntos como sigue: (Anexo 2)

1. Anotar la indicación del medidor de servicio y la fecha de la conservación periódica mas reciente (a intervalos de 250, 500, 1000, 2000 horas).

2. Agregar el intervalo que corresponda (250, 500, etc.) a cada indicación del medidor de servicio "Ultima realizada" para obtener las cifras de cuando "Debe realizarse".

---

<sup>75</sup> CATERPILLAR; Manual de registro de tiempos y costos Caterpillar USA Pág. 1

3. La conservación a 250 horas requiere más exactitud para planear a tiempo porque incluye cambio de aceite del motor.

Si un periodo de conservación a 500 horas vence dentro de las 125 horas de esta conservación a 250 horas, se deberá planear esa conservación para la misma indicación del medidor de servicio que la conservación a 250 horas.

Si una conservación a 1000 o a 2000 horas debe realizarse dentro de un periodo corto, hay que decidir si se debe hacer toda esa conservación al mismo tiempo.

En el ejemplo que se muestra, se realiza una conservación e inspección de 2000 horas a 5816 horas del medidor de servicio. (Anexo 2)

4. Se calcula que la máquina llegará a 5816 horas del medidor de servicio el 3 de junio, así que se debe anotar "2000" para indicar que se ha fijado esa fecha para este nivel de conservación e inspección. Como las inspecciones y conservación son "acumulativas", todo procedimiento de menos horas (250, 500, 1000) se realizará en esa ocasión.

5. Las reparaciones se planean de la misma forma que las inspecciones y conservación usando algún sistema de numeración o código. Este código o sistema de numeración puede referirse a entradas de los "Informes de inspección del estado de las máquinas".

6. Si las reparaciones o la conservación no se realizan en la fecha que se ha fijado, se fijaran nuevas fechas que se anotaran también.

7. Al completar cada servicio programado se encerrará la entrada correspondiente en un círculo. Con este sistema, basta un vistazo para saber la fecha en que realmente se llevaron a cabo la conservación, inspecciones y reparaciones frente a la fecha fijada para hacerlas.

**Tabla 3.7 Programa de Conservación**

Programa de conservación				
	Ultima realizada		Debe realizarse/ realizada	
	horas	fecha	horas	horas
250 horas			/	/
500 horas			/	/
1000 horas			/	/
2000 horas			/	/

Fuente: Manual de rendimiento Caterpillar Edición 25 Pág. 2 USA 1994

En la parte "Resumen de costos mensuales" se anotan todos los costos del mes relacionados con la operación de la máquina. (Anexo 2)

El formulario "Resumen de datos de operación y costos", es para resumir un periodo completo de doce meses (Anexo 2)

Los datos de cada "Resumen de costos mensuales" se transfieren a la hoja de resumen para facilitar la revisión.

Este sistema de registros indicara con exactitud los costos de operación del equipo.

La página de Resumen de Datos de Operación y Costos se usa para determinar los costos de operación de la máquina y para resumir los datos.

Cuando las páginas del "Registro de servicio" mensual estén llenas, ubicar este formulario y guardarlo en el registro permanente.

Para usar este formulario, anotar los totales de las porciones "Registro mensual de costos de reparaciones", "Registro de servicio" y "Resumen de costos mensuales", tornados de las hojas mensuales como sigue:

1. Bajo "Costos de reparación y conservación" anotar los costos apropiados en la casilla correspondiente al componente. Luego hallar el total mensual sumando horizontalmente.
2. Hacer lo mismo con los costos de combustible y fluidos bajo "Costos de operación".
3. Anotar los "Costos varios" del "Resumen de costos mensuales".
4. Anotar los "Datos de operación" mensuales incluso los valores calculados por disponibilidad mecánica y utilización.

Para calcular la disponibilidad mecánica y utilización, se dan las siguientes definiciones:

- Horas planeadas = el tiempo que el administrador ha planeado que la máquina este capacitada para trabajar en un día.
- Horas trabajadas = el tiempo que la máquina realmente trabajo en un día.
- Horas ociosas = el tiempo que la máquina estuvo lista para trabajar pero no trabajo.
- Paralizaciones = las horas que la máquina estuvo mecánicamente incapacitada para trabajar durante un periodo en que se programo y se hizo un horario de trabajo.



Preferencias individuales determinaran si el tiempo consumido en reabastecimiento, lubricación e inspecciones diarias se incluye en las horas planeadas, en las trabajadas o en las ociosas. (Generalmente, estas actividades no se consideran paralizaciones).

Para calcular la disponibilidad mecánica y utilización hay varias fórmulas que representan diferentes opiniones. Las dos fórmulas más sencillas son:

$$\text{Disponibilidad} \cdot \text{mecánica} = \frac{\text{Horas} \cdot \text{trabajadas} + \text{tiempo} \cdot \text{ocioso}}{\text{Horas} \cdot \text{trabajadas} + \text{paralizaciones} + \text{tiempo} \cdot \text{ocioso}} \times 100$$

(3.19)

$$\text{Utilización} \cdot (\text{mecánica}) = \frac{\text{Horas} \cdot \text{trabajadas}}{\text{Horas} \cdot \text{trabajadas} + \text{tiempo} \cdot \text{ocioso}} \times 100$$

(3.20)

En muchos casos, las horas planeadas o programadas se consideran iguales a las horas trabajadas más paralizaciones más tiempo ocioso.

El Resumen de datos de operación y costos acumulativos se puede utilizar para registrar las cifras acumulativas y totales mensuales (costo por hora, costo /Km., etc.).

La necesidad de calcular cifras acumulativas surge de la fluctuación de los datos periódicos (mensuales, año a la fecha, etc.), fluctuación que los hace difíciles de analizar. Con las cifras acumulativas es más fácil comparar una máquina con otra.

### 3.5 COSTOS GENERALES

No corresponde en general, su evaluación a los responsables de la maquinaria en la empresa, y se fija normalmente por un coeficiente corrector que depende del tipo de empresa y de su estructura operativa.

### 1.2 3.6 TEORIA DEL REMPLAZO DE EQUIPOS AGOTAMIENTO DE LA VIDA ECONOMICA DE UN EQUIPO

Teóricamente se demuestra que el momento ideal para sustituir un equipo es aquel que debe proporcionar los menores costos promedios anuales, esto es cuando se ha Agotado su vida económica.

La vida económica es aquella en la cual la comparación entre el costo beneficio nos demuestra que ya no conviene continuar invirtiéndole a un equipo pues sus gastos vs su depreciación contable no lo ameritan. Expresado en una ecuación sería:

$$CPA = \frac{DA + MA}{t}$$

(3.21)

Donde:

CPA = Costo Promedio Anual

DA = Depreciación Acumulada

MA = Mantenimiento Acumulado

T = Periodo en Años

También se demuestra matemáticamente que el Costo Promedio Mínimo Anual es mínimo cuando se encuentra al costo total.

Entonces:

$$CPA = CT_1 + CT_2 + CT_N = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{i=T} CT_N = \frac{1}{T} \int_1^T CT \cdot dT$$

(3.22)

DONDE :

CT = Costo Total = Costo de Mantenimiento Acumulado ( CM ) + Costo de Posesión Acumulada ( CP ).

$$CT = CM + CP$$

(3.23)

Entonces:

$$CPA = \frac{1}{T} \int_1^T (CM + CP) dT = \frac{1}{T} \int_1^T CM \cdot dT + \frac{1}{T} \int_1^T CP \cdot dT$$

(3.24)

Para obtener el mínimo bastara con igualar a cero la anterior ecuación y derivarla con respecto al tiempo, quedando:

$$CPA = \frac{1}{T} \int_1^T CM \cdot dT + \frac{1}{T} \int_1^T CP \cdot dT = 0$$

(3.25)

$$\frac{d}{dT} \left[ \frac{1}{T} \int_1^T CM \cdot dT + \frac{1}{T} \int_1^T CP \cdot dT \right] = 0$$

(3.26)

Para obtener el mínimo

$$\frac{d}{dT} = \left[ \frac{1}{T} \int_1^T CT \cdot dT \right] = 0$$

(3.27)

Resolviendo la ecuación (derivada de un producto) y las integrales haciendo:

$$u = \frac{1}{T} \text{ entonces } \frac{du}{dT} = \frac{1}{T^2}$$

(3.28)

$$v = \int_1^T CT \cdot dT \text{ entonces } \frac{dv}{dT} = CT$$

(3.29)

Y multiplicando ambos miembros por T se tiene que.

$$CT = \frac{1}{T} \int_1^T CT \cdot dT = CPA$$

(3.30)

$$CT = \frac{1}{T} \int_1^T CT \cdot dT = \sum_{I=1}^{I=T} CT = \sum_{I=1}^{I=T} CP + \sum_{I=1}^{I=T} CM$$

(3.31)

La expresión de esta fórmula obtenida en una hoja de cálculo es la siguiente:

**Tabla 3.14 Ejemplo de Teoría de Reemplazo**

Año	Depreciación Acumulada	Mantenimiento Acumulado	Costo Total	C.P.A.
1	27071	12000	39071	39071
2	21657	15600	37257	38164
3	17325	19200	36525	37617
4	13860	23000	36860	37428
<b>5</b>	<b>11088</b>	<b>26000</b>	<b>37088</b>	<b>37360</b>
6	8870	31000	39870	37778
7	7096	35000	42096	38395
8	5676	45000	50676	39930
9	4541	50000	54541	41553
10	3633	50000	53633	42761

Elaboración: Los autores

En esta tabulación de valores reales se demuestra que el punto de agotamiento de vida económica corresponde a los 5 años.

## CAPÍTULO 4.

### CONTROLES DE MAQUINARIA PESADA

#### 4.1 ADMINISTRACIÓN DE FLOTAS

Históricamente el mantenimiento industrial tuvo sus comienzos en la corrección de desperfectos que ocurrían en equipos (mantenimiento por rotura).

Esta concepción del mantenimiento, en mayor o menor grado, está presente en los estudios realizados en flotas de vehículos.

El cometido del técnico de mantenimiento (Administrador de mantenimiento) debe ser, disminuir en la medida de lo posible, el mantenimiento por rotura, a favor de un mantenimiento correctivo programado, preventivo y aspirar a implantar un mantenimiento predictivo<sup>76</sup>.

#### **Se entiende como mantenimiento preventivo:**

Cambios y reposiciones de fluidos

Inspecciones rutinarias

Mantenimiento programado (planes de fábrica)

#### **Se entiende como mantenimiento correctivo:**

Programadas (reparaciones previstas)

No programado (reparaciones imprevistas)

---

<sup>76</sup> PELACHI, E; (Diciembre 2000); "Mantenimiento de flotas" Revista Club de mantenimiento Pág. 10

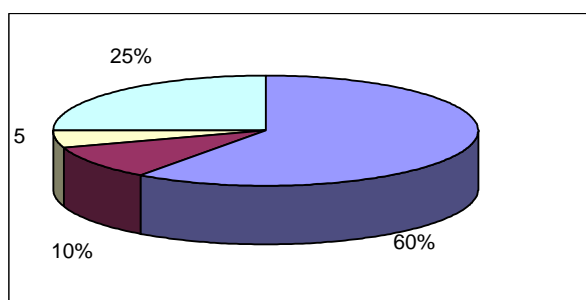
Se puede estimar que cada “falso ahorro” en no hacer preventivo, implica inevitablemente un gasto posterior, cinco veces mayor en reparaciones imprevistas, mas los costos de paralización de la unidad de producción.

Se ha observado en la industria el dilema: ¿cuál es la ubicación jerárquica de la unidad de mantenimiento? Si depende de producción, si esta a su nivel o si lo esta como modernamente se piensa como coordinador de la producción. Pero en el caso concreto de una flota de vehículos y maquinaria pesada, el dilema, no es tal, pues, esta es la unidad de producción.

Las ganancias de la empresa la genera el vehículo que mantiene y los insumos de esa unidad de producción (repuestos, lubricantes, neumáticos, combustibles, reparaciones) los controla mantenimiento.

Por lo general los gastos de una flota de vehículos deberían distribuirse: 60% combustibles y lubricantes, 10% neumáticos, los gastos de outage( ) no deberían sobrepasar el 5% y los de mantenimiento (incluyendo repuestos) no más de un 25%.

**Figura 4.1 Distribución de Gastos De Una Flota de Vehículos**



Fuente: PELACHI, E; (Diciembre 2000); “Mantenimiento de flotas” Revista Club de mantenimiento Pág. 10

#### **4.1.1 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DE UNA FLOTA DE VEHÍCULOS<sup>77</sup>**

<sup>77</sup> Horta Gutiérrez, Juan Carlos; Congreso mundial de mantenimiento Año 2002

A continuación se plantean esquemáticamente:

- Puntos a considerar al realizar el estudio.
- Necesidad de contar con un sistema informático, de apoyo a la gestión
- Puntos a tener en cuenta al adquirir un software de gestión de mantenimiento.
- Un ejemplo real de implementación adoptada para una flota de vehículos.

#### **4.1.1.1 Puntos a considerar al realizarse el estudio**

##### **Investigación de las necesidades de la empresa**

- Relevamientos
- De locales de garajes y talleres.
- Del personal.
- De la documentación utilizada en los procesos.

##### **Determinación de los parámetros de evaluación.**

- Puntos de mayor problemática de la empresa (necesidades de la empresa)
- Cuantificación de los gastos actuales de mantenimiento.

##### **Organigrama.**

- Actual de la empresa.
- Actual de mantenimiento.

##### **Informes.**

- De la situación actual del mantenimiento de la empresa (cuantificar costos).
- De las necesidades de la empresa.

- Implementaciones recomendadas (indicar la disminución de costos que podrían alcanzarse).

### **Gestión de mantenimiento.**

Esta debe actuar sobre:

- Mantenimiento correctivo
- Programado
- No programado.

### **Mantenimiento preventivo**

- Inspecciones.
- Cambios y reposiciones de fluidos.
- Plan de mantenimiento programado por la fábrica de cada vehículo.

### **Mantenimiento predictivo**

- Análisis de lubricantes.
- Análisis de vibraciones.

### **Controles sobre:**

- La gestión de neumáticos.
- La gestión de combustibles
- La gestión de lubricantes
- Reparaciones en talleres propios.
- Reparaciones tercerizadas.

### **Gestión de repuestos.**



- Movimientos
- Stock máximos y mínimos.
- Proveedores.

## **Operaciones**

- Kilometrajes u horas de: salida y entrada a garaje.
- Disponibilidad diaria de vehículos.
- Vehículos a la orden.
- Vehículos en talleres, internos y externos.

### **4.1.1.2 Necesidad de un sistema informático para gestión**

Dado el volumen de información que se maneja y la frecuente y rápida respuesta que deben darse a los problemas presentados, es necesaria la asistencia de un ordenador.

Aparece entonces como imprescindible un software de gestión de mantenimiento. Esta es una herramienta informática para la planificación de las tareas de mantenimiento de los vehículos (apoya su gestión).

Como herramienta informática, no pretende reemplazar las decisiones que sobre el tema deberá tomar el responsable en su planta, por el contrario, le permitirá contar con facilidades que tornen más eficiente su tarea.

Se debe considerar que el solo hecho de adquirir un software, no es garantía de buen aprovechamiento de este.

Es imprescindible un profundo estudio de la operativa de la empresa, que permita la personalización del sistema informático.

Para llevar a cabo esto, es necesario invertir en asesoramiento por parte de técnicos en mantenimiento que además conozcan la capacidad del sistema informático a utilizar.

Esta inversión, que muchas veces, no se prevé y que por lo general no se ofrece con el paquete de adquisición del sistema informático, permite un falso ahorro, pero es en definitiva el causante de su fracaso.

Debe tenerse presente también que es necesario capacitar al personal encargado del mantenimiento de la flota.

#### **4.1.1.3 Ejemplo de implementación adoptada en una flota de camiones**

La flota esta compuesta de 200 vehículos. Estos se encuentran, por motivos operativos, distribuidos en cinco garajes, con sus respectivos talleres de apoyo, de cuarenta unidades cada uno. Trabajan diariamente recorriendo, en dos turnos promedialmente unos doscientos kilómetros.

El número de operarios de mantenimiento es de treinta funcionarios.

El dimensionado de la flota es tal que admite hasta un 20% de vehículos fuera de servicio, sin que este se vea resentido.

#### Diagnóstico de situación:

No existía una definición de tareas a realizar en el taller central ni en sus talleres satélites. Esto producía la duplicación de tareas, herramientas, personal técnico y operarios en general, tornando ineficiente y caro el servicio de mantenimiento que se prestaba.

También existía escasa información histórica de cada vehículo, por no existir órdenes de trabajo. Por lo tanto era imposible llevar estadísticas de roturas, controles de mantenimientos programados, estudios de costos reales, control de consumos de aceite, combustibles, neumáticos, de repuestos, etc.

Esto hacía que las decisiones del equipo de mantenimiento se tomaran lenta y tardíamente o no se tomaran.

No existía una estructura de mantenimiento global y en algunos talleres ni siquiera parciales.

Se carecía de mantenimiento preventivo y predictivo

#### Medidas tomadas:

Reorganización de los talleres (se asignaron tareas a cada taller).

Redistribución de operarios.

Creación de un centro de planificación de mantenimiento.

Adquisición de un software de mantenimiento.

El mantenimiento se organiza de la siguiente forma:

Un taller central y cinco talleres de apoyo ubicados en cada uno de los garajes.

En los talleres de los garajes se realizan tareas de apoyo directo a los vehículos, como ser: inspecciones periódicas, reposiciones de fluidos, reparaciones menores (eléctricas y mecánicas), servicios de gomería (solo cambio de ruedas dentro del taller), lavados, engrases. Cada taller de garaje contará con tres operarios.

En el taller central, para toda la flota, se realiza el correctivo (mecánico y eléctrico), mantenimientos programados recomendados por fábrica, reparación de neumáticos y auxilios en la vía pública.

Se cuenta con 15 operarios.

Todos los talleres se encuentran conectados en red informática (se cuenta con un software de gestión de mantenimiento), además el taller central integra a la red el almacén, el centro de planificación y control de flota.

Desde el centro de planificación se emiten y programan las órdenes de trabajo (programados y no programados) para los seis talleres.

Teniendo presente las siguientes observaciones:

- 1) Mecánicas, eléctricas, niveles de fluidos, neumáticos
- 2) Se genera pedido de trabajo
- 3) Se genera orden de trabajo
- 4) El sistema informático le avisa, el día antes (200 kms antes) al garaje y una semana antes a la oficina de planificación.
- 5) Se evalúa si se repara o se programa para mas adelante (por falta de mano de obra disponible o falta de repuestos), mientras se deja en servicio la unidad.
- 6) Se envía a taller externo con remito de tarea a realizar.
- 7) Se genera orden de trabajo.

Las órdenes de trabajo se generan y cierran en el sistema informático a partir de los pedidos de trabajo que se envían por el sistema, en cada taller satélite y en el central.

## **4.2 HERRAMIENTAS DE MANTENIMIENTO <sup>78</sup>**

---

<sup>78</sup> NOGUERA CAMACHO LTDA. Gestión de mantenimiento un instrumento para la competitividad Bogotá 2002

A continuación se presentan algunas notas sobre las herramientas más importantes que se utilizan para el logro de los anteriores objetivos y, con el fin de presentar un panorama global de lo que debe ser la gestión de mantenimiento.

#### **4.2.1 CONFIABILIDAD DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN**

Busca reducir la vulnerabilidad de los sistemas de producción frente a la ocurrencia de daños en los equipos. Las estrategias utilizadas están asociadas a:

##### **4.2.1.1 Reducción de los factores de incidencia de los equipos**

La reducción de la incidencia de la falla de los equipos en los sistemas productivos se logra mediante la implementación de acciones como instalación de equipos en paralelo o en stand-by, y la consideración de inventarios intermedios (a veces necesarios, pero poco aceptados desde el punto de vista financiero).

##### **4.2.1.2 Planes de contingencia**

Los planes de contingencia tienen que ver con la determinación de los procedimientos más apropiados para mantener la continuidad de la operación productiva en caso de falla de equipos o sistemas críticos mediante la evaluación de diferentes alternativas (que se realiza antes de que se presenten las fallas y no durante estas) es posible establecer y documentar los procedimientos para implementar acciones de contingencia en caso de falla de un equipo, de esta manera, en el momento de una falla se tendrá una guía de qué hacer.

Entre otras opciones, en los planes de contingencia se contemplan acciones como alquiler de equipos, subcontratación de producción, modificaciones a los sistemas productivos, operación con ineficiencias, que se pueden realizar de manera paralela al proceso de reparación definitiva.

## **4.2.2 REDUCCION DE LA PROBABILIDAD DE FALLA**

Para reducir la probabilidad de falla básicamente se cuenta con las acciones de mantenimiento: Rutinario, Preventivo y Predictivo; así como los temas de capacitación de operarios, instrumentación y protección de equipos y diseño de procedimientos de operación de máquinas.

### **4.2.2.1 Mantenimiento rutinario**

Agrupar el conjunto de actividades de alta frecuencia y corta duración, orientadas a mantener la máquina en buenas condiciones de operación, tiene que ver con acciones como limpieza, ajuste, lubricación, entre otras.

### **4.2.2.2 Mantenimiento preventivo**

Busca cambiar paradas imprevistas asociadas a daños de los equipos, por paradas programadas, con menor incidencia sobre la operación de la empresa y seguramente con menores costos de reemplazo de partes.

Las paradas programadas se realizan con ciertas frecuencias de antemano definidas, con el fin de inspeccionar los equipos y detectar fallas incipientes o en curso, antes de que generen daños mayores en las máquinas.

La tendencia más moderna es la de programar paradas de acuerdo con evaluación de condición, más que por cumplimiento de fechas.

### **4.2.2.3 Mantenimiento predictivo**

Se puede definir como el grupo de actividades que con la ayuda de equipos especializados permite inspeccionar equipos con el fin de verificar sus condiciones de funcionamiento, con el propósito de detectar fallas incipientes o

niveles de desgaste o desajuste que deban ser corregidos antes de que generen problemas en los equipos.

Es así como, mediante el análisis de vibraciones, inspecciones termográficas, medición de espesores, análisis de ultrasonido, radiografías, análisis de lubricantes, entre otros, se puede diagnosticar el estado de los componentes de las máquinas y determinar la necesidad de reemplazar o reparar piezas, o programar una parada para inspección interna del equipo, y evitar la ocurrencia de daños que se traducirían en paradas no programadas casi siempre asociadas a afectación de la producción.

La capacitación de operarios también forma parte de las estrategias de reducción de la probabilidad de fallas, pues en la medida que exista debida instrucción de los operarios, con suficiente divulgación sobre procedimientos de operación y manejo de los equipos, así como una buena conciencia de la seguridad, las posibilidades de falla por error humano se disminuyen.

La instrumentación y protección de equipos también juega un papel importante en la reducción de la probabilidad de falla de los equipos, pues permite detectar situaciones que podrían generar daños antes de que estos se presenten.

#### **4.2.3 REPARACIÓN DE DAÑOS**

Es la actividad de mantenimiento más conocida. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que no se trata de reparar por reparar. Se debe pensar en la reparación efectiva, es decir, restablecer la operación normal con la menor incidencia posible a costo razonable.

En ocasiones, es preferible reemplazar un equipo en lugar de repararlo, o pagar un flete aéreo en lugar de un flete marítimo para traer un repuesto, acciones que si bien implican un mayor costo directo de la reparación, o mayores costos indirectos se justifican si se involucra en el análisis la afectación de la producción.

En la medida en que es difícil prever todas las fallas, el mantenimiento correctivo no puede evitarse. Sin embargo, junto al mantenimiento preventivo condicional, el mantenimiento correctivo puede minimizarse hasta 3 o 5% al máximo de las fallas aleatorias. El mantenimiento correctivo no es sinónimo de indisponibilidad, pues las inmovilizaciones por este tipo de falla no están planeadas y proporcionan molestias en el sistema de operación. Además, existe el riesgo de que se desarrollen fallas adicionales que pueden llegar a la ruptura completa del elemento.

Con relación al mantenimiento correctivo, la experiencia muestra que el mantenimiento condicional (o predictivo) proporciona un ahorro hasta del 33% del presupuesto de mantenimiento.<sup>79</sup>

### **4.3 ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO**

El administrador de mantenimiento es el encargado del taller y los controles que implican el mantenimiento en todos sus niveles, por lo cual debe conocer las máquinas y sus mecanismos, además debe tener una base de información para realizar los controles, es decir procedimiento debe tener un ordenamiento de los datos de las máquinas para que no existan confusiones, este ordenamiento se lo realiza en un software programado por el Departamento de Sistemas de la Empresa.

#### **4.3.1 FUNCIONES DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO**

Las funciones del administrador de mantenimiento son las siguientes:

- Definir y aplicar servicios de mantenimiento periódicos predefinidos necesarios para reponer el potencial de trabajo de las auto partes que con el paso del tiempo y kilometraje se van desajustando y desgastando.

---

<sup>79</sup> Maldonado Armando; Conceptos básicos de Mantenimiento aplicados a flotas vehiculares; CONAE; Pág. 8



- Determinar el potencial de trabajo requerido por las unidades y su respectivo presupuesto tanto de mano de obra como en refacciones.
- Programar la labor a realizar por el personal.
- Aplicar recambios normalizados para componentes sensibles (bombas, inyectoros, compresores, etc.).
- Participar en la definición de programas de compra y de políticas de almacenamiento de refacciones.

El primer punto consiste en definir el plan de mantenimiento que se adapte al desgaste de las unidades ocasionado por las características del trabajo que se les exige (kilómetros, toneladas, carreteras, etc.)

Los elementos básicos del plan de mantenimiento primario o de conservación son:

- Descripción de las operaciones por realizar (A,B,C, etc.)
- La periodicidad aplicable de cada servicio (ej. A= cada 10,000 Km., B= cada 20,000 km. etc.)
- La duración de cada tipo de servicio y su costo respectivo (mano de obra y refacciones)
- La velocidad de desgaste del vehículo considerado (ej. 112,000 km. /año implica una velocidad de envejecimiento de 2000 km. por semana)

Conociendo los periodos contenidos en el plan y la posición del odómetro es posible prever la fecha aproximada de las diferentes operaciones de conservación por aplicar. Por ejemplo, si se considera un vehículo que recorre 80,000 km. al año, que empieza a trabajar el 27 de octubre es posible prever que:

En 25 días, es decir el 21 de noviembre, habrá que aplicarle un servicio primario de tipo A

En 50 días, el 16 de diciembre, habrá que aplicarle un servicio primario tipo B, etc. Así se va construyendo un programa para esta unidad.

Aplicando el mismo razonamiento unidad por unidad, es posible construir un:

- Programa mensual de mantenimiento.
- Programa anual de mantenimiento.
- Programa de coordinación y ejecución.
- Programa de carga de trabajo de taller.

#### **4.3.2 HERRAMIENTAS FUNDAMENTALES DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO**

El administrador de mantenimiento debe tener herramientas que le sirvan de ayuda para poder controlar la flota de maquinaria que se encuentra a su cargo dentro de los cuales se puede notar el inventario de la flota y los manuales técnicos.

##### **4.3.2.1 Inventario de la flota**

Es necesario conocer los datos que poseen las máquinas como son: la marca, el modelo y número de serie de la máquina y motor, potencia, año de fabricación y adquisición. En una empresa grande se pueden disponer de varias máquinas de un mismo tipo, es por eso que es necesario darles un código para diferenciarlas, así se puede tener:

MP	=	Maquinaria Pesada
VP	=	Vehículo pesado
VL	=	Vehículo Liviano
EL	=	Eléctrico

Dentro de esta clasificación pueden estar varias de las máquinas que se mencionaron anteriormente.

Dentro de maquinaria pesada (MP) se tiene:

AS	=	Planta de asfalto
BA	=	Escoba hidráulica
CA	=	Cargadora
CL	=	Caldero
DA	=	Distribuidor de agregados
EX	=	Excavadora
MC	=	Montacargas
MO	=	Moto-niveladora
RA	=	Recicladora de asfalto
RN	=	Rodillo neumático
RO	=	Rodillo compactador
TA	=	Tractor agrícola
TD	=	Track Drill
TO	=	Tanque isotérmico
TR	=	Tractor Bulldozer
TS	=	Terminadora de asfalto
TU	=	Trituradoras

Dentro de vehículos pesados (VP) se tiene:

CL	=	Camión lubricador
CM	=	Camiones de 1 y 2 ejes
DA	=	Distribuidor de asfalto
PT	=	Plataforma
RV	=	Semiremolque volteo
TY	=	Cabezales y tractocamión
VO	=	Volqueta

Dentro de vehículos livianos (VL) se tiene:

CA = Camionetas 4x2 y 4x4  
CM = Camiones  
JE = Jeep

Dentro de equipos eléctricos (EL) se tiene:

CN = Concreteteras  
CO = Compresor de aire  
GE = Grupo electrógeno  
SE = Soldadora eléctrica

Conociendo estos códigos se puede ubicar cualquier máquina dentro de la empresa por ejemplo: MP-TR-09 es el tractor bulldozer número nueve en la empresa.

Una vez que se ha comprendido la utilización de este sistema de códigos se puede realizar el listado general de la maquinaria activa de la empresa, cabe destacar que en el inventario pueden existir máquinas que estén dañadas, en reparación o estén obsoletas, pero siguen siendo parte de los activos de la empresa, es decir el estado operacional debe estar indicado en el listado de activos.

#### **4.3.2.2 Manuales**

Las diversas maquinarias poseen sus respectivos manuales los mismos que se dividen en tres tipos que son:

- Manual de operación y mantenimiento
- Manual de servicio

- Manual de partes y piezas

Es preciso que el administrador de mantenimiento sepa utilizar estos manuales ya que proporcionan toda la información técnica de la máquina.

#### *4.3.2.2.1 Manual de operación y mantenimiento:*

Estos manuales muestran instrucciones de seguridad, los mandos de control, el manejo, inspección, mantenimiento y ajuste, transporte, resolución de problemas y especificaciones técnicas de la máquina.

#### *4.3.2.2.2 Manual de Servicio:*

Estos manuales muestran de una forma más extensa lo que muestra un manual de operación y mantenimiento. Además los valores de los diferentes parámetros que se necesitan en la reparación de los sistemas de las máquinas tales como tolerancias en los engranajes, presiones del sistema hidráulico, sistemas de poder, etc.

#### *4.3.2.2.3 Manual de partes y piezas:*

Estos manuales indican los elementos que conforman la máquina en general, con su respectiva codificación; cuando se requiere un repuesto se tiene que disponer del código para hacer el pedido. En estos manuales se muestran los esquemas de las piezas o esquemas de todo el sistema.

Estos manuales sirven de referencia tanto para realizar el mantenimiento así como para realizar compras de repuestos. Cada vez que una de las máquinas se encuentre en un campamento debe enviarse una copia de los manuales para coordinar las actividades con la matriz.

### **4.3.3 CONOCIMIENTOS COMPLEMENTARIOS DEL ADMINISTRADOR DE MANTENIMIENTO.**

La gestión de mantenimiento va mucho más allá del aspecto técnico incorporando las herramientas descritas anteriormente, la gestión de mantenimiento requiere de una combinación de conocimientos y habilidades complementarias que cubren diversas áreas como:

#### **4.3.3.1 Gestión de recursos humanos**

Tiene que ver con aspectos como selección, inducción y capacitación, sensibilización y motivación del personal sobre la misión del área de mantenimiento; administración del clima empresarial y desarrollo del talento y potencial humano (valioso recurso subestimado en muchas empresas).

#### **4.3.3.2 Administración y análisis financiero**

Para la óptima utilización de los recursos humanos, técnicos, físicos, financieros asignados a la tarea de mantenimiento; y para la acertada toma de decisiones asociados por ejemplo a costos de tener repuestos en inventario vs. costo de no tener, costo financiero de las paradas no programadas, inversiones en infraestructura para planes de contingencia, etc.

#### **4.3.3.3 Planeación**

Planeación, para la adecuada programación de las diferentes actividades, incluye aspectos como preparación de paradas de equipos, disponibilidad de repuestos, programación de la producción, alistamiento de recursos humanos y técnicos, etc.

#### **4.3.3.4 ANALISIS ESTADISTICO**

Análisis estadístico y de indicadores de gestión, para manejar y utilizar prácticamente indicadores como tiempo medio entre fallas, coeficientes de disponibilidad e indisponibilidad, análisis de causas de parada más frecuentes, productividad, cumplimiento de tiempos de producción, entre otros.

#### **4.4 IMPLEMENTACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Las máquinas que se presentaron en el capítulo I tienen actividades dadas en determinados ciclos y artículos que deben cambiarse, estos artículos tienen un código dado por el fabricante y se pueden obtener en los manuales de partes de cada máquina, con lo cual puede predecir cuando se van a necesitar ciertos repuestos y coordinar con el departamento de adquisiciones para poder tener un stock en la bodega.

Como se noto en párrafos anteriores el mantenimiento preventivo regular constituye la forma más rentable de mantener las máquinas trabajando al rendimiento máximo. Con un buen mantenimiento preventivo se puede:

- Programar el tiempo improductivo y planificar el mantenimiento y los costos de reparación.
- Ayuda a evitar las fallas principales y las fallas de piezas relacionadas.
- Ahorra dinero porque a menudo puede reparar antes de que ocurra la falla.
- Aumenta al máximo la reutilización de piezas.
- Optimiza la vida útil de los equipos para mantener las máquinas en la obra.

- Aumenta el valor de reventa de la máquina.

#### **4.4.1 METODOLOGÍA PARA DETERMINAR LA FRECUENCIA ÓPTIMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**<sup>80</sup>

Una de las propuestas de metodología para determinar la frecuencia óptima de mantenimiento preventivo es la siguiente,

Paso 1: Dar a conocer los objetivos de este trabajo.

Explicar la secuencia y el procedimiento a utilizar.

Paso 2: Recopilar programa maestro de mantenimiento preventivo.

Recopilar programa anual de paros de mantenimiento.

Paso 3: Seleccionar los equipos analizar, por ejemplo: equipos críticos, equipos con mayor frecuencia de falla, equipos con mayor frecuencia de mantenimiento, equipos que consumen más recursos.

Paso 4: Recopilar información de los equipos seleccionados: demoras, historial de equipo, métodos de trabajo, protocolos de prueba, cumplimiento de programas y modificaciones.

Paso 5: Analizar la información recopilada, presentar reporte y conclusiones.

Paso 6: Observar el desempeño y las desviaciones del equipo seleccionado durante la operación, así como la aplicación de los métodos de trabajo.

Paso 7: Analizar la información recopilada, presentar reporte y conclusiones.

---

<sup>80</sup> Huacuz, H. (2002, Julio) "Determinación de la frecuencia optima de mantenimiento" Revista club de mantenimiento N' 10 Pág. 20



Paso 8: Observar durante los paros de mantenimiento, la aplicación de los métodos de trabajo, estado general en el que se encontró el equipo seleccionado así como las fallas presentadas.

Paso 9: Analizar la información recopilada presentar reporte y conclusiones.

Paso 10: Desarrollar e implementar el mantenimiento predictivo /proactivo.

Paso 11: Elaborar y presentar propuestas. Que modificaciones hay que realizar a los métodos de trabajo, a la mano de obra o a los equipos para mejorar el desempeño del equipo por más tiempo.

Paso 12: Proponer la nueva frecuencia de mantenimiento.

Paso 13: Realizar el seguimiento y valoración a los resultados obtenidos con la nueva frecuencia y hacer los ajustes necesarios.

Paso 14: Actualizar frecuencias de mantenimiento en los programas maestros.

#### **4.4.2 RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA PROGRAMAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**<sup>81</sup>

El aceite realiza tres funciones principales: limpia, enfría y lubrica los componentes.

---

<sup>81</sup> CATERPILLAR; Guía de administración de los sistemas de tren de impulsión Caterpillar; Julio 1998; USA; Pág. 5

Puesto que los sistemas tienen metales, elastómeros y materiales de papel que requieren lubricación, se debe cambiar el aceite con regularidad y de forma apropiada y utilizar el aceite adecuado para lograr máximo rendimiento.

El aceite provee a los componentes de la transmisión y del mando final, que operan con tolerancias muy estrictas, de una película protectora que los separa. Cambiar el aceite a intervalos adecuados es fundamental para que el componente alcance su máxima vida útil.

Se recomienda el cambio de aceite de transmisión y mando final cada 1000 horas, pero esto es solamente una guía.

La vida útil real del aceite está determinada por muchos factores, incluyendo las condiciones de operación. Mediante un control de los resultados de análisis de aceite, se ayudan a establecer los intervalos apropiados.

El control adecuado de los intervalos de cambio también implica que aprovechará óptimamente las propiedades lubricantes y protectoras del fluido y alcanzará la vida útil máxima de los componentes.

Cambiar los fluidos demasiado temprano es malgastar dinero porque desaprovecha parte de la vida útil. Cambiar los fluidos demasiado tarde ocasiona que el aceite se deteriore y se acorte la vida útil de los componentes.

Determinar el mejor período de intervalo de cambio requiere algún esfuerzo, pero la recompensa es costos de operación notablemente menores.

Es de suma importancia que se cambie el aceite de forma apropiada. Puede reducir las posibilidades de contaminación:

Drenando aceite cuando está caliente y agitado

Drenado el aceite sucio todo lo que pueda

Los aceites de motor reducen la fricción entre las partes móviles.

Los aceites de tren de impulsión dejan que se produzca un poco de fricción entre los discos y las placas cuando se engranan fricción que resulta fundamental para el rendimiento apropiado del tren de impulsión.

Los filtros de fluidos trabajan al unísono con el aceite para controlar la contaminación dentro de los sistemas de las máquinas.

Cambiando los filtros de forma regular y apropiada y mediante la selección de los filtros correctos, se mantiene la limpieza del sistema, se reduce el desgaste de los componentes y se bajan los costos.

Se recomienda cambiar los filtros de aceite de los sistemas de transmisión cada 500 horas.

En los sistemas hidráulicos el aceite se debe cambiar a las 1000 Horas de operación y los filtros de sus diferentes líneas deben ser reemplazados cada 500 horas.

El motor de combustión interna es el componente principal de mayor cuidado en las maquinarias que se están estudiando y debe ser cambiado de aceite y filtros tanto de aceite como de combustible a las 250 horas de operación.

#### **4.4.3 ACTIVIDADES Y CICLOS DE MANTENIMIENTO**

El mantenimiento preventivo no solo es el cambio de aceite sino que conlleva otras actividades que no dejan de ser principales. A continuación se muestra un ejemplo de las cartas de mantenimiento de maquinaria móvil de construcción; en este caso se trata de un tractor bulldozer.

*Tabla 4.1 Actividades y ciclos de mantenimiento para tractores*

<u>ACTIVIDADES</u>	
<b>ACTIVIDADES DIARIAS</b>	
Inspección visual de toda la máquina	
Comprobar niveles de aceites	
Comprobar nivel de agua del radiador	
Verificar fugas en general	
Verificar el funcionamiento del horómetro	
<b>ACTIVIDADES SEMANALES</b>	
Verificar tensión y estado de cadenas de tren de rodaje	
Verificación del nivel de aceite de mandos finales	
Drenar agua y sedimentos de tanque de combustible	
Chequeo de luces, interruptores y controles	
Engrase de todas las articulaciones del bulldozer y ripper	
<b>ACTIVIDADES A</b>	
Cambio de aceite de motor	
Cambio filtro de aceite de motor	
Cambio de filtro de combustible	
Chequeo general de abrazaderas de mangueras	
Chequeo de la batería	
<b>ACTIVIDADES B</b>	
Cambio de filtros de aceite hidráulico	
Cambio del filtro de la transmisión	
Cambio filtro de agua (los que tengan)	
Chequeo de la tensión de las bandas	
Limpieza de radiadores	
Limpieza del tanque de combustible	
Limpieza de filtros de aire	

<b>ACTIVIDADES</b>
Cambio del aceite de la transmisión
Cambio de aceite hidráulico
Cambio del aceite de mandos finales
Cambio de filtros de aire
Cambio del refrigerante del radiador (agua)
Cambio de filtros de bypass (los que tengan)
Engase del eje del convertidor
Chequeo del estado de cables eléctricos
Chequeo de motor de arranque y alternador
Chequeo de la batería
Chequeo general de frenos
<b>ACTIVIDADES D</b>
Chequear y limpiar turbo cargador
Ajustar y calibrar las válvulas e inyectores del motor
Chequeo de amortiguadores de vibración
Inspección general de las soldaduras de la estructura
<b>CICLOS</b>
CADA 250 HORAS DE SERVICIO
ACTIVIDAD A
CADA 500 HORAS DE SERVICIO
ACTIVIDAD A+B
CADA 750 HORAS DE SERVICIO
ACTIVIDAD A
CADA 1000 HORAS DE SERVICIO
ACTIVIDAD A+B+C
CADA 2000 HORAS DE SERVICIO
ACTIVIDAD A+B+C+D

FUENTE: CATERPILLAR; Guía de administración de los sistemas de tren de impulsión Caterpillar;

**Tabla 4.2 Carta de mantenimiento de tractor Bulldozer**

Komatsu D155A-1

MP-TR-01

Actividad	cantidad	Especificación	Alternativo
-----------	----------	----------------	-------------

Semanales

Engrase de todas las articulaciones del buldózer y ripper	Lo necesario	MOL-EP-2	
---	--------------	----------	--

**Cada 250 horas de servicio**

Cambio de aceite de motor	16 galones	8C3704	
Cambio filtro de aceite de motor	2	600-211-1230	
Cambio de filtro de combustible	2	600-311-8291	

**Cada 500 horas de servicio**

Cambio de filtros de aceite hidráulico	1	07063-01100	
Cambio del filtro de la transmisión	2	175-43-14130	
Cambio filtro de agua	2	600-411-1020	
Cambio de filtro de bypass	1	6610-51-5300	

**Cada 1000 horas de servicio**

Cambio del aceite de la transmisión	40 galones	8T9573	
Cambio de aceite hidráulico	30 galones	8T9581	
Cambio del aceite de mandos finales	30 galones	8T9584	UGL-90
Cambio de filtro de aire interno-externo	1 juego	6128-81-7042	
Engase del eje del convertidor	Lo necesario	MOL-EP-2	

Fuente: Constructora S.A.

#### **4.4.4 SEGUIMIENTO Y MONITOREO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo incluye muchas técnicas, como seleccionar y cambiar correctamente el aceite y los filtros de fluidos que ayudaran a evitar que los problemas pequeños se conviertan en reparaciones grandes, por lo cual es necesario tener un seguimiento de Los mantenimientos realizados y los próximos con sus proyecciones se puede tener un software para dicho objetivo, en este caso se muestra una hoja de calculo de Excel con el seguimiento de mantenimiento preventivo de una flota de un proyecto específico.

**Tabla 4.3 Seguimiento de Mantenimiento Preventivo**

Máquina	Ultimo Mantenimiento Realizado					HOROM. ACTUAL	Hs Faltantes	Próximo Mantenimiento				
	No.	250	500	750	1000			FECHA	250	500	750	1000
EL-CO-11	259					26-Nov-00	289	220	-	509	-	-
EL-GE-13	4111					07-Abr-02	4,228	133	-	4,361	-	-
EL-GE-17	4100					24-Jun-01	4,100	250	-	4,350	-	-
EL-SE-14	2621					21-Abr-02	2,727	144	-	2,871	-	-
MP-CA-04				7087		17-Nov-00	7,087	250	-	-	-	7,337
MP-CA-07				6811		31-Ago-01	6,811	250	-	-	-	7,061
MP-CA-08	18104					11-May-02	18,135	219	-	18,354	-	-
MP-CA-10		3229				20-Feb-01	3,407	72	-	-	3,479	-
MP-CA-11		7146				29-Abr-02	7,344	52	-	-	7,396	-
MP-CA-NV	134					07-May-02	217	167	-	384	-	-
MP-DA-01	216					10-Nov-00	362	104	-	466	-	-
MP-EX-12				2720		12-May-02	2,720	250	2,970	-	-	-
MP-EX-15		922				13-Jun-00	1,682	-510	-	-	1,172	-
MP-EX-16		8900				20-May-02	8,900	250	-	-	9,150	-
MP-EX-17		2968				01-Feb-01	3,002	216	-	-	3,218	-
MP-EX-21		95				13-Jun-01	188	157	-	-	345	-

Fuente: Constructora S.A.

Como se muestra en la tabla anterior el monitoreo depende de la alimentación de horómetros o kilometrajes según el caso actuales de las máquinas, los cuales son alimentados en el programa diariamente, estos datos son dados por los operadores y choferes de dichas máquinas y vehículos.

#### **4.5 INSPECCIONES PERIÓDICAS DE MAQUINARIA PESADA**

Los operadores pueden dar el primer paso en inspecciones escuchando al equipo, esto ayudará a que se localice problemas potenciales antes de que se conviertan en reparaciones mayores. La inspección visual diaria deberá incluir una comprobación visual y operativa completa del sistema de tren de impulsión. Los componentes del tren de impulsión por lo general indican los problemas mediante señales de advertencia previa, tales como:

- fugas de fluido (anticongelante, diesel, aceite, aire, etc.)
- calentamiento (llantas)
- roces (partes metálicas u otras)
- juegos (cardan)
- ruptura de partes (muelles etc.)

Apariencia externa del vehículo (pintura, luces, estado de llantas)

- Aspecto interno de la cabina
- Indicadores de tablero
- juego de embrague
- juego de la palanca de velocidades
- limpieza y cuidado interno

Parte alta del motor

- Fugas
- tensión de bandas
- juego del ventilador
- conexiones (mangueras, tuberías)

Entrevista con el operador y elaboración del reporte correspondiente.

- Estado de operación del ventilador.- ¿variación de temperatura del motor fuera del rango normal de 75 a 85 C? ¿operación excesiva del fan clutch?, ¿operación excesiva del compresor del aire acondicionado? afirmativo, considerar chequeos de ventilador, de fan clutch, de termostato, condensador de aire acondicionado, bomba de agua, Sobre consumo posible del orden de 5 a 8%
- Estado de operación del compresor de aire.- ¿variación de la potencia del motor? ¿dificultad para operar dentro del rango normal de revoluciones del motor ?, chequear fugas de aire y/o ajustes de frenos de servicio.

Preguntar si hay problemas de frenos (probable exceso de uso de frenos).

Sobre consumo posible del orden de 1 a 3%

Ruidos sospechosos u otras observaciones del operador

A continuación se presenta una hoja de inspección que se debe realizar con cierta periodicidad por parte del administrador de mantenimiento o el técnico encargado.

Esta hoja es solo una referencia se pueden diseñar otras y aumentar comentarios u otros datos de importancia para el mantenimiento.

**Tabla 4.4 Tabla de inspección de maquinaria Caterpillar**

Informe de Inspección Del Estado De La Máquina
--

Sistema de Motor /Enfriamiento				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Marca de filtros de Combustible				
Marca de filtros de Aceite				
Correas Trapeciales (gastadas, agrietadas)				
Restric. Filtro de aire (indicador)				
Mangueras(Flexibles, grietas, fugas)				
Tuberías de combustible (fugas, estado gral.)				
Núcleo radiador (dañado, obstruido, fugas)				
Admisión / escape (prisioneros, grietas, fugas)				

Sistema Eléctrico				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Cables, alambrado (flojos, rotos)				
Baterías (corrosión, sujetadores)				
Luces /bocinas /alarmas (dañadas, inoperables)				
Limpiaparabrisas (gastados)				
Instrumentos(Dañados, inoperables)				
Varios				

Transmisión /Convertidor de par /Diferencial /Mandos Finales /Frenos				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Varillajes de cambio /frenos(dañados7doblados)				
Transmisión (fugas)				
Convertidor de par (fugas)				
Aros de las ruedas (dañados, doblados)				



Prisioneros de las ruedas (rotos /faltantes)				
Cadenas /ruedas motrices de moto-niveladoras (Gastadas, flojas)				

Sistema Hidráulico				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Mang /Tuberías /Conexiones (dañadas, fugas)				
Cil. De dirección (fugas, estado de las varillas)				
Cil de Levanta (fugas, estado de las varillas)				
Cil. De inclinación (fugas, estado de las varillas)				
Otros cilindros (fugas, estado de las varillas)				
Tanque hidráulico (Mirilla, Dañado)				
Bombas (fugas)				
Válvulas (fugas, filtraciones)				

Tren de rodaje				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios /Recomendaciones de reparación
Ruedas motrices (daño)				
Ruedas tensoras (rajadas, dañadas)				
Rodillos (Rajados, dañados)				
Zapatras de cadena (Dañadas, desgaste)				
Tortillería (floja, faltante)				
Tensión de la cadena (tirante, suelta)				
Eslabones (Rajados, astillados)				

Herramientas de corte				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Cuchillas (desgaste excesivo, tortillería suelta, rajadas, quebradas)				
Adaptadores				
Puntas (faltantes)				
Planchas de desgaste				
Cucharón, Topadora (rajada, gastada)				

Máquina				
	Está bien	Necesita atención	Marca	Comentarios / recomendaciones de reparación
Capó, paneles, guardas (tortillería faltante, daño)				
Tanque de combustible (Tapa, daño)				
Escalerillas, agarraderas (Dañadas, flojas)				
Estado de Asiento del operador				
Cabina ROPS (dañada)				
Vidrio de la cabina				
Pintura				
Varios				

Fuente: Departamento de servicio Postventa Caterpillar

#### **4.5.1 VENTAJAS DE CONTROL VISUAL DEL MANTENIMIENTO**

El control visual del mantenimiento tiene algunas ventajas dentro de los cuales se pueden citar las siguientes:

Ahorro de tiempo, tiempo para inspeccionar la máquina, para cambiar partes, para operar el equipo, para dar mantenimiento.

Disminución de errores, pues la información esta visible en la misma máquina. Los sistemas visuales ayudan a convertir datos complejos del equipo en información sencilla y sobre todo accesible.

Aportan para que la gente que opera o mantiene el equipo sean más efectivos y eficientes en las tareas que desempeñan.

Colaboran con la inducción de nuevo personal, al estar todo debidamente identificado y los procesos explicados en el sitio mediante diagramas de flujo. Ayudan a mejorar la calidad porque los parámetros dentro de los que deben estar las diferentes variables del proceso son fácilmente identificables en el sitio.

#### **4.6 ANALISIS DE ACEITE COMO MEDIDA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El análisis de fluido es la mejor forma de verificar lo que sucede dentro de los sistemas de tren de impulsión. Consiste en pruebas que permiten pronosticar los problemas relacionados con el desgaste.

En esta sección se presenta un ejemplo de aplicación de mantenimiento de flotas con ayuda de los análisis de aceite usado.

#### 4.6.1 EJEMPLO DE APLICACIÓN DE MANTENIMIENTO DE FLOTAS EN BASE A ANALISIS DE ACEITE (SECUENCIA DE LA EXPERIENCIA)

Existen hojas que llena el operador de un camión distribuidor de combustible en el cual se anota los galones que se distribuye a una determinada máquina o vehículo pesado, además otro dato que se tiene es el del horómetro o velocímetro de acuerdo al caso.

En base a los reportes que el camión entrega a bodega se realizaron unas tablas de los consumos reales de diesel por hora o por kilómetro basados en datos de consumo de un año.

Con lo cual se tiene la columna de consumo de combustible

Con lo cual se tiene la columna de aceite de motor.

Luego de esto se aplicó el factor inédito de degradación de aceite por combustible.

$$\text{Factor de degradación de aceite por combustible} = \frac{\text{Cantidad de aceite de motor}}{\text{consumo de combustible por hora}} \quad (4.1)$$

Se observa que este factor fluctúa entre 0 a 3, con lo cual he impuesto un criterio para determinar la frecuencia de cambio de aceite de motor.

**Tabla 4.5 Criterio de frecuencia de cambio de aceite**

Parámetro	Criterio
0-1	200
1-2	250
2-3	300

FUENTE: CONSTRUCTORA S.A.

Ya que si este valor es lo más pequeño significa que existe un mayor consumo de combustible con relación a la cantidad de aceite en el cárter, lo que implica una mayor degradación.

Mientras que si el factor es más grande significa que el consumo de combustible es menor y degrada menos al aceite.

El número de horas 200, 250, 300 se escoge tomando en cuenta una tabla del folleto informativo como optimizar los intervalos de cambio de aceite, en el cual dice lo siguiente:

Periodos de muestreo para establecer los intervalos óptimos de cambio de aceite  
Para motores con intervalos recomendados de cambio de aceite de 250 horas, que es el caso de esta empresa en particular ya que se estandarizó hace algún tiempo en 250 horas los cambios de aceite de motor, en base a recomendaciones y no en base a algún estudio.

Muestras de aceite nuevo

Muestra de línea de base

(muestras a intervalos reducidos)

75 horas

150 horas

(intervalo de cambio recomendado)

250 horas

(primer intervalo prolongado)

300 horas

(segundo intervalo prolongado)

350 horas

A continuación se muestra un resumen de la tabla realizada con la información obtenida para toda la flota de maquinaria de la empresa.

**Tabla 4.6 Tabla de análisis con factor y recomendación de frecuencia de cambio de aceite**

<b>Máquina</b>	<b>Código</b>	<b>Promedio Real Gal/h</b>	<b>Aceite de motor</b>	<b>Factor</b>	<b>Recomendación</b>
Motoniveladora 130G	MP-MO-06	3.5	8	2.3	300
Motoniveladora 140G	MP-MO-10	4	8	2	250
Tractor Bulldozer D6H	MP-TR-34	6.5	8	1.2	250
Cargadora Mega 400-III	MP-CA-10	4	7	1.8	300
Cargadora Mega 400-V	MP-CA-15	4	8	2	250
Electrógeno Kohler 350	EL-GE-15	18	9	0.5	200
Volqueta Mercedes 3348K	VP-VO-30	3.10	10.3	3.3	300

En la columna que se muestra la recomendación con el factor se observa que la flotilla de Mercedes Benz tiene una recomendación de 300 horas, es decir la frecuencia de cambio aumentara, lo que implicaría una baja de costos por mantenimiento.

Complementariamente se ha realizado un seguimiento a las volquetas ya que en vehículos pesados el control se lo realiza en kilómetros recorridos, pero adicionalmente estos vehículos poseen en el tablero de control un programa que realizando una rutina se puede verificar las horas de trabajo y mediante un seguimiento por 6 meses se determino que estos vehículos (Mercedes Benz Actros 3348) trabajan con una velocidad promedio de 20Km/hr.

En proyectos de construcción vial se trabaja mínimo 8 horas diarias y si se tiene relevo de chóferes las máquinas trabajan 30 días al mes y trabajan todo el año

$$8 \frac{\text{horas}}{\text{dia}} \times 30 \frac{\text{dias}}{\text{mes}} \times 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 2880 \frac{\text{horas}}{\text{año}}$$

Por lo tanto

$$2880 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \times 20 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} = 57600 \frac{\text{Km}}{\text{año}}$$

Los cambios se están realizando a cada 4000 Km. por recomendaciones de mecánicos que han trabajado con estas máquinas, es decir:

$$\frac{4000 \text{Km}}{20 \frac{\text{Km}}{\text{hora}}} = 200 \text{horas}$$

Se esta cambiando cada 200 horas de trabajo.

Por otra parte si en el año recorre 57600 Km. y el cambio se hace cada 4000 Km. se han realizado

$$\frac{57600 \frac{\text{Km}}{\text{año}}}{4000 \frac{\text{Km}}{\text{cambio}}} = 14.4 \frac{\text{Cambios}}{\text{año}}$$

Es decir 15 cambios por año en cada vehículo.

Con el factor de degradación del aceite se indica que debe hacer el cambio a las 300 horas lo que indica que:

$$20 \frac{\text{Km}}{\text{hora}} \times 300 \text{horas} = 6000 \text{km}$$

Se realizará cada 6000Km

$$\frac{57600 \frac{\text{Km}}{\text{año}}}{6000 \frac{\text{Km}}{\text{cambio}}} = 9.6 \frac{\text{Cambios}}{\text{año}} \text{ Es decir 10 cambios al año}$$

**Se reducen 5 cambios en el año (en lo que respecta solo a motor)**

Ahora se compara lo que representa un cambio de aceite de motor Mercedes Benz para Actros 3348

Filtro de combustible	10.40
Filtro de aceite	11.58
Filtro de desfogadero de gases	31.92
10.3 gal aceite 15w40	65.20

Se tiene un total 119.10 dólares por cambio, lo que implica que se ahorra un total de

$$5 \text{ cambios} \times 119.1 \frac{\text{dolares}}{\text{cambio}} = 595.5 \text{ dolares}$$

Teniendo una flota de 32 Mercedes Benz se tiene un ahorro de

$$32 \times 595.5 \text{ dolares} = 19056 \text{ dolares}$$

19056 dólares que no es una cifra insignificativa y es un paso que se ha hecho en ahorro por mantenimiento.

Los análisis de aceite en un breve resumen muestran lo siguiente:

**VP-VO-30**

Muestra a los 4000 Km. Tomando en cuenta que la velocidad promedio de las volquetas Mercedes Benz Actros 3348 es de 20 Km. /hr. se tiene un trabajo de 200 horas.

Los valores se encuentran dentro del rango normal de desgaste, no hay presencia de agua ni combustible, el aceite se encuentra en condiciones normales.

Fe	Al	Si	Cr	Cu	Pb	Na	Sn
4	0	1	0	0	0	0	0

Valores en partes por millón (mg/l)

**VP-VO-41**

Muestra a los 4018 Km. Tomando en cuenta que la velocidad promedio de las volquetas Mercedes Benz Actros 3348 es de 20 Km. /hr. se tiene un trabajo de 200.9 horas.

Los valores se encuentran dentro del rango normal de desgaste, no hay presencia de agua ni combustible, el aceite se encuentra en condiciones normales.

Fe	Al	Si	Cr	Cu	Pb	Na	Sn
4	0	0	0	0	0	0	0

Muestra a los 5094 Km. Tomando en cuenta que la velocidad promedio de las volquetas Mercedes Benz Actros 3348 es de 20 Km. /hr. se tiene un trabajo de 254.7 horas.

Los valores de desgaste se encuentran dentro del rango normal para las horas de operación del aceite no hay presencia de agua ni combustible. Condiciones del aceite se encuentran normales



Fe	Al	Si	Cr	Cu	Pb	Na	Sn
8	2	3	1	1	1	0	0

**El factor de degradación de aceite indica que se debe hacer el cambio a las 300 horas, es decir a los 6000 Km.**

#### **4.7 CONTROL DE CONSUMOS Y REPARACIONES**

Al tomar como ejemplo dos vehículos similares, que salen de la misma línea de producción, el mismo modelo, con las mismas especificaciones, hay que preguntarse si van a tener el mismo desgaste, lógicamente la respuesta sería que no. Ya que estos dos vehículos serán operados de manera diferente, no harán exactamente los mismos recorridos, no tendrán el mismo peso de carga, etc.

Entonces, es necesario establecer un seguimiento de los consumos, con grupos homogéneos de vehículos por tipo y por actividad.

El control de reparaciones le ayuda a seleccionar opciones de reparación antes y después de que ocurra una falla y controlar los costos de las reparaciones. Le permite planificar y programar las reparaciones, para que puedan poner a trabajar sus máquinas de nuevo rápidamente y con confianza.

Además se puede determinar la vida útil total de la maquina.

#### **4.8 CLASIFICACIÓN DE REPUESTOS**

Quienes trabajan en administración de mantenimiento de maquinaria pesada se habrán dado cuenta que existen elementos mecánicos que son reemplazados continuamente, otros que son remplazados esporádicamente y por último repuestos que serán cambiados una sola vez en la vida de la máquina.

Es por esa razón que se puede clasificar a los repuestos en una de estas tres categorías.

Se debe clasificar de acuerdo al tipo de máquina, o se puede clasificar de acuerdo al modelo de determinada máquina, además se debe realizar un estudio de la frecuencia de cambio de estos elementos.

Este trabajo debe hacerse con el departamento de bodegas y mecánica, para luego plasmarle en algún sistema informático.

#### **4.9 ANÁLISIS DE FALLAS**

Existen varios factores que indican síntomas a manera de diagnóstico con los cuales se sabrá como proceder y dar la solución adecuada. El análisis de fallas tiene por objeto eliminar las fallas repetitivas y prever la revisión o el cambio de las piezas usadas antes de la falla o ruptura.

Solo un historial de fallas con un análisis por vehículo y por familia, en función del tiempo o del kilometraje permite observar el nivel crítico, pero también el comportamiento de los operadores y la calidad del mantenimiento influyen.

Para los diferentes elementos que componen la maquinaria y vehículos pesados se han elaborado tablas de las posibles fallas con su posible solución estas tablas se muestran en los capítulos anteriores.

La codificación de las intervenciones toma todo su sentido si se analiza la información. Si solo se archiva con el simple propósito de dar una idea del reparto de las intervenciones por grupo mecánico, no vale la pena.

El análisis de fallas ha sido diseñado para ser debidamente analizado, mes por mes, y también para a conocer que tanto se repiten ciertas fallas.

Conocer el **índice de repetición de una falla** permite determinar una solución a ese tipo de problema.

La toma de conocimiento del intervalo kilométrico de repetición de una falla conlleva a considerar un ajuste de frecuencia de servicio de mantenimiento, es decir un ajuste de los planes de mantenimiento.

En otras palabras esto es adaptar el mantenimiento a la máquina y no la máquina a la periodicidad propuesta por el constructor ya que este último dato, resulta de cálculos del proveedor en condiciones diferentes.

De ahora en adelante, el análisis de fallas debe realizarse de manera sistemática. Las periodicidades de intervención preventivas deben ser ajustadas sobre la base de un análisis periódico permanente de las fallas del mes.

Ello se debe traducir en una reducción masiva de tiempos de taller para trabajos correctivos, y mejores condiciones de trabajo para el mantenimiento preventivo programado. Conseguir esto es una meta ya que es lógico querer minimizar el mantenimiento; el negocio de la empresa está en el proyecto, no en la mecánica, la cual solo es una necesidad.

Además de las fallas mecánicas se pueden tener fallas por operación y estilo de conducción.

#### Fallas en relación con las condiciones de operación

Suspensión

Llantas

#### Fallas en relación con el estilo de conducción

Embrague

Frenos

Llantas

Diferencial

Flecha cardán

## **CAPÍTULO 5.**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. Este trabajo constituye una introducción en las labores del mantenimiento para personal neófito, pero también tiene tópicos que podrían servir a profesionales en la materia.
2. La gestión de mantenimiento es obligatoria en empresas de tamaño mediano o grande y en cualquier empresa que requiera mantener sus rendimientos en niveles adecuados.
3. En el manejo de costos debe estar involucrado el Administrador del mantenimiento

4. El administrador de mantenimiento debe mantener comunicación constante con la alta gerencia y otras áreas de la empresa, como bodegas, adquisiciones, finanzas, recursos humanos, sistemas, etc.
5. Todas las máquinas deben poseer necesariamente manuales de partes y servicio, que son básicos para un desempeño técnico de las tareas de mantenimiento.
6. El software de mantenimiento debe ser adecuadamente elegido, en lo posible ser caracterizado a los requerimientos de la empresa, tener asesoramiento continuo y actualizaciones.
7. Es necesario tener conocimientos previos de lectura de planos hidráulicos y neumáticos para entender el funcionamiento de las máquinas, que principalmente funcionan gracias a estos sistemas
8. Es necesario para el administrador de mantenimiento adquirir bibliografía especializada de mantenimiento y otras disciplinas pertinentes, exigir a los proveedores de maquinaria los manuales completos de los equipos que suministran.
9. Es recomendable identificar a talleres externos para saber de sus capacidades, y poder utilizarlos cuando se requiera.
10. Es una buena práctica mantener contacto con propietarios de máquinas similares, para poder compartir información sobre las mismas y alquilarlas en caso de requerirse.
11. Procurar la continua capacitación de los colaboradores de mantenimiento mediante cursos y seminarios que pueden ser dados por los mismos proveedores, esto hace que el técnico se sienta motivado y se sienta parte de una empresa que piensa en él.

12. Tratar de mantener un amplio buró de proveedores para no depender demasiado de alguno, y no caer en monopolios que elevan los costos.
13. Constituye una buena práctica realizar todas las actualizaciones de registros de maquinaria diariamente y no dejar acumular información ya que en cualquier momento se puede requerir un informe actualizado.
14. Como consecuencia de un buen mantenimiento se pueden tener días no muy ajetreados, pero siempre hay algo que hacer.
15. Con un profundo conocimiento de los equipos se pueden innovar o actualizar las máquinas, por esto hay que investigar constantemente como funcionan.
16. No dejar que instrumentos o piezas no vitales de las máquinas permanezcan sin arreglo, ya que estos daños se van acumulando hasta que es necesario parar el equipo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Villegas L, *Curso de Maquinaria y Construcción*.
2. Marks, L, *Manual del Ingeniero Mecánico*, Mac Graw Hill, Tomo 2, México 1996.
3. Komatsu, *Manual de Operación Komatsu*.
4. Caterpillar, *Folleto Caterpillar Latinoamérica*, USA 1998.
5. Caterpillar, *Folleto toda la gama de Tractores y Tractores Forestales Caterpillar*, 1997
6. Caterpillar, *Manual de Rendimiento Caterpillar*, Edición 25, USA 1994
7. Dias del río, *Manual de Maquinaria de Construcción*, Mc Graw Hill, España 2001
8. Daewoo, *Folleto Comercial Excavadoras Daewoo 170W-V*
9. Caterpillar, *Folleto Toda la Gama de Excavadoras Caterpillar*, USA 1998
10. Dumper, *Folleto Comercial 775D para Canteras*

11. Actros, *Folleto Comercial Actros*, 2000
12. Nordberg, *Folleto Comercial Nordberg*, USA 1998
13. Liebherr, *Manual Técnico de Grúa Torre*, 1996
14. Super pave, *Manual Super Pave*, Volumen 3
15. Caterpillar, *Manual de Pavimentación de Asfalto Caterpillar*, USA 1991.
16. Ingersoll Rand, *Compaction Data Ingersoll Rand*, USA 1997.
17. IHC beaver, *Manual Técnico IHC Beaver*, Holanda 1982.
18. Prado, *Manual de Gestión de Mantenimiento a la Medida*, Uruguay 1996
19. Torres, *Mantenimiento su Implementación y Gestión*, Argentina 2005
20. [www.ceroaverias.com](http://www.ceroaverias.com)
21. Amendola, *Modelos Mixtos de Confiabilidad*, Venezuela 2002.
22. Maldonado, *Revista General de Marina*, Vol. 249, 2005
23. Arias paz, M, *Tractores*, Dossat, España 1965
24. Tavares, L, *Administración Moderna de Mantenimiento*, Brasil 2000
25. [www.mantenimientomundial.com](http://www.mantenimientomundial.com)
26. Trist, B, *Some Social Consequence of the Longwall Method of Coalgetting*, Reino Unido, 1975
27. CIED, *Introducción a la Confiabilidad Operacional*, Venezuela, 2000
28. Máximo, R, *Construcción Pesada I*, PUCE, Quito, 1994
29. Noguera Camacho, *Gestión de Mantenimiento un Instrumento para la competitividad*, Bogotá, 2002
30. Maldonado, A, *Conceptos Básicos de Mantenimiento Aplicado a Flotas Vehiculares*, CONAE.