

60  
2 Gen



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
Facultad de Ingeniería

**CONSIDERACIONES Y RECOMENDACIONES  
PARA EL APROVECHAMIENTO MAXIMO  
DE LOS EQUIPOS PESADOS DE  
CONSTRUCCION**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA  
RAFAEL ANGEL GARCIA RIVERA**

**OCTUBRE  
1985**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION	1
CAPITULO PRIMERO	
I. LA IMPORTANCIA EN LA SELECCION DEL EQUIPO ADECUADO	2
I.1 IDENTIFICACION DEL EQUIPO	2
I.1.1 CONOCIMIENTOS GENERALES	30
I.1.2 RESUMEN	31
I.2 COSTO DE MAQUINARIA	32
I.2.1 COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA (HMD)	34
I.2.2 RENDIMIENTO DE MAQUINARIA (RM)	43
I.2.3 CONCEPTOS GENERALES	48
CAPITULO SEGUNDO	
II. LA CAPACITACION Y LA INSTRUCCION DE OPERADORES Y PERSONAL MECANICO	56
II.1 NECESIDAD DE CAPACITAR	56
II.2 CAPACITACION E INSTRUCCION	59
II.2.1 CAPACITACION	60
II.2.1.1 CAPACITACION DE OPERACION	61
II.2.1.2 CAPACITACION PARA PERSONAL MECANICO	66
II.2.2 INSTRUCCION	75
II.2.2.1 INSTRUCTOR DE MAQUINARIA PESADA	76
II.3 SISTEMA DE CAPACITACION	81

## CAPITULO TERCERO

III. MANTENIMIENTO PREVENTIVO	84
III.1 INTRODUCCION AL MANTENIMIENTO	84
III.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	85
III.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	87
III.3.1 COMO EFECTUAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	88
III.3.2 PAUTAS Y DIFICULTADES	99

## CAPITULO CUARTO

IV. REPARACIONES MENORES	101
IV.1 EQUIPO Y HERRAMIENTA PARA LAS REPARACIONES MENORES	103
IV.2 USO DE LA HERRAMIENTA	105

## CAPITULO QUINTO

V. REPARACIONES MAYORES Y RECONSTRUCCIONES	109
V.1 TALLER Y EQUIPO PARA LAS REPARACIONES MAYORES	110
V.2 RECONSTRUCCIONES	114
V.2.1 UTILIZACION DE LA RECONSTRUCCION PARA EL REEMPLAZO	115

## CAPITULO SEXTO

VI. CONCLUSIONES	117
BIBLIOGRAFIA	120

**INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

En el transcurso de la historia, el hombre se ha empeñado en crear instrumentos, máquinas que le faciliten el trabajo para su evolución.

En los tiempos modernos, la maquinaria tiene tal importancia que la omisión, el uso por debajo de la capacidad o el mal uso de estas acarrearán problemas que tornan un giro contraproducente en su campo de acción.

En la ingeniería civil, en la rama de construcción, la maquinaria pesada para movimientos de tierras es el pan del día, y es tarea del ingeniero ci-vil constructor lograr que las operaciones que planea lleguen a dar resultados de lo más satisfactorios de acuerdo al diseño, especificaciones y al costo más bajo posible, en pocas palabras el ingeniero civil constructor debe de ser producente.

Cuando el ingeniero constructor se enfrente a la necesidad de trabajar con equipo pesado de construcción, debe de ver que éste sea el más conveniente a los requerimientos de obra y tomar en cuenta que una inversión importante es no solamente la original o el cargo de renta, sino también el costo de opera-ción, el costo de conservación y el costo de reparación del equipo.

Es por estas razones que esta tesis describe en forma general consideraciones y recomendaciones de suma importancia para aprovechar a su máximo los equipos pesados más usuales de la construcción en el movimiento de tierras.

**CAPITULO PRIMERO**

## I. LA IMPORTANCIA EN LA SELECCION DEL EQUIPO ADECUADO

En cualquier obra se dan casos que por una mala selección de equipo - los costos se incrementan en una gran proporción al costo inicial, esto es, si tenemos maquinaria que está diseñada para un trabajo primario y la podemos ocupar para un trabajo secundario (trabajo que puede efectuar la máquina sin que haya sido diseñada para ello), repercute que la máquina tendrá rendimientos - más bajo a los de su capacidad normal. En algunos casos se tendrá que tener un mantenimiento preventivo especial y lo más probable que esta máquina vaya a reparaciones menores y hasta reconstrucciones al poco tiempo de haberla empleado.

Por estas razones es tan importante que tengamos una panorámica general de con qué máquinas contamos y qué tipo de trabajo pueden realizar, o qué condiciones de obra tenemos y cuál es la maquinaria que mejor se desarrolla en ese trabajo; para esto primero necesitamos identificar a la maquinaria.

### I.1 IDENTIFICACION DEL EQUIPO

Para identificar al equipo pesado de movimiento de tierras en construcción, es según el trabajo que realice (para lo que la máquina está diseñada) y en este sentido se clasifican en cinco grupos.

Grupo No. 1 - Equipos de excavación y carga.

Grupo No. 2 - Equipos de carga y transporte.

Grupo No. 3 - Equipos de tendido de material.



Grupo No. 4 - Equipos de transporte.

Grupo No. 5 - Equipos auxiliares.

El equipo de excavación y carga (grupo No. 1) son máquinas que están provistas de un sistema de propulsión que sólo le sirve para movimientos y transporte en torno a ellas mismas, por lo que se les llama máquinas de carga estacionaria o en puesto fijo.

En este grupo la maquinaria está constituida de una plataforma, una planta motriz y un equipo frontal o de trabajo. La plataforma puede ser móvil y fija, así como estar montada sobre orugas o neumáticos. La planta motriz funciona por medio de motor diesel y el equipo frontal o de trabajo consiste de un aguilón o pluma los cuales pueden acondicionarse para palas mecánicas, para lo cual es necesario que se equipe con un brazo excavador y éste a su vez con un cucharón. Unas plumas que pueden estar dotadas de herramientas que convierten a la maquinaria en grúas, dragas, excavadoras de cucharón de almeja, etc., y un tipo especial de aguilón es el denominado como pala retroexcavadora.

Una característica principal de este tipo de maquinaria es que la planta motriz junto con el equipo frontal puede hacer giros de 180° para óptimos movimientos de excavación y carga, ahorrando con ello tiempos muertos de maniobra con la planta motriz.

El equipo que representa a este grupo es el siguiente:

a) Palas mecánicas y dragas.

b) Retroexcavadoras.

a) Palas mecánicas.

Estas máquinas ofrecen grandes posibilidades de trabajo, se utilizan -

principalmente para excavación y carga en los más variados tipos de tierra - y/o roca previamente aflojada; estos trabajos pueden ser en bancos de présta - mo en altura por encima del área de asiento de la máquina y se usan para obras como presas, diques, terraplanes, frentes para abrir caminos, explotación de - material en bancos para plantas dosificadoras, trituradoras, etc. Pueden efec - tuar también excavaciones por debajo del nivel de apoyo de la máquina, permi - tiendo realizar zanjas para el tendido de tuberías de agua potable, de aguas - negras, cimentaciones, etc.

Las descargas las puede efectuar a unidades de transporte como camio - nes, bandas transportadoras, tolvas, cribas, etc.

La pala mecánica está compuesta principalmente de una pluma, un cucha - rón con su brazo y distintos dispositivos de ataque y retroceso de la cuchara. Pueden ser de orugas o neumáticos siendo los primeros los más comunes porque tienen la particularidad de trabajar en terrenos tanto abruptos como blandos. No obstante que no consiguen velocidades iguales a las de neumáticos son más utilizados las de orugas porque su trabajo primario es el de excavación y car - ga, y no el de transporte.

Al seleccionar una pala mecánica deben considerarse los siguientes - factores:

1. Volumen del material por mover.
2. Características del terreno donde se va a trabajar.
3. Material por cargar (roca, arcilla, arena, etc...).
4. Movilización del equipo desde el sitio donde se encuentra hasta el lugar de la obra.
5. Tiempo en que se debe entregar la obra.
6. Trabajos posteriores.
7. Depreciación de la máquina.

## DRAGAS

Son máquinas que se utilizan para excavar tierras y cargarlas en unidades de acarreo o para depositarlas como pueden ser en bancos de desperdicio, -presas, etc., cercas de los cortes donde se excava.

Una de las ventajas de estas dragas es que no tienen que estar dentro de las zanjas o canales para poder excavar, ya que puede operar bajo y en el mismo nivel de apoyo de la máquina; esto es muy provechoso ya que si se requiere excavar en un canal que tenga agua, la draga puede excavar y depositar el material a lo largo del canal si tiene una pluma lo suficientemente larga con un solo movimiento, lo que significa el ahorro de unidades de acarreo y reducir nuestros costos. Si en su defecto se requiere de unidades de acarreo Estas no será necesario que batallen con el lodo debido a las cualidades de la dragas antes mencionadas.

Estas máquinas están compuestas principalmente por una larga y ligera pluma de grúa, que lleva en su extremo superior una polea de guta y un cucharon que se une a la máquina solamente por cables.



## DRAGA

Otro tipo de dragas son las llamadas de succión, las cuales montadas sobre una barcaza se utilizan principalmente para el desàsolve de canales.

Para la selección de una draga los factores que se toman en cuenta son los mismos que en el caso de las palas mecánicas.

### b) Retroexcavadoras.

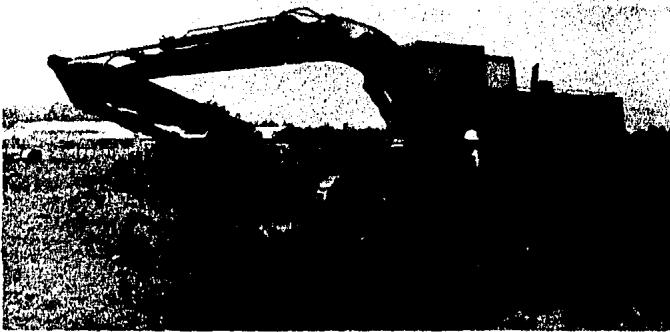
Estas máquinas como las anteriores se utilizan en una amplia variedad de trabajos de excavación, principalmente donde el material a excavar se encuentra bajo el nivel de apoyo de la máquina.

Estas máquinas son operadas con motor de gasolina o diesel y las más -

comunes son las montadas sobre orugas, aunque las montadas sobre neumáticos, por su mayor movilidad, tienen un uso adecuado para excavaciones en caminos y obras de urbanización.

Dentro de la amplia variedad de aplicaciones de una retroexcavadora se puede mencionar la de excavación para la cimentación de edificios y casas, excavación de zanjas para drenaje y agua potable, carga de camiones, desasolve de canales, alimentación de equipo de trituración y cribado, excavación para alcantarillas o cunetas de caminos, etc.

La retroexcavadora está compuesta principalmente de una pluma o aguilón de forma recta o de cuello de ganso, llevan articulado un brazo o vigueta con un cucharón adaptado en su extremo superior el cual tiene un ataque de penetración invertido al de una pala, motivo de trabajo por lo que se les llama también a estas máquinas mano de chango.



RETROEXCAVADORA

Los cucharones de las retroexcavadoras son más sencillos y más chicos que los de las palas mecánicas y para seleccionar el tipo de cucharón que debe rd usar una retroexcavadora se toman en cuenta los siguientes factores:

1. Tipo de material.
2. Obra a efectuar.
3. Tamaño de la obra.
4. Rendimientos y características más importantes de la máquina.

Grupo No. 2. Equipos de carga y transporte.

En este grupo existe una gran variedad de máquinas por lo que se les - hace distinción en base a la distancia que se considera económica para reali - zar trabajos de carga y transporte simultáneamente.

Estos equipos son:

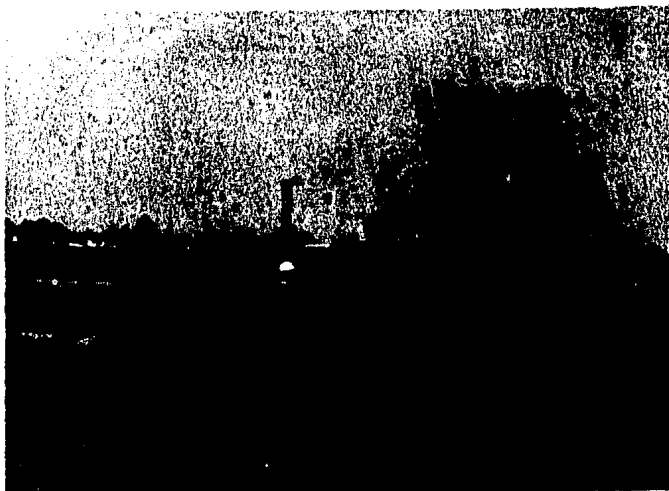
- a) tractores.
  - b) Escrapas.
  - c) Cargadores.
- a) Tractores.

Son máquinas que se pueden utilizar en muy diversas actividades princi palmente para empujar o jalar, así como equiparlos con diferentes tipos de he rramientas.

Los tractores pueden ir montados para su desplazamiento sobre orugas o neumáticos. Los de oruga tienen la ventaja de trabajar en cualquier tipo de te rreno para aprovechar la potencia del tractor en su máxima capacidad, los de - neumáticos se usan para trabajos donde las distancias son grandes y se pueden

ejercer velocidades altas, en otras palabras, donde es más importante la velocidad que la potencia del tractor.

Debido a que los tractores tienen múltiples adaptaciones que se pueden hacer con sus herramientas de ataque se les considera la máquina más versátil en el movimiento de tierras y por esto se les clasifica, en este caso, en equipos de carga y transporte: Bulldozer y Angledozer.



**BULLDOZER**

Los bulldozer son tractores equipados en su parte posterior por una cuchilla perpendicular a la dirección de avance, estas cuchillas que son rectas o sensiblemente curvas se encuentran fijas por medio de unos largueros que se mueven a través de cables o mediante un control hidráulico cuya potencia es proporcionada por el tractor.

Los tractores de control hidrúlico trabajan con más fuerza de penetración aunque su mantenimiento es más costoso que el movido por medio de cables.

Todas las hojas son de acero y tienen partes que sufren desgastes muy fuertes, pero éstas se pueden cambiar sin necesidad de cambiar toda la hoja.

Los Bulldozer montados sobre orugas desarrollan velocidades de 4.2 km. por hora en primera y alcanzan 10.8 km. por hora en sexta velocidad. En esta característica radica su economía de movimiento y transporte de material en una distancia máxima de 100 metros, también en caminos abruptos o en su calidad de formar su propio camino de acceso. Los montados sobre neumáticos son equipos que pueden desarrollar velocidades de hasta 37 km. por hora y por eso se ocupan generalmente cuando las distancias son grandes, de ahí lo económico de trabajar en una distancia máxima de 200 metros. Estos son equipos que transitan sobre carreteras pavimentadas y en buen estado, aunque cabe la posibilidad que en terrenos húmedos se reduzca la carga para que éstos no patinen en su traslado.

Los Bulldozer se aplican generalmente en desmontes, despalmes, aparcamientos en rellenos de zanjas y barrancas, limpiezas de escombros, en los bancos de material y uniendo dos Bulldozer mediante una cadena sirven para desmontar grandes extensiones de tierra.

Los Angledozer son similares a los Bulldozer, únicamente su diferencia es que la hoja de los Angledozer es más larga y necesariamente se encuentra perpendicular a la dirección de avance de la máquina, ya que puede hacerla de lado por medio de un giro de cuchillas, de manera que su cuchilla puede formar diferentes ángulos con la normal y puede colocarse a diferentes alturas sin cambiar el sentido de marcha del tractor.



La distancia que se puede considerar como económica es de 100 metros para los de oruga y 200 metros para los de neumáticos.

Para seleccionar ambos tractores se tiene que tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Características del terreno.
2. Distancia de acarreos.
3. Características y rendimientos de la máquina.
4. Movilización de la máquina de donde se encuentra hasta el sitio donde se va a emplear.

b) Escrepas.

Estas máquinas están diseñadas para ejecutar ciclos de trabajo completos y específicos como son el de carga, transporte y tendido del material. Realizan su trabajo en distancias que van desde los 200 metros hasta los 3,000 metros con un grado de economía considerable, ya que realizan el trabajo que hacen dos máquinas.

Básicamente están constituidas por una caja metálica en cuyo interior se aloja el material excavado, por un yugo o marco en forma de cuello de ganso y por un tractor de orugas o neumáticos que utilizan para su desplazamiento.

En la caja lleva un cuchilla metálica resistente a la abrasión, colocada en la parte delantera inferior y se emplea para controlar la entrada o salida del material. Esta cuchilla es controlada por medio de mecanismos hidráulicos.

Existen diferentes tipos de escrepas las cuales se pueden clasificar en las siguientes:

Estándar (de un solo motor).

Escrepas de dos motores.

Escrepas autocargables.

Estas unidades se utilizan tanto en distancias intermedias largas con bajas pendientes y en caminos de acarreo en buenas condiciones.

Trabajan generalmente en grupo de dos, tres o cuatro unidades en combinación con un tractor de hoja topadora.

Escrepas estándar.- Son máquinas que tienen un solo motor y generalmente requieren de la ayuda de un tractor de orugas con hoja topadora para ser jaladas o empujadas en el momento de la carga, pueden trabajar en combinación de dos, tres y cuatro escrepas con un solo tractor. Sus aplicaciones son usuales para trabajos en carreos intermedios con bajas pendientes y caminos de acarreo en terrenos blandos o fangosos, en ocasiones estas máquinas tienen la parte trasera de la caja un motor que da tracción a las llantas traseras, prescindiendo así del tractor aunque no son muy usuales.

Escrepas de dos motores.- Estas no necesitan de un tractor para efectuar su carga a menos que el material sea duro, se utilizan en distancias intermedias y largas pero debido a su mayor potencia se utilizan para fuertes pendientes.

En este tipo de escrepas con dos motores se encuentra la denominada de tiro y empuje (push-pull), estas máquinas tienen la ventaja de que se evita por completo la necesidad de un tractor empujador adicional. Como trabajan por parejas, cuando una carga la otra empuja y viceversa, cuando una carga la otra ya cargada jala. Evitan trabajar con varias máquinas en combinación anulando amontonamientos y tiempos muertos de maquinarias reduciendo una menor in

versión. Trabajan en bajas pendientes y en terrenos blandos.

Escrepas autocargables (motoescrepas).- Estas máquinas están equipadas de tal forma que la carga puede efectuarse por si sola sin necesidad de un tractor empujador. Esto por medio de un sistema de paletas elevadoras que van cargando el material dentro de la caja mezclándolo y desmenuzándolo durante el trayecto. Su utilización está limitada por acarreos cortos, material suave y con muy bajas pendientes.

Para seleccionar el tipo de escrepa debemos de tomar en cuenta los siguientes factores:

1. Cantidad de volumen a mover y características del terreno.
2. Los costos de las máquinas.
3. Rendimiento y características de las máquinas.
4. Movilización de la máquina de donde se encuentra, hasta el sitio donde se va a emplear.
5. Características de la obra.

#### c) Cargadores.

El cargador es un tractor de orugas o neumáticos, diesel o gasolina que lleva adaptado en la parte delantera un cucharón. Este cucharón es movido por medio de un sistema hidráulico, el cual permite elevar a éste para la descarga del material a la unidad de acarreo.

El cucharón es una caja de acero templado con una hilera de dientes que sirven para las excavaciones en terrenos duros. Si el terreno es blando el cucharón deberá estar desprovisto de estos dientes ya que parte del material se deslizará por entre los dientes y por tal disminuirá el rendimiento.

Los cargadores se clasifican por la forma de efectuar la descarga y ésta se puede hacer de tres maneras: descarga frontal, descarga lateral y descarga trasera.

En este grupo de carga y acarreo, el cargador por excelencia, es el - cargador frontal. Estas máquinas combinan el trabajo de carga con el de trans-porte efectuado por el mismo, ahorrándose así equipo de acarreo; pero cabe se-ñalarse que es bajo ciertos límites, los cuales están en función de la distan-cia económica que por experiencia es de 100 a 200 metros como máximo, y tom-do en consideración que para efectuar este tipo de trabajo el cargador frontal deberá estar montado sobre neumáticos.

Los cargadores se usan en una gran variedad de trabajos; para la exca-vación, carga y descarga del material a distancias cortas y medias, rellenos - de zanjas para tuberías y alimentación de agregados en plantas dosificadoras y trituradoras.

Para seleccionar el cucharón se deben tomar en cuenta los siguientes - factores:

1. Peso del material (volumen a trabajar).
2. Densidad del material.
3. Capacidad de carga.
4. Condiciones de carga.



ESCREPAS Y CARGADORES

Grupo No. 3. Equipos de tendido de material.

NOTA: Las máquinas que a continuación se describen, en su mayoría se han dicho sus características principales en los grupos anteriores, por lo que daremos referencia solamente a aquellas máquinas que en particular sean del grupo de equipos de tendido de material.

Los equipos de tendido de material o equipos de colocación, son aquellos que lo efectúan a través de un esparcimiento del material.

Estos equipos se clasifican de la siguiente manera:

- a) Tractores con cuchilla.
  - b) Escrepas.
  - c) Motoconformadoras.
- a) Tractores con cuchilla.

Son tractores bulldozer o angledozer los cuales efectúan el tendido del material elevando la cuchilla y arrastrando el material hacia donde se quiere colocar. Estos pueden tomar el material de una excavación previamente efectuada por ellos mismos o también lo pueden tomar del lugar donde fue depositado por camiones o cargadores.

Una ventaja del tractor es que en el momento de ir tendiendo el material, también lo va compactando aunque el afine es muy tosco y se necesitaría de otra máquina para dar la terminación y afine adecuado del terreno.

- b) Escrepas.

Estas máquinas tienden el material que llevan en su propia caja, con -

unos espesores variados dependiendo de la abertura de la cuchilla, generalmente estos espesores son de 20 cms.

Como se ha dicho anteriormente las escrapas son autocargables, pero en este caso, dependiendo del tipo de suelo pueden ser cargadas por dragas, palas mecánicas, cargadores, etc., y estar dentro de los límites económicos.

También la escrapa como el tractor, afina y compacta el material en el momento de tenderlo.

c) Motoconformadoras.

Si existe una máquina en el movimiento de tierras para tendido, nivelación y afine del material, es la motoconformadora.

Esta máquina está constituida por un chasis curvo que se apoya en un eje delantero direccional y en una unidad de tracción que está dispuesta en uno o dos ejes, consta además de una hoja móvil cuyo perfil es curvo y se encuentra ubicada debajo del chasis antes mencionado. Estas cuchillas son de dimensiones variables, tanto por su ancho como por su longitud, son de acero y tienen en su parte inferior y extremos piezas intercambiables.

Estas máquinas tienen un sistema de porta-hoja el cual está constituido por un anillo móvil soportando unos émbolos y provisto de una corona dentada. El anillo móvil es capaz de dar una vuelta completa sin que la cuchilla tropiece con las llantas. Las cuchillas están sujetas por medio de unos brazos los cuales permiten dar el ángulo de ataque que se quiera e incluso sacar la cuchilla de manera que quede en posición vertical y a un costado de la máquina.

El tendido de material lo efectúan en capas por medio de una inclinación de la cuchilla, el material lo obtienen por excavación directa o por tie-

ra depositada en montones por camiones, cargadores, etc., a lo largo de la obra por realizar.

Estas máquinas generalmente intervienen en la última fase de la mayor parte de trabajos de movimientos de tierras.

Entre los trabajos más comunes está el tendido y afine de los terraplenes, la hechura y limpieza de cunetas, levantamientos de pavimentos asfálticos viejos, la obtención de una granulometría adecuada para bases y sub-bases de carpetas asfálticas, encallenamiento de estas últimas y la nivelación de perfiles o taludes para abrir zanjas y construir y reparar carreteras, aeropuertos, caminos sin revestir etc.





#### Grupo No.4. Equipos de transporte.

En ingeniería civil para movimientos de tierra se necesitan vehículos que acarreen tanto maquinaria como cargas y volúmenes de gran tamaño a distancias largas y a altas velocidades.

Estos equipos se clasifican de dos maneras; camiones del tipo carretera y los camiones fuera de carreteras. Ambos tienen motores de diferentes tipos dependiendo del modelo y tamaño.

Pueden ser de gasolina o diesel entre los más comunes, como también de butano y propano. Emplean neumáticos para su desplazamiento por la razón de alcanzar altas velocidades.

Los camiones del tipo carretera alcanzan velocidades promedio de 100 km. por hora o más. Las cargas son medianas y cumplen con los requisitos de circulación para un ancho y una altura determinada. Entre éstos se encuentra el camión de redilas, volteo, pipas y plataformas.

Los camiones de redilas sirven para transportar herramientas, tuberías para conducción de agua y materiales de construcción como sacos de cemento, varillas, maderas para cimbras, etc. Es muy común verlos transportando personal con herramientas como palas, picos y refacciones o accesorios para la construcción.

Estos camiones pueden aumentar su capacidad añadiendo unos tableros sobre las rejillas, siempre y cuando no se sobrepase el tonelaje permitido por los fabricantes.

El camión de volteo tiene una capacidad de carga 3 a 6 toneladas y se utiliza para transportar materiales a granel como rocas, grava, arena, tierras, etc.

Las pipas son unidades que transportan en un tanque que llevan sobre su chasis todo tipo de fluidos como gasolina, agua, petróleo, gas, etc. La capacidad de dicho tanque varía de 5,000 a 10,000 lts.

Las plataformas se utilizan para transportar maquinaria pesada o ligera, así como accesorios de gran magnitud de los equipos de construcción. Dicha plataforma se encuentra en la parte posterior del camión y se apoya en su chasis.

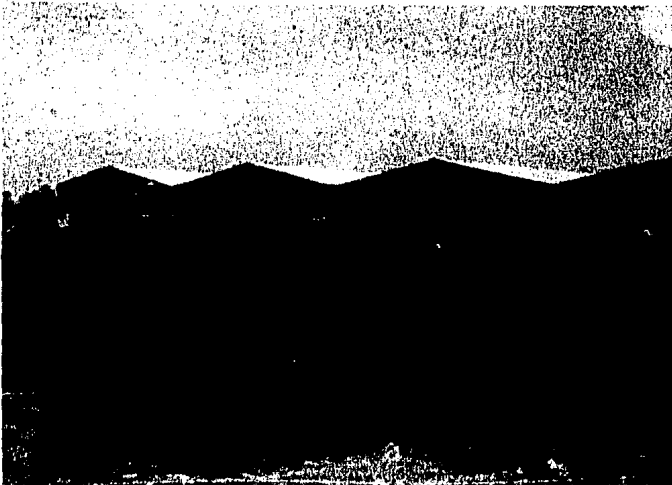


CAMIÓN DE VOLTEO

Los camiones fuera de carretera tienen un chasis, caja y amortiguadores más reforzados que los del tipo carretera, generalmente su motor es diesel con diez cambios de velocidad para el avance y dos para reversa. Las velocidades que desarrollan no son tan altas como los del tipo carretera, pero tienen una gran fuerza tractiva, por lo que transportan cargas más pesadas.



PIPAS



PLATAFORMAS

Los camiones fuera de carretera se dividen en vagonetas y dumpers.

Las vagonetas están diseñadas para transportar grandes volúmenes de tierra. Constan de una caja montada sobre un bastidor y de un vehículo propulsado por motor diesel.

Cuando el bastidor va apoyado únicamente en su parte trasera mediante sus propias llantas y soportado al frente sobre ruedas propulsoras del tractor, se le llama semi-remolque y cuando el bastidor va apoyado en ambos extremos en sus respectivos ejes de ruedas de manera que ningún peso de carga descansa sobre el vehículo propulsor, se le llama remolque.

Este tipo de unidades pueden descargar el material de tres maneras; descarga de fondo, descarga lateral y descarga trasera.

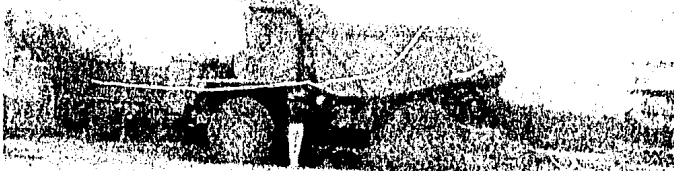
Las unidades de descarga de fondo se utilizan en el tránsito de caminos abruptos y pendientes menores o iguales al 5%. La descarga puede efectuarse en tolvas, sobre caminos en montones o a lo largo de éstos.

Los de descarga lateral principalmente se usan para descargar material en tiraderos, instalaciones fijas como fábricas de cemento, tolvas de agregados, trituradoras, etc., ya que por su movimiento de descarga lateral es muy práctico cuando se transportan grandes volúmenes de material.

Los vehículos de descarga trasera son muy útiles cuando el espacio donde se trabaja es muy reducido y es necesario hacer grandes rellenos. Es muy común verlos en túneles y brechas, gracias a la facilidad de cambio de dirección.

Los dumpers se recomiendan para obras donde se requiere transportar material por caminos adversos y de fuertes pendientes, esto último es debido a que sobre los ejes de tracción de estos camiones gravitan la mayor parte de su peso.

Son unidades que han tenido una gran aplicación en trabajos de explotación de canteras de piedras, gravas, arenas, tierras, rellenos de esolleras, embalsamiento de presas etc. En pocas palabras, es donde se requiere transportar grandes volúmenes a altas velocidades y a distancia relativamente medianas.



#### DUMPERS

##### Grupo No. 5. Equipos auxiliares.

En la maquinaria para movimientos de tierra, se aprovecha su fuerza de tracción para adicionar herramientas que las hagan más versátiles en su campo de acción.

Los equipos que se pueden considerar de más uso en el auxilio de movimientos de tierra, son los siguientes:

- a) Desgarradores.
- b) Compactadores.

### a) DESGARRADORES (RIPPERS)

Es un incompleto que de las tres actividades principales de movimientos de tierras que son la excavación, acarreo y colocación del material, el ripper realiza el trabajo de aflojar el material para posteriormente poderlo excavar.

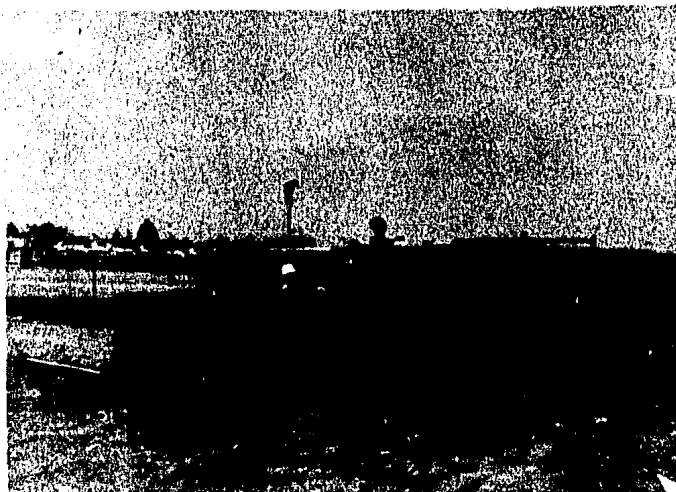
Los desgarradores se acoplan en la parte posterior de la máquina, y consisten en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical que a su vez termina en su parte inferior en una punta llamada casquillo.

Al penetrar el vástago con su casquillo en el terreno y ser jalado por la fuerza tractiva, va rompiendo la estructura del material que se pretende excavar, logrando con esto el afloje requerido para que pueda posteriormente cargarse mediante cargadores frontales, motoescrapas o acarrearse con tractores Bulldozer.

Los desgarradores pueden ser de paralelogramo o de bisagra, con uno o varios vástagos, siendo los más usuales los primeros con un vástago. La diferencia del desgarrador de bisagra y el de paralelogramo, es que el primero modifica el ángulo de penetración en el momento de entrar al suelo, y el de paralelogramo siempre conserva su ángulo de penetración en el momento de entrar al suelo.

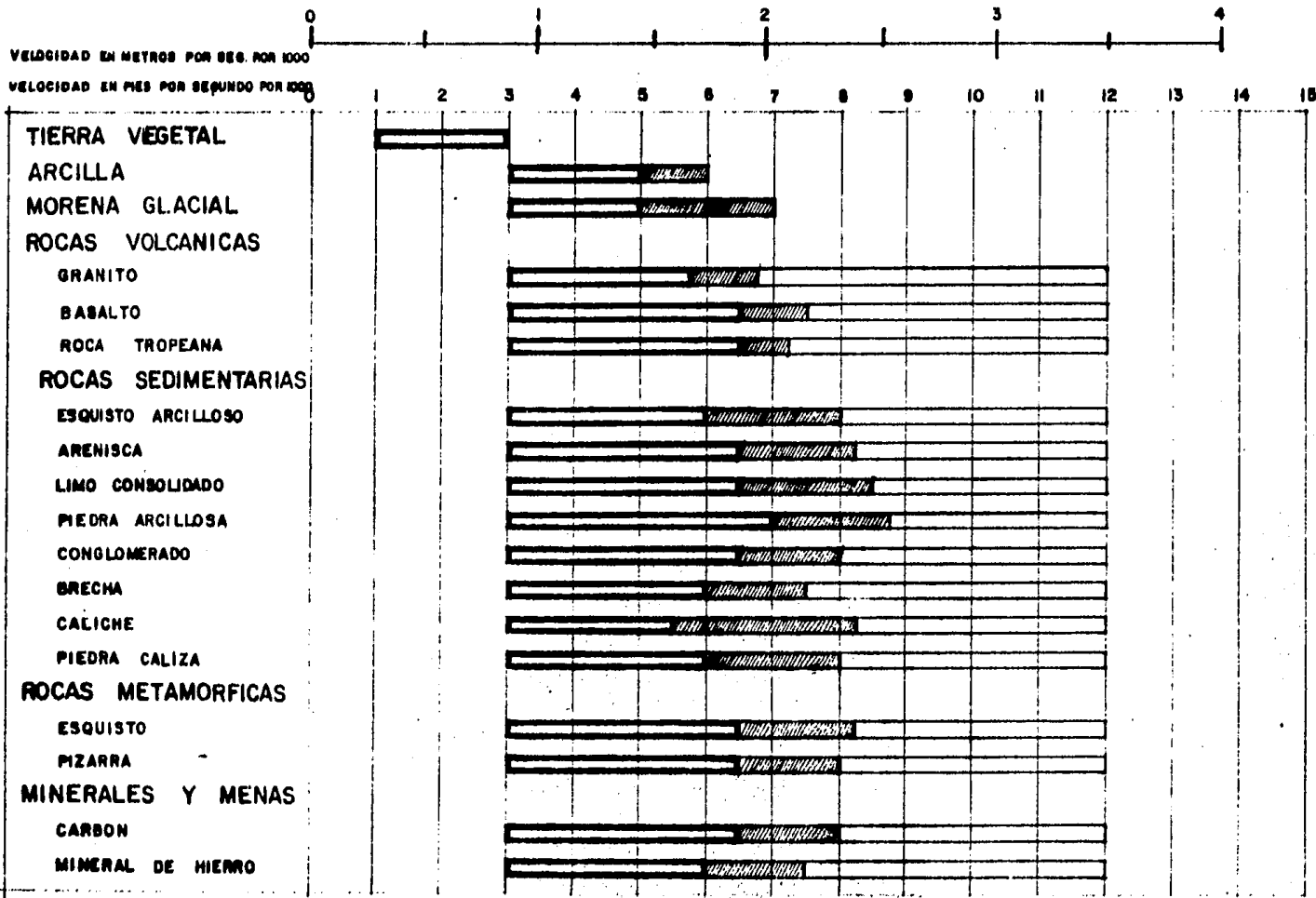
La acción más efectiva de un desgarrador depende del peso de la máquina que lo emplee, ya que si la máquina es más pesada, tendrá más fuerza tractiva. Razón por lo que la máquina que utiliza el desgarrador es por excelencia el tractor. En algunas ocasiones se pueden ver los desgarradores en máquinas como la mecaniconformadora y motoescrapa.

La penetración aproximada de un desgarrador es de 40 a 90 cms. según el equipo que se emplee y generalmente son utilizados en desmostes y despalmes así como para romper roca suave, afloje de tierra dura, levantamiento de pavimentos, corte de raíces de árboles y para sustituir el uso de explosivos donde se pueda aflojar el terreno a base de éstos.



DESGARRADOR

Los distribuidores emplean para cada modelo de maquinaria que conten-gan desgarradores, unas tablas que indican el rendimiento en relación con las velocidades de ondas sísmicas y del tipo del suelo. Lo anterior se muestra en la tabla "0".



DESARRABLE

MARGINAL

NO DESARRABLE

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR DBK.  
 DESGARRADOR N° 8 SERIE D DE UNO O VARIOS VASTAGOS.  
 ESTIMACION SEGUN LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS.



miento de materiales sueltos. Gracias a este es posible obtener una compactación rápida y efectiva, ya que de otra manera tardaría años para lograrse en forma natural.

Existe una gran variedad de máquinas que realizan este tipo de trabajo. Entre las más comunes tenemos la compactadora de rodillos lisos metálicos, rodillos de pata de cabra y de neumáticos.

Los compactadores de rodillos lisos metálicos, son máquinas que también se conocen con el nombre de aplanadoras o de triciclos. Estas están constituidas por dos o tres rodillos en línea y las de triciclos están constituidas por tres rodillos, dos traseros y uno delantero, siendo características de ambos respectivamente.

Los rodillos lisos metálicos compactan el suelo de arriba hacia abajo y tienen un peso aproximado con capacidad de 10 a 14 toneladas. Además lastreadas pueden incrementar su peso hasta 2.5 toneladas.



RODILLOS LISOS METALICOS

Las máquinas con rodillos de pata de cabra están constituidas por unos tambores huecos y metálicos, los cuales son jalados por un remolcador. Estos tambores presentan en su superficie una protuberancia que bien puede ser de forma piramidal de pata de cabra.



RODILLOS PATA DE CABRA

La compactación de estos equipos se efectúa de arriba hacia abajo con una presión del orden de 10 a 40  $\text{kg}/\text{cm}^2$  estando el tambor vacío, y aproximadamente de 80  $\text{kg}/\text{cm}^2$  relleno con arena y agua.

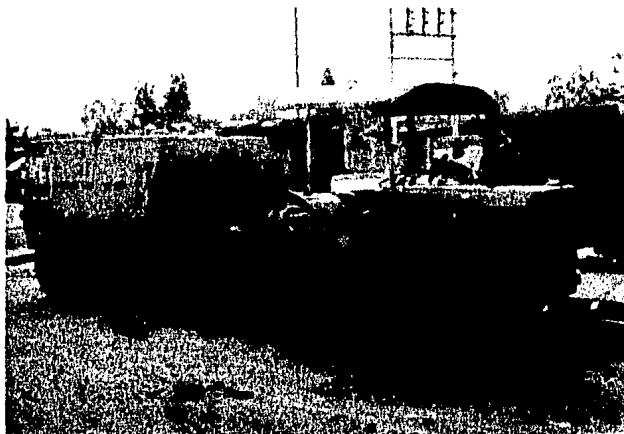
Los compactadores de pata de cabra por la forma y manera de introducirse al terreno, dejan una capa de 2.5 a 5 cms. sin compactar por lo que es necesario utilizar posteriormente otro tipo de compactador para terminar la compactación.

Los compactadores de neumáticos pueden ser de tirón o autopropulsado.

Los de tirón están constituidos por una máquina propulsora y una caja que puede recibir lastre y que va montada sobre las llantas compactadoras. Las auto-propulsadas están montadas sobre unas llantas compactadoras y se pueden también lastrar para aumentar su capacidad de peso. Estos equipos efectúan la compactación de arriba hacia abajo dejando una superficie en condiciones óptimas.

La compactación dentro del movimiento de tierras mejora las características del suelo, en lo que se refiere a resistencia mecánica, resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras e impermeabilidad.

Entre las obras más comunes que efectúan el trabajo de compactación tenemos las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.



COMPACTADOR DE NEUMÁTICOS

### 1.1.1 CONOCIMIENTOS GENERALES

Como este capítulo describe en forma general aspectos de los equipos - de movimientos de tierras, tenemos que ver las características principales de los suelos, de esta manera, tendremos un panorama más objetivo de la mayor eficiencia de la máquina.

A los suelos según su grado de compacidad se les clasifica de la siguiente manera:

1. Suelo fácil de extraer.
2. Suelo intermedio.
3. Suelo difícil de extraer.

La compacidad del suelo se determina por medio de un estudio geofísico, llamado de refracción sísmica. Este consiste en hacer uso de una onda sonora, la cual es producida por un martillo que pega sobre una placa a cierta distancia de un receptor; se obtienen los tiempos de transmisión de la onda y se calcula su velocidad de propagación. A mayor propagación de la onda sonora, mayor será la compacidad del terreno y por el contrario, a menor velocidad, más suave será el material.

El suelo fácil de extraer, tiene poca velocidad de propagación sísmica, por lo que puede ser tratado con pala y pico. Para fines de este trabajo, nombraremos al suelo fácil de extraer como suelo tipo I.

El suelo intermedio es aquel que se puede tratar sin necesidad de explosivos, pero no se puede extraer simplemente con pala y pico, por ello se le llama suelo intermedio y para este caso será suelo tipo II.

El suelo difícil de extraer tiene una alta velocidad de propagación -

sísmica y se extrae por medio de barrenos y uso de explosivos. En algunos casos se puede extraer el suelo por medio de desgarradores o rippers. Para nuestro caso, llamemos a este suelo tipo III.

#### ABUNDAMIENTO

El suelo al ser removido de su estado natural por medios manuales o mecánicos sufre alteraciones en su relación de vacíos, provocando un fenómeno denominado abundamiento. El porcentaje de expansión o abundamiento dependerá del tipo de material, como se muestra a continuación:

Tabla No. 1.

<u>CLASE DE MATERIAL</u>	<u>PORCENTAJE DE ABUNDAMIENTO</u>
Arena o grava	De 5 a 15%
Tierra común	De 20 a 45%
Arcilla	De 30 a 60%
Roca sólida	De 50 a 80%

#### COMPACTACION

La compactación es la reducción del volumen que sufre el suelo por la reducción de vacíos. Esta es debido al acomodamiento de las partículas y a la expulsión de aire y/o agua.

#### 1.1.2 RESUMEN

En el mercado de la construcción se ofrece a los contratistas una nutrida variedad de maquinaria de diferentes marcas, modelos, capacidades, especificaciones de calidad, etc. Por parte del ingeniero contratista deberán realizarse cuidadosos estudios a fin de determinar cuál es la maquinaria más con-

veniente para la óptima ejecución de la obra en que compromete su organización constructora.

Para estos estudios que debe realizar el ingeniero contratista, se tiene que apoyar en las características y generalidades que se mencionan en los incisos anteriores. Para obtener un panorama más amplio de lo que se ha hecho mención visualicemos la Tabla No. 2.

## 1.2 COSTO DE MAQUINARIA

Una obra cualquiera podrá ser ejecutada mediante diversos procedimientos y equipos de construcción, pero para ejecutar tal trabajo siempre existirá algún procedimiento y determinado equipo para el cual las operaciones del ingeniero se realizan en forma óptima, desde el punto de vista de economía y eficiencia de los trabajos.

La eficiencia dependerá en una gran proporción a los rendimientos de la maquinaria, y la economía de que tan estudiados estén todos y cada uno de los factores que intervienen en el costo de la maquinaria, sobre todo en época inflacionaria donde no es fácil adquirir equipo de construcción.

En el caso de la construcción el costo de operación de la maquinaria se representa como (CM). Este se expresa como el cociente del costo horario (HMD), entre el rendimiento horario de dicha máquina (RM).

$$CM = \frac{HMD}{RM}$$

T A B L A N° 2

CLASIFICACION DE LA MAQUINA	TIPO DE SUELO	T R A B A J O A R E A L I Z A R								
		POR DEBAJO DE APOYO DE LA MAQUINA (zanjas)			SOBRE EL MISMO APOYO DE LA MAQUINA			POR ENCIMA DEL NIVEL DE APOYO DE LA MAQUINA (taludes)		
GRUPO 1 AUXILIARES TRANSPORTES Y EXCAVACION Y CARGA	A)- PALAS MECANICAS	I	A	B	C	A	B		A	B*
	B)- DRAGAS	II	A	B	C	A	B		A	B*
	C)- RETROESCAVADORAS	III (PA.)	A	B	C	A	B		A	B*
GRUPO 2 TRANSPORTE Y CAMA	A)- TRACTORES	I				A	B	C		
	B)- ESCREPAS	II				A	B*	C		
	C)- CARGADORES	III (PA.)				A		C		
GRUPO 3 TENDIDO DE MATERIAL	A)- TRACTORES CON CUCHILLA	I				A	B	C		
	B)- ESCREPAS	II				A	B*	C		
	C)- MOTOCFORMADORAS	III (PA.)				A		C*		
GRUPO 4 TRANSPORTES DE CARRETERA	A)- FUERA DE CARRETERA	I				A	B			
	B)- TIPO CARRETERA	II				A	B			
		III (PA.)				A	B			
GRUPO 5 RIPPERS O COMPACTADORES	A)- DESGARRADORES RIPPERS	I				A	B			
		II				A	B			
	B)- COMPACTADORES	III				A DENTRO DE LA ZONA MARGINAL				

NOTAS.- \*- ESTA MAQUINA PUEDE EFECTUAR EL TIPO DE TRABAJO A REALIZAR PERO NO CON LOS RENDIMIENTOS OPTIMOS

(PA.)- MATERIAL PREVIAMENTE AFLOJADO YA SEA CON EQUIPO DE VOLADURA O DESGARRADORES

### 1.2.1 COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA (HMO)

Los costos de la maquinaria generalmente se refieren a la unidad horaria y dependen de los siguientes factores tradicionales:

1. Cargos fijos.
2. Cargos por consumos.
3. Cargos por operación.
4. Cargos por transporte.

1. Los cargos fijos son los que se derivan a los correspondientes a:

- a. Cargo por inversión.
- b. Cargo por depreciación.
- c. Cargo por seguro.
- d. Cargo por almacenaje.
- e. Cargo por mantenimiento y reparaciones.

a. Cargo por inversión.- Este cargo es el equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la máquina; éste está representado por la ecuación:

$$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} \cdot i$$

En donde I: es el cargo por inversión por hora efectiva de trabajo;  
 Va: es el valor inicial de la máquina; Vr: es el valor de rescate de la máquina (\*); Ha: es el número de horas efectivas que el equipo trabaja durante el año; i: es la tasa bancaria de interés anual.

b. Cargo por depreciación.- Este cargo es la disminución del valor original de la maquinaria, como consecuencia de su uso durante el tiempo de su vi



da económica (\*). Por consideración fiscal, se considera que la depreciación total del equipo de construcción se completa en un periodo de 5 años, por lo que la depreciación anual será del 20%. Este cargo se representa por la siguiente ecuación:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$$

En donde D, es la depreciación por hora efectiva de trabajo; Va, es el valor inicial, precio comercial de adquisición de la máquina nueva en el mercado nacional, descontándose el valor de las llantas en su caso; Vr, es el valor de rescate; Ve, es la vida económica de la máquina expresada en horas de trabajo.

c. Cargo por seguro.- Es el cargo necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica, por accidentes que sufra. Este seguro se puede hacer por medio de una compañía de seguros o en su defecto la constructora puede enfrentar con sus propios recursos los posibles accidentes de la maquinaria.

Este cargo lo representa la siguiente ecuación:

$$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s$$

En donde S, es el cargo por seguros en horas efectiva de trabajo; Va, valor inicial de la máquina; Vr, valor de rescate de la máquina; Ha, número de horas efectiva que el equipo trabaja durante el año; s, prima anual del seguro expresada en % anual del valor de la maquinaria.

---

(\*) Conceptos generales.

d. Cargo por almacenaje.- Son las erogaciones que se realizan por la renta y mantenimiento de las bodegas o patios, guardias y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

A este cargo lo representa la ecuación:

$$A = K D$$

En donde A, es el cargo por almacenaje por hora efectiva de trabajo; K, es un coeficiente calculado en relación con la renta de los locales para guarda de la maquinaria, vigilancias y salarios. Este coeficiente es muy variado y dependiente del equipo que se trate; varía entre 0.05 y 0.10 aproximadamente; D, es la depreciación de la máquina.

e. Cargo por mantenimiento y reparaciones.- Estas erogaciones son las originadas para conservar en buenas condiciones a la maquinaria durante su vida económica.

Este cargo está representado por la siguiente ecuación:

$$M = Q D$$

En donde M, es el cargo por mantenimiento y reparaciones por hora efectiva de trabajo; Q, representa un coeficiente que incluye tanto el mantenimiento como las reparaciones, se calcula en base a experiencias y estadísticas. Varía para cada tipo de maquinaria y características de trabajo; D, es la depreciación de la maquinaria.

Q Para nuestro caso es un coeficiente alto ya que los equipos en estudio requieren de un riguroso mantenimiento. Como ya vimos la ecuación del mantenimiento es  $M = Q D$ ; y si Q, tiene valores a razón del 80 y 100% de depreciación

ción horaria significa una erogación muy considerable. Es por esta razón que este trabajo analiza al detalle en los capítulos III y IV el mantenimiento y las reparaciones menores respectivamente.

## 2. Cargos por consumo.

Los cargos por consumo son las erogaciones que se derivan por el uso de:

- a. Combustibles.
- b. Lubricantes.
- c. Llantas.

a. Combustibles.- Son las erogaciones originadas por los consumos de motores de gasolina o diesel.

Este cargo está representado por la siguiente ecuación:

$$E = e P c$$

E, es el cargo por consumo de combustible por hora efectiva de trabajo; e, es la cantidad de combustible necesaria por hora efectiva de trabajo. Se determina en función de la potencia del motor, del factor de operación (\*) de la máquina y de un coeficiente determinado por la experiencia que varía de acuerdo con el combustible que se utilice, si el motor es diesel tenemos:  $e = 0.20 \times \text{H.P. (potencia)} \times \text{F.O. (factor de operación)}$ . Si el motor es de gasolina tenemos  $e = 0.24 \times \text{H.P.} \times \text{F.O.}$ , y Pc, precio del combustible que consume la máquina.

b. Consumos por lubricantes.- Es el cargo originado por consumos y cambios periódicos de aceite. Se representa por:  $L = a P e$ .

(\*) Ver en conceptos generales.

En donde  $L$ , es el cargo por consumo de lubricantes por hora efectiva de trabajo;  $a$ , es la cantidad de aceite necesaria por hora efectiva de trabajo y se representa:

$$a = c/t + 0.0030 \times \text{H.P.} \times \text{F.O.}$$

Para potencia de placa igual o menor de 100 H.P.; y

$$a = c/t + 0.0035 \times \text{H.P.} \times \text{F.O.}$$

Para potencia de placa mayor de 100 H.P.

En donde  $c$ , es la capacidad del carter en litros;  $t$ , es el número de horas transcurridas entre dos cambios de aceites (generalmente  $t$  es igual a 100 horas (cuando abunda el polvo,  $t$  es igual a 70 horas); H.P. potencia de operación, y F.O. es factor de operación; y por último  $P_e$ , es el precio del aceite que consume la máquina.

c. Cargo por consumo de llantas.- Las llantas sufren también una depreciación derivada del uso de las mismas, por lo que es necesario repararlas y renovarlas periódicamente y reemplazarlas cuando han llegado al fin del periodo de su vida económica.

Este cargo está representado por:

$$LL = \frac{Vi}{Hv}$$

En donde:

LL.- Es el cargo por consumo de llantas por hora efectiva de trabajo.

Vi.- Representa el valor de adquisición de las llantas, considerando el precio para llantas nuevas de las características indicadas por el fabricante de la máquina.

IV.- Representa las horas de vida económica de las llantas, tomando en cuenta las condiciones de trabajo impuestas a las mismas. Se determina por experiencia considerando: ver Tabla No. 3. En donde:

Condición 1.- Es el mantenimiento; 2.- Velocidad de tránsito; 3.- Condiciones de la superficie de rodamiento; 4.- Posición de la llanta; 5.- Cargas de operación; 6.- Densidad y grado de curvas en el camino; 7.- Pendientes de los caminos; 8.- Condiciones diversas.

### 3. Cargos por operación.

Es el que se deriva de las erogaciones que hace el ingeniero contratista por concepto del pago de salarios del personal encargado de la operación de la maquinaria por hora efectiva de trabajo.

Este cargo lo representa la siguiente ecuación:

$$O = \frac{S T}{H}$$

En donde:

O: es el cargo por operación del equipo por hora efectiva de trabajo.

H: Representa las horas efectivas de trabajo que se consideran para la máquina dentro del turno.

S T: representa los salarios por turno de personal necesario para operar la máquina. Estos salarios están en base al tabulador vigente para operadores de maquinaria, atendiendo a la clase de máquina, capacidad y responsabilidad delegada al operador, condiciones de trabajo, zona de trabajo etc.

TABLA No. 3

FACTORES DE CONSERVACION DE LAS LLANTAS DEL EQUIPO DE CONSTRUCCION Y VIDA ECONOMICA DE LAS MISMAS

CONDICION	1	2	3	4	5	6-7	8	FACTOR	VIDA
								TOTAL	ECONOMICA
CAMIONES DE CARRETERA	1.0	0.85	0.90	0.95	1.0	0.90	1.0	65.405	3270 ( )
	0.9	0.90	0.80	0.95	1.0	0.70	0.90	38.783	1940 ( )
CAMIONES PESADOS DE TERRACERICAS	1.0	0.90	0.80	0.95	1.0	0.85	1.0	58.14	2900
	0.9	1.00	0.70	0.95	1.0	0.70	0.90	37.706	1900
ESCREPAS Y MOTOESCREPAS	1.0	1.00	0.80	0.75	1.0	0.85	1.0	51.0	2550
	0.9	1.00	0.70	0.75	1.0	0.70	1.0	33.07	1650
MOTOCON- FORMADORA	1.0	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.00	0.80	0.90	1.0	0.70	1.0	45.35	2270
PALAS CARGADORAS	1.0	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	1.0	61.20	3060
	0.9	1.00	0.80	0.90	1.0	0.85	0.9	49.57	2480
TRACTORES	1.0	1.00	0.80	0.80	1.0	0.85	1.0	54.40	2720
	0.9	1.00	0.80	0.80	1.0	0.70	0.9	36.288	1815
APISONADORAS	1.0	1.00	0.80	1.00	1.0	0.85	1.0	68.0	3400
	0.9	1.00	0.80	1.00	1.0	0.85	1.0	61.2	3060

( ) NOTA: En los subrenglones superiores se consignan los valores correspondientes a condiciones normales promedio.

En los subrenglones inferiores se consignan los valores correspondientes a condiciones adversas.

*Este salario debe comprender todos los cargos para fijar un salario real.*

#### *4. Cargos por transporte.*

*Es el cargo correspondiente a las erogaciones necesarias para transportar la maquinaria al lugar en donde va a hacer empleada, y se debe considerar para la integración del precio unitario.*

*Para comprender en forma general lo que se ha mencionado en los cuatro puntos anteriores vemos el siguiente formato (hoja No. 42).*

*En México la contratación de constructoras para la realización de obras es por medio de concursos.*

*El contratista analiza los costos de cada uno de los proyectos de las diferentes constructoras que compiten en el concurso, y lógicamente, contrata a la constructora que brinde los costos más bajos razonables.*

*Por otra parte, debido a la actual crisis económica, no existen un gran número de obras por realizar, por lo que las constructoras para tener mayor competitividad en los concursos, estudian la forma de ofrecer mejores costos. Existen casos en los que suprimen o cambian conceptos de cargos para reducir los costos directos y obtener mayores utilidades. Esto crea que se llegue a diferentes criterios en los que principalmente los cargos fijos son el centro de atención.*

*El ingeniero constructor debe realizar estudios para ofrecer mejores costos, más tiene que prever que éstos sean factibles tanto a cortos como a largos periodos de tiempo, por ejemplo:*

*Existen constructoras que manejan la depreciación dentro del concepto*

<b>CONSTRUCTORA</b> _____ <b>OBRA</b> _____	<b>MAQUINA:</b> _____ <b>MODELO</b> _____ <b>DATOS ADIC.</b> _____	<b>HOJA Nº</b> _____ <b>CALCULO</b> _____ <b>REVISO</b> _____ <b>FECHA</b> _____
--	--	---

**DATOS GENERALES**

PRECIO ADQUISICION \$ _____ EQUIPO ADICIONAL _____ VALOR INICIAL (V <sub>e</sub> ) \$ _____ VALOR RESCATE (W) % = _____ TASA INTERES (I) % _____ PRIMA SEGUROS (S) % _____	FECHA COTIZACION: _____ VIDA ECONOMICA (V <sub>e</sub> ): _____ AÑOS HORAS POR AÑO (H <sub>a</sub> ) _____ hr/año MOTOR _____ DE _____ H.R. FACTOR OPERACION _____ POTENCIA OPERACION: _____ H.R. O.P. COEFICIENTE ALMACENAJE (K): _____ FACTOR MANTENIMIENTO (Q): _____
---	---

**I- CARGOS FIJOS**

a) DEPRECIACION	$D = \frac{V_e - V_r}{V_e}$	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
b) INVERSION	$I = \frac{V_e + W}{2 H_a}$	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
c) SEGUROS	$S = \frac{V_e - V_r}{2 H_a}$	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
d) ALMACENAJE	A = KD	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
e) MANTENIMIENTO	M = QD	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
<b>SUMA CARGOS FIJOS POR HORA</b>								<b>S</b>	_____

**II CONSUMOS.**

a) COMBUSTIBLE:	E = e P <sub>e</sub>	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
	DIESEL: E = 0.20 x	_____ H.P. op x 3	_____ /lt.	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
	SABOLINA: E = 0.24 x	_____ H.P. op x 3	_____ /lt.	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
b) OTRAS FUENTE DE ENERGIA:	_____								
c) LUBRICANTES L = a P <sub>e</sub>	_____								
	CAPACIDAD CARTER: C = _____	litros							
	CAMBIO ACEITE: t = _____	horas							
	$e = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$	x _____ H.P. op = _____ lt/hr							
	$\therefore L = \frac{C}{t} + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$	x _____ H.P. op x _____ hr							
d) LLANTAS: LI = $\frac{VLL}{Hv}$	(VALOR LLANTAS) / (VIDA ECONOMICA)								
	VIDA ECONOMICA = Hv = _____	horas							
	$\therefore LI = \frac{VLL}{Hv}$	= _____ horas							
<b>SUMA CONSUMOS POR HORA</b>								<b>¢</b>	_____

**III OPERACION**

BALARIOS: S	OPERADOR	S	_____	_____	_____	_____	_____	_____	
SAL/TURNO-PROM	S	_____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	
HORAS/TURNO-PROM. (H)	H = S HORAS	= _____	(FACTOR RENDIMIENTO) = _____	= _____	HORAS	= _____	x _____	= _____	
$\therefore$ OPERACION = O = $\frac{S}{H}$	_____	x _____	= _____	x _____	= _____	x _____	= _____	_____	
<b>SUMA OPERACION POR HORA</b>								<b>S</b>	_____

**COSTO DIRECTO HORA MAQUINA (HMD) ¢ \_\_\_\_\_**



utilidad y no el de cargo. Esta política no es factible ya que no prevé el reemplazo de la maquinaria por lo que la escaseara y tendrá que importarla; Es to si cuenta con el suficiente capital para comprarla.

Las empresas constructoras tienen que prever este tipo de políticas, porque llegará el momento en el que ya no se cuente con el suficiente equipo para realizar óptimamente los trabajos y tampoco alcance el capital para su compra. Esto acarreará que constructoras extranjeras que cuentan con el equipo idóneo, brinden mejores precios de operación.

La industria de la construcción mexicana está soportando todos los embates de una compleja crisis económica. No debemos añadir a ésta una mala previsión por la cual la construcción en México deje de ser autosuficiente.

### 1.2.2 RENDIMIENTO DE MAQUINARIA (R M)

Para conocer los rendimientos de la maquinaria existen fundamentalmente tres métodos; los que utilizan gráficas o nomogramas, los que vienen especificados de fábrica y los que se determinan por medio de fórmulas. En todos los casos estamos hablando de RENDIMIENTOS TEÓRICOS.

Para los objetivos de esta tesis trabajaremos con rendimientos determinados por medio de fórmulas, ya que estos analizan de una manera sencilla todos los factores que intervienen para el conocimiento de un rendimiento.

Primero veamos los rendimientos de nuestros equipos.

Del grupo No. 1: Palas mecánicas, dragas y retroexcavadoras el rendi-  
miento es:

$$R = \frac{3600 \times 0.764 \times FV \times Q \times E \times K}{T} \text{ M}^3/\text{hr.}$$

Para el grupo No. 2; "tractores". (Bulldozer y Angledozer)

$$R = \frac{60 E Q K x FV}{T} = M^3/hr.$$

Donde en ambos casos:

R = Rendimiento en  $M^3/hr.$

Q = Capacidad de carga de la cuchilla y en el caso del grupo No. 1 volumen del cucharón ( $yd^3$ ).

K = Factor de carga por material arrastrado y en el caso del grupo No. 1 es el factor de llenado del cucharón.

FV = Factor volumétrico. (Tabla No. 1). Ver hoja No. 31.

T = Tiempo empleado en efectuar el ciclo. (Este está compuesto por todas las maniobras que tenga que hacer la máquina).

E = Factor de rendimiento. (Tabla No. 4). Ver hoja No. 54

Para obtener la capacidad de la carga de la cuchilla se puede utilizar la fórmula siguiente:

$$V = \frac{L h^2}{2 \tan \theta}$$

Donde L = Longitud de la hoja en M.

h = Altura de la hoja en M.

$\theta$  = Angulo de reposo del material.

En terrenos inclinados el rendimiento se reduce de 2 a 4% por cada 1% de pendiente hacia arriba y de 2 a 8% por cada 1% de pendiente hacia abajo.

"Escrapas".

$$R = \frac{60 Q E}{T}$$

Donde R = Rendimiento en M<sup>3</sup>/hr.

Q = Capacidad de la máquina en M<sup>3</sup>

T = Tiempo en efectuar el ciclo, y en este caso t:

$$T = \frac{N S}{V E}$$

Donde N = Número de pasadas hasta el término del trabajo.

S = Distancia del recorrido por pasadas.

V = Velocidad durante el trabajo.

E = En ambos casos es el factor de rendimiento.

"Cargadores".

$$R = \frac{60 Q E \times 0.764 \times FV}{T}$$

Donde R = Rendimiento de la máquina en M<sup>3</sup>/hr.

Q = Capacidad nominal del cucharón (yd<sup>3</sup>)

K = Factor de llenado del cucharón.

E = Factor de rendimiento de trabajo. [Incluye tiempos muertos].

FV = Factor volumétrico.

T = Tiempo del ciclo en minutos.

Los valores T y K se consignan en las tablas 5 y 6 respectivamente.  
(Ver hojas Nos. 54 y 55).

Para el grupo No. 3 la máquina que falta por ver es la:

"Motoconformadora".

$$R \sigma T = \frac{D \times N}{v \times E}$$

Donde  $D$  = Distancia recorrida en cada pasada (km.)

$N$  = Número de pasadas que se requieren para realizar el trabajo.

$v$  = Velocidad de operación (km/hr).

$E$  = Factor de rendimiento de trabajo.

$R \sigma T$  = Para calcular el rendimiento de estas máquinas se tiene que realizar en base al tiempo de trabajo.

Para el grupo No. 4.

$$R = \frac{Q \times 60 \times E}{t}$$

Donde  $R$  = Rendimiento en  $M^3/hr.$

$Q$  = Capacidad de la máquina en  $M^3$ .

$E$  = Factor de rendimiento de trabajo.

$t$  = Tiempo empleado en un ciclo de trabajo.

Este rendimiento incluye en forma general a los camiones para dentro y fuera de carreteras.

Para el grupo No. 5.

"Desgarradores".

$$Ra = \frac{E \times v \times a \times h}{N}$$

Donde  $Ra$  = Volumen del material aflojado medido en banco  
(en  $M^3/hr.$ ).

- E = Coeficiente de corrección incluyendo pérdidas por tiempo.  
 v = Velocidad promedio en M/hr. La cual es del orden de dos a tres kilómetros por hora.  
 a = Ancho efectivo de la faja roturada.  
 h = Profundidad efectiva de penetración en metros.  
 N = Número de pasadas hasta dejar aflojado el material que se aró.

"Compactadores".

$$R = \frac{A \times v \times e \times C \times 10}{N}$$

Donde R = Rendimiento en M<sup>3</sup>/hr.

- A = Ancho compactado por la máquina en M.  
 v = Velocidad en Km/hr.  
 e = Espesor de la capa en cm.  
 C = Coeficiente de reducción que es del orden de 0.6 a 0.8.  
 N = Número de pasadas hasta obtener la compactación requerida.  
 10 = Factor de conversión de unidades.

Como pudimos observar en las fórmulas anteriores de rendimiento, existen fracciones como las siguientes:

3600 = Factor de conversión de unidades, de segundos a horas.

0.764 = Factor de conversión de unidades, de yardas cúbicas a metros cúbicos.

60 = Factor de conversión de unidades, de minutos a horas.

10 = Factor de conversión de unidades, de km-cm a metros.

### 1.2.3 CONCEPTOS GENERALES

*Vida útil de maquinaria.*- Toda máquina durante los tiempos de su utili zación y periodos en que se encuentra ociosa, sus partes y mecanismos van su - friendo desgastes y deméritos, esto es debido a múltiples factores como pueden ser: fallas de fabricación, falta de protección contra agentes atmosféricos, - desgastes normales, vibraciones y fricción en sus partes móviles, manejo de di - ferentes operadores e irresponsabilidad de los mismos, descuidos técnicos, etc. Por esta razón las partes de la máquina deben de ser reparadas o sustituidas - para que la máquina pueda constantemente habilitarse para trabajar y producir con eficiencia y economía. Tales desgastes y deterioro irremediamente cau - san que la posesión y trabajo de la máquina sea un gravamen para el propieta - rio; entonces la vida útil de la máquina será cuando la posesión y trabajo de ésta constituya un bien de producción.

*Vida económica de la máquina.*- La vida económica de la maquinaria es - el periodo de tiempo durante el cual la maquinaria puede operar en forma efi - ciente, realizando un trabajo ECONOMICO, satisfactorio y oportuno; siempre y - cuando ésta sea CORRECTAMENTE MANTENIDA Y CONSERVADA.

*Valor de rescate de una máquina.*- Este es el valor comercial que tiene una máquina al final de su vida económica. Se acostumbra considerar el valor - del rescate, como un porcentaje del precio de adquisición de la máquina, que - puede variar entre 5% y 20%, como regla general se usa un 10%.

Como se pudo observar en los rendimientos existen las literales "T", "Q", "FV", "K", y por último "E".

"T" Es el tiempo de un ciclo, principalmente está ligado a las diferen - tes máquinas que emplean varias operaciones para acompletar correctamente un -

trabajo, el cual determina el tiempo total en minutos de los ciclos de trabajo.

"Q" Es la capacidad de los receptáculos, es sólo un término general - que se refiere a las cajas de los camiones, cucharones para excavar y transportar, cucharones de las palas y de las escrepas, y a las hojas y cuchillas del bulldozer, angledozer y conformadoras.

La capacidad del receptáculo, está dada directamente por el fabricante en yardas cúbicas y puede ser enrasada o colmada.

"FV" Es el factor de abundamiento (conceptos antes mencionados en conocimientos generales, Tabla No. 1, punto 1.1.1).

"K" Factor de eficiencia del cucharón. La proporción entre la cantidad de material en el receptáculo y la capacidad real en yardas sueltas, se llama factor de eficiencia del cucharón.

"E" Factor de eficiencia de la máquina el cual también se le conoce como factor de rendimiento de trabajo o eficiencia general. Básicamente el factor de eficiencia representa las pérdidas del rendimiento en el equipo, las - cuales están en función directa de las condiciones mismas de la máquina, de la adaptación que ésta tenga para un cierto trabajo, de las condiciones que se encuentra la obra y de la capacitación del operador y personal mecánico.

En general los factores de eficiencia pueden dividirse en dos tipos, - de condiciones de obra y administración.

Los de administración son aquellos que dependen de condiciones tales - como coordinación entre máquinas, parado de circulación, calidad de mantenimiento de la máquina etc. En otras palabras son los factores que dependen directamente de la responsabilidad y capacidad HUMANA.

Los de condiciones de obra son aquellos que dependen de condiciones tales como la superficie del suelo, topografía, estación del año, adaptabilidad de la máquina etc.

En la Tabla No. 4, se dan los factores de eficiencia en función de las condiciones de obra y administración, así como los valores del rendimiento general en función de estos últimos.

En los párrafos anteriores hablamos de las características generales, costos y rendimientos de la maquinaria pesada, así que ahora hablaremos algo de la operación.

La buena operación empieza por escoger el equipo adecuado al trabajo a ejecutar. Una vez escogido. ¿Cómo empezar? Lo primero son "estacas" bien colocadas y que exista personal permanente para reponerlas siempre que se necesiten, una obra sin estacas no tiene buena operación, las debe haber siempre -de día de noche (sin excusa) visibles -iluminadas de noche si es necesario, para que el operador sepa donde excavar- donde tirar. Si no tiene estacas no sabe dónde trabajar, además todo el trabajo fuera de estacas es inútil, encarece el trabajo.

Empezando el trabajo con la máquina adecuada se debe procurar que las máquinas no trabajen ladeadas -que no excaven o carguen hacia arriba, si es posible-, que los sitios de tiro o colocación del material excavado, permitan operar al equipo sin ladeo transversal, los recorridos deben estar conformados, firmes, aún los tractores necesitan buen camino, no son tanques de guerra.

Las escrepas, motoescrepas, camiones chicos, grandes, de servicio; necesitan buenos caminos con el objeto de ahorrar; llantas, torceduras, muelles, suspensiones.



Los "CODOS" son un desastre en la operación; imponen esfuerzos enormes al equipo reducen la velocidad, alargan el ciclo, reducen la vida de las llantas no menos de 20%; producen accidentes: volteadas, choques, salidas del camino.

Quando un camino no tiene visibilidad debe tener banderero.

Una máquina bien operada se ve trabajando "SUAVE", "GRADUAL". No hay movimientos bruscos. El superintendente puede notar que en el momento de carga el motor responde al esfuerzo acelerado, mayor ruido y humo (claro) en el escape, después desaparece esta condición, ahora bien si al iniciarse la carga, el motor no responde en la forma indicada anteriormente, quiere decir que algo anda mal, puede ser el operador que está flojeando, pero puede ser mal de la máquina; no le llega combustible por filtros, válvulas, gobernador, anillos en fin, la máquina no debe trabajar así, se debe revisar y arreglar, seguirla trabajando así, sólo acelera su destrucción y en sitios escarpados, angostos, puede producir accidentes, pérdida de la máquina y del operador.

Como se ve otra vez de lo anterior, la "VISTA" es muy importante, el superintendente debe de tener los ojos abiertos y por instinto percibir lo anterior.

Quando un superintendente se acostumbra al sonido de una máquina nueva y en buen estado, inmediatamente nota cuando no lo está.

La brusquedad de movimientos o contactos no se deben permitir nunca, las máquinas sufren esfuerzos considerables con los impactos toda ella, desde el sitio donde directamente se produce hasta el sitio más lejano de la misma, afectando bastidores, motor, embraque, caja de velocidades o transmisión, mando final, tránsito y operador también. En las máquinas que usan cables se acorta su vida.

El operador es parte muy importante de la buena operación.

Al llegar a una obra se le debe indicar al operador, qué estado de ajuste, para buena operación, deben tener pedales y palancas y las diversas presiones y temperaturas que deben tener sus indicadores en el tablero. Debe uno asegurarse que se aprenda lo anterior, con esto al llegar el operador a empezar su turno lo primero que debe hacer es:

Revisar su máquina exteriormente verla todo alrededor: tránsito, dientes, cables, cuchillas, roturas, luz (si va a trabajar de noche), nivel de aceite. Ya en el asiento del operador mueve pedales y palancas con el motor sin funcionar (los pilotos de aviones hacen lo mismo, con una lista de verificación, antes de arrancar un motor); una vez hecho lo anterior y asegurándose que ninguna persona tiene las manos en el abanico, cadenas o malacates, arranca su motor teniendo siempre su transmisión en NEUTRAL.

Calienta su motor observando sus presiones de: lubricación, sistema hidrógeno, aire de operación o frenos.

Si el turno anterior informó de algún ajuste o reparación necesaria, verificará o preguntará si ya la hicieron; en caso contrario pedirá instrucciones especiales de operación o probablemente no pueda trabajar la máquina ese turno. Deberá revisar sus graseras; él se puede dar cuenta si omitieron alguna, deberá insistir la engrasen. Si su máquina necesita reparación y entra a TALLER que puede ser el sitio mismo donde trabaja, deberá ayudar a la reparación con el objeto de que aprenda a conocer su máquina, así se dará cuenta de lo que puede suceder o no, si cuando nota algo en su máquina deberá pararse inmediatamente o trabajar más despacio, con menos carga hasta la terminación del turno. Independientemente de lo anterior SIEMPRE INFORMARA, de lo que note mal inmediatamente.

NOTA: El superintendente de la obra es en quien recaer toda la responsabilidad de cuidado y mantenimiento de la maquinaria.

Como podemos observar los factores que intervienen en el rendimiento de la maquinaria dependen de la responsabilidad y capacidad del operador, así como del sistema administrativo de la empresa constructora que emplea esta maquinaria.

LO QUE REDITUA ECONOMIA en el campo de la construcción merece plena atención ya que los mayores rendimientos con un buen mantenimiento y una buena operación darán a la maquinaria una mayor vida útil y una mejor vida económica.

TABLA 4

FACTORES DE RENDIMIENTO DE TRABAJO EN FUNCION DE LAS  
CONDICIONES DE OBRA Y DE LA CALIDAD DE ADMINISTRACION.

CONDICIONES DE LA OBRA	COEFICIENTE DE ADMINISTRACION			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
EXCELENTES 1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS 0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
REGULARES 0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS 0.75	0.63	0.61	0.57	0.52

TABLA 5

TRABAJO EJECUTADO	TIPO DE TRANSMISION	
	DIRECTA	SERVO-MOTORES
PALA EQUIPADA CON ORUGAS EXCAVANDO EN:		
MATERIAL AMONTONADO	0.35	0.25
EXCAVACION EN BANCO	0.60	0.45
PALA EQUIPADA CON NEUMATICOS:		
EXCAVACION DE MATE- RIAL AMONTONADO	-----	0.20

TIEMPO FIJO DEL CICLO DE TRABAJO DE  
PALAS CARGADORAS (minutos)

TABLA No. 6

## FACTOR DE LLENADO PARA CUCHARONES DE PALAS CARGADORAS (K)

CAP. NOMINAL DE CUCHARON (yd <sup>3</sup> )	3/4	1	1.1/2	2	2.1/2	3	3.1/2	4
MATERIAL EXCAVADO								
ARCILLA HUMEDA O ARENOSA LIGERA	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.16	1.20	1.22
ARENA O GRAVA	0.93	0.93	0.96	0.96	0.96	0.98	1.02	1.02
TIERRA COMPACTADA	1.00	1.00	1.00	1.05	1.05	1.05	1.08	1.08
ARCILLA DURA Y TENAZ	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
ARCILLA COHESIVA HUMEDA	1.10	1.10	1.10	1.12	1.12	1.12	1.16	1.18
ROCA BIEN TRONADA	0.60	0.70	0.70	0.80	0.80	0.90	0.95	0.95
ESCOMBROS CON PIEDRAS Y RATCES	0.85	0.85	0.90	0.90	0.90	0.95	0.95	0.95

**CAPITULO SEGUNDO**

## II. LA CAPACITACION Y LA INSTRUCCION DE OPERADORES Y PERSONAL MECANICO

La maquinaria pesada es la mayor inversión en la industria de la construcción, los altos costos de operación, mantenimiento y reparación, pueden ser reducidos considerablemente cuando se les controla, opera y mantiene con personal debidamente CAPACITADO.

Por otra parte, la existencia de las leyes constitucionales establecidas en el artículo 123, y los derechos y obligaciones en materia de capacitación y adiestramiento explicitados en el artículo 153 de la Ley Federal del Trabajo, competen directamente al patrón.

Por tales motivos, la CAPACITACION es un renglón de suma importancia en toda empresa constructora, no sólo por la obligación, sino también por los grandes beneficios que nos brinda.

### II.1 NECESIDAD DE CAPACITAR

México, pasa por un momento histórico de evidente crisis económica y estructural, esta propicia entre otras cosas, que un gran núcleo de población desde temprana edad, abandone los centros educativos para intentar ubicarse en la actividad productiva, en búsqueda de mejores condiciones de vida. Ello genera, que se llegue a la edad adulta con mínimos niveles de educación. En la industria de la construcción este problema es palpable. Por lo general, el perso

nal que tiene estos niveles de escolaridad, no se interesa por el trabajo, debido a que tiene un bajo prestigio social y sobre todo, porque desconoce las posibilidades de ingreso que puede lograr.

Además, gran porcentaje de las empresas constructoras laboran con equipos pesados de marca extranjera, debido a que México, no posee una tecnología depurada para la fabricación de su propio equipo, originando con esto que la obtención de maquinaria, así como sus refacciones sean de importación.

México ha tomado cartas en el asunto para alcanzar una tecnología, que pueda competir en el mercado de maquinaria pesada, contra marcas extranjeras, y así, evitar las grandes erogaciones que por concepto de importación se generan (gira presidencial a Europa, junio 1985).

Mientras alcanzamos dicha tecnología, pasarán a lo menos 10 años. La industria de la construcción no puede parar, puesto que es un brazo para el desarrollo del país y en esta década, existen obras y proyectos a realizar, para los cuales, tenemos la necesidad de actuar lo más pronto posible.

Nuestros operadores y personal mecánico a cargo de equipos pesados de construcción, son personal que se ha hecho en base a experiencia, indudablemente que ésta, es un factor importante para la operación, mantenimiento y reparación del equipo. Sin embargo, en gran parte de su trabajo adquieren mañas, deficiencias que si no son atendidas a tiempo, el personal las tendrá durante toda su vida, éste a su vez, enseñará a su aprendiz y sus carencias en el trabajo, jamás podrán ser detectadas, veamos lo siguiente:

Es muy común observar en los operadores, que dejan al pie sobre los pedales de la máquina en el momento de estar trabajando con ella, esta deficiencia que se ve tan insignificante, no lo es en el momento de reparar la máquina.



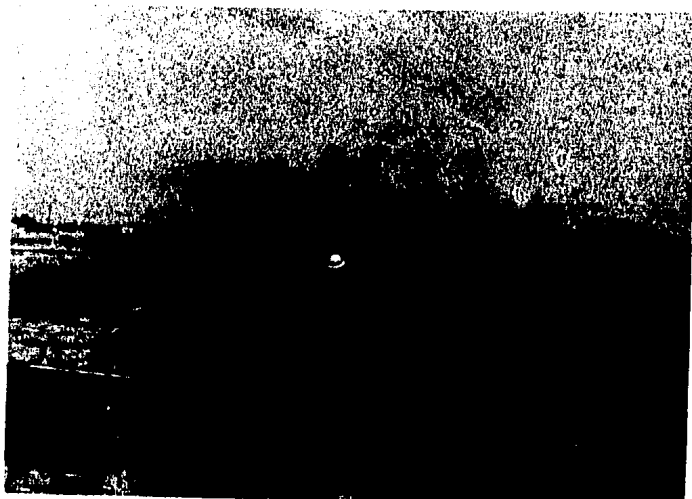
El dejar el pie en el pedal, repercute un desgaste adicional en el clutch y en el sistema de paso de combustible, por el cual, la máquina tendrá que ser repa rada ANTES DE LOS PREVISTO. También en ocasiones se ve que la máquina tira - agua del radiador, y tanto el operador como su aprendiz hacen caso omiso de es ta avería. Al estar roto el radiador, el sistema de enfriamiento no puede es - tar a mayor presión que la atmosférica, por lo que el agua hervirá y se conver tirá en vapor, éste se alojará en las partes superiores de las cámaras de en - friamiento y formará trampas hidráulicas que obstaculizarán la circulación del refrigerante, provocando la rotura de las cabezas y por lo tanto una repara - ción mayor a la máquina, casos como éstos existen muchos, muchos más.

El 80% del capital de las empresas constructoras lo constituyen maqui - naria y equipos ya sean pesados o ligeros. La adquisición del equipo pesado - por marca, modelo y tamaño, oscila entre los 15 y 100 millones de pesos, "esta - mos trabajando con equipo de millones de pesos", éste no debe quedar en manos de ineptos e irresponsables. Más aún, cuando este personal provoca imprevistos (valga la redundancia).

Para los casos anteriores, en que el operador deja el pie sobre el pe - dal y el descuido del personal, existe una persona que les hace ver estas defi - ciencias; esta persona es el INSTRUCTOR, el cual ha sido capacitado para serlo y en el momento de llamar la atención al personal, lo está CAPACITANDO. Sin em bargo, no sólo basta capacitar al personal en su labor, sino también hay que - capacitarlo en su educación. Incrementando el nivel educativo del personal, po - drá asimilar fácilmente el concepto de RESPONSABILIDAD que gira en torno a él.

Dando al trabajador una capacitación BALANCEADA, tendrá un panorama de sus DERECHOS Y OBLIGACIONES, para poder determinar así, el camino que debe to - mar para incrementar su nivel de vida y por ende, el desarrollo de la empresa donde labora.

Además, si tenemos la política de capacitar a todo el personal tanto en su labor como en su educación (capacitación balanceada), en el momento de adquirir maquinaria pesada hecha en México y con tecnología mexicana, tendremos un panorama y experiencias de los buenos resultados que ofrece la capacitación. Por lo que me permito decir: "La capacitación es una política de economía a corto, mediano y a largo plazo".



## CAPACITACION

### 11.2 CAPACITACION E INSTRUCCION

La CAPACITACION concibe a la instrucción, como un hecho educativo por medio del cual se propicia el aprendizaje de los trabajadores para el dominio de sus tareas.

La INSTRUCCION es la actividad realizada por los profesores o instructores para conducir el aprendizaje de sus alumnos o participantes.

### II.2.1 CAPACITACION

Utópicamente lo mejor para la empresa constructora sería capacitar a todo el personal, para evitarse entre tantos, problemas de autoridad. Desafortunadamente no a todo el personal le interesa la capacitación, motivos sobran: modos de pensar, costumbres, experiencias, cultura, idiosincracia, etc. Parece rd mentira, pero no a toda la gente le interesa superarse. "Los calcetines, ni a la fuerza entran". Por otra parte, los costos por motivo de capacitación va-rlan dependiendo del tipo y nivel del curso entre los \$30,000.00 y \$50,000.00 pesos por persona. Si capacitamos a una persona que no le interesa, nuestro dinero está perdido. Pero si capacitamos a una persona que le interesa desarro- llarse así mismo y en la empresa, no estamos hablando de una erogación, sino- de una inversión. Es muy posible que esta persona en un futuro quiera ser ins- tructor; instructor de NUESTRA EMPRESA, con los LINEAMIENTOS Y POLITICAS DE LA EMPRESA Y PARA NUESTRA GENTE.

Por esto, antes de mandar gente a capacitar, lo más importante es que el patrón, como los jefes de departamento y todos aquellos que estén al mando de personal, lleven a cabo una campaña de sensibilización y motivación para la capacitación, tanto del personal del que están a cargo como de sí mismos". Pa- ra saber mandar, hay que saber de qué se está mandando".

La capacitación para aquellos que tienen a su cargo personal y en el caso del área de construcción pesada, no tendrán como objetivo que aprendan a operar y reparar equipo, sino que sepan tomar las decisiones adecuadas a su nivel y a las políticas que la empresa considere más importantes.

la capacitación para maquinaria pesada se divide en dos ramas que son:

- a) Capacitación de operación.
- b) Capacitación de mecánicos.

#### 11.2.1.1 CAPACITACION DE OPERACION

Existen cursos en tres niveles de habilidades para la capacitación de operadores:

- 1. Básico; para personal que se inicia en esta actividad.
- 2. Avanzados; personal con experiencia que requiere mejorar.
- 3. Especiales; para personal que requiere mejorar la ejecución de un determinado trabajo en una máquina específica.

"1. El nivel básico de operación se describe a continuación".

##### OBJETIVO

- Identificar los diferentes componentes de la maquinaria.
- Demostrar la ejecución correcta de los trabajos básicos de aplicación de la maquinaria.

##### DIRIGIDO A

- Ayudantes de operador o personal de mantenimiento que se vayan a iniciar en operación de maquinaria.

##### REQUISITOS MINIMOS

- Primaria terminada.
- 6 Meses en operación de máquinas de construcción.

- Hay evaluaciones formativas prácticas a lo largo del curso.
- Se hace una evaluación final práctica.

#### MATERIAL DIDACTICO

- Diapositivas, videocassettes, pizarrón y manual.

#### MATERIAL DE APOYO

- Maquinaria necesaria para las prácticas del curso.

"2. El nivel avanzado de operación se describe a continuación".

#### OBJETIVO

- Describir el funcionamiento de todos los componentes de la máquina.
- Demostrar la operación correcta de la máquina.

#### DIRIGIDO A

- Operadores y ayudantes.

#### REQUISITOS MINIMOS

- Educación primaria terminada.
- Experiencia de un año en operación de máquinas de construcción.
- Haber asistido al curso básico de operación de maquinaria y practica do mínimo 6 meses después de haber aprobado ese nivel de curso.

#### LUGAR

- Es muy importante, que esta capacitación se desarrolle en el trabajo

para que el instructor vea los errores y marque las deficiencias en el momento en que se cometan. De esta manera, tendremos una capacitación DINAMICA y no crearemos tiempos muertos en la obra por el motivo de estar capacitando al personal, ya apto para el trabajo.

## TEMAS

### 1. Funcionamiento de los componentes básicos de la máquina.

#### 1.1 Motor diesel.

- Sistema de combustible.
- Sistema de inducción y escape de aire.
- Sistema de lubricación.
- Sistema de enfriamiento.

#### 1.2 Sistema hidráulico.

#### 1.3 Tren de fuerza.

#### 1.4 Sistema eléctrico.

#### 1.5 Sistema de frenos.

### 2. Preparación de la máquina, operación y mantenimiento.

### 3. Práctica en trabajos propios de la máquina.

## METODOLOGIA

- La explicación teórica es por el método expositivo.
- Después de cada tema, se realiza la aplicación práctica.

#### EVALUACION

- Se hace una prueba práctica al iniciar el curso para evaluar el nivel de conocimientos de cada participante.
- Hay evaluaciones formativas prácticas a lo largo del curso.
- Se hace una evaluación final práctica.

#### MATERIAL DIDACTICO

- Diapositivas, videocassettes, pizarrón y manual.

#### MATERIAL DE APOYO

- Maquinaria necesaria para las prácticas del curso.

"3. El nivel especial de operación se describe a continuación".

#### OBJETIVO

- Al final del curso los participantes serán capaces de ejecutar las operaciones de acuerdo a máquina y trabajo requerido.

#### DIRIGIDO A

- Operadores experimentados.

#### REQUISITOS MINIMOS

- Educación primaria terminada.
- Haber aprobado el curso avanzado de operación de maquinaria del tipo que se está solicitando.
- Haber practicado 6 meses después de haber terminado satisfactoriamente ese nivel de curso.

## LUGAR

- En la obra en construcción.

## TEMAS

- Información acerca de las operaciones en las que los participantes del curso deban ser capacitados.

## METODOLOGIA

- La explicación teórica es por el método expositivo.
- Después de cada tema se realiza una aplicación práctica individualmente.

## EVALUACION

- Se hace una prueba práctica al iniciar el curso.
- Hay evaluaciones formativas prácticas a lo largo del curso.
- Se hace una evaluación final práctica.

## MATERIAL DIDACTICO Y DE APOYO

- El material didáctico se adecuará a la máquina en cuestión.
- Maquinaria para las prácticas del curso.

## II.2.1.2 CAPACITACION PARA PERSONAL MECANICO

Existen tres niveles de capacitación para el personal mecánico:

1. Básicos, 2. intermedios, 3. de diagnóstico.



Cada nivel cuenta con los siguientes cursos: motores, sistema eléctrico, tren de fuerza y sistema hidráulico. (Estos son los COMPONENTES DE LA MAQUINARIA).

Entre las características generales de los cursos dependiendo del nivel tenemos lo siguiente:

1. Nivel básico, que se refieren a cómo hacer.

#### OBJETIVO

- Describir los principios básicos del funcionamiento de un motor, sistema hidráulico y transmisión de los equipos pesados de construcción.
- Utilizar correctamente la herramienta y aparatos de medición.
- Organizar su trabajo aplicando las normas de seguridad e higiene.

#### DIRIGIDO A

- Aspirantes de mecánica sin ninguna experiencia previa o muy limitada, procedentes de escuelas técnicas o secundarias.

#### REQUISITOS

- Secundaria completa.
- Tener tres meses mínimo trabajando en el taller de la empresa.

#### TEMAS

- Uso y manejo de manuales.
- Normas de seguridad y limpieza.

- Aparatos de medida y herramientas especiales.
- Uso y manejo de herramientas.
- Temas específicos del curso.

#### METODOLOGIA

- La explicación teórica es por el método expositivo.
- Después de cada tema se realiza la aplicación práctica individual.
- El 50% del tiempo del curso se emplea en demostraciones prácticas.

#### EVALUACION

- Se hace una prueba inicial escrita y una de habilidad manual a manera de evaluación diagnóstica.
- Hay evaluaciones formativas a lo largo del curso y una evaluación final práctica.

#### MATERIAL DIDACTICO

- Diapositivas, videocassettes, pizarrón y manuales.

#### MATERIAL DE APOVO

- Máquinas.
- Componentes de maquinaria.
- Herramientas.

2. Nivel intermedio en el cual se cubren actividades de reparación y evaluación de componentes.

## OBJETIVO

- Al final del curso los participantes serán capaces de ejecutar correctamente la reparación de los componentes básicos, de acuerdo al tipo de máquina pesada de construcción.

## DIRIGIDO A

- Mecánicos que se están preparando para analizar los problemas propios del curso.

## REQUISITOS

- Curso básico de mecánica con resultados aprobatorios.
- Experiencia en el manejo de manuales de servicio.
- Experiencia de 6 meses en reparaciones de los componentes de la maquinaria.

## TEMAS

- Funcionamiento de los componentes de la maquinaria.
- Manejo de instrumentos y herramientas.
- Utilización de manuales de servicio y mantenimiento.

## METODOLOGIA

- La explicación teórica es por el método expositivo.
- El 50% del tiempo del curso se emplea en demostraciones prácticas.
- En el contenido del curso se hace énfasis en el análisis de los pro-

blemas de los componentes de la máquina, utilizando instrumentos de verificación de funcionamiento y material de consulta adecuado.

- Solución de problemas de los componentes de la máquina para desarrollar las habilidades de los mecánicos, mediante la guía del instructor.

#### EVALUACION

- Se hace una evaluación diagnóstica escrita antes de iniciar el curso para detectar si cuentan con los conocimientos necesarios para éste.
- Hay evaluaciones formativas teóricas y prácticas a lo largo del curso.
- Evaluación final práctica y una escala estimativa de ejecución.

#### MATERIAL DIDACTICO

- Manual, diapositivas, videocassettes, pizarrón.

#### MATERIAL DE APOYO

- Componentes de maquinaria para demostraciones prácticas y herramientas.

3. Nivel de diagnóstico, enfocado a actividades de análisis.

#### OBJETIVO

- Diagnosticar por el procedimiento lógico las condiciones de funcionamiento de los componentes de la maquinaria pesada de construcción.

#### DIRIGIDO A

- Personal con un año de experiencia en reparaciones de los componentes de la maquinaria.

#### REQUISITOS

- Curso intermedio con resultado aprobatorio.
- Experiencia de un año en trabajos de los componentes de la maquinaria.
- Utilizar las herramientas adecuadas y los manuales de servicio.

#### TEMAS

Específicos de los componentes de la maquinaria pesada en construcción.

#### METODOLOGIA

- La explicación teórica es por el método expositivo.
- Después de cada tema se realiza la aplicación práctica individualmente.
- El 80% del contenido del curso es del tipo práctico.
- Se resuelvan problemas de los componentes de la maquinaria para desarrollar las habilidades de los mecánicos mediante la guía del instructor.

#### EVALUACION

- Se efectúa una evaluación diagnóstica antes de iniciar el curso para

detectar si cuenta con los conocimientos necesarios para este.

- Hay evaluaciones formativas teóricas y prácticas a lo largo del curso.
- Se hace una evaluación final práctica y una escala estimativa de ejecución.

#### MATERIAL DIDACTICO

- Manuales, diapositivas, videocassettes y pizarrón.

#### MATERIAL DE APOYO

- Herramientas e instrumentos de diagnóstico.
- Maquinaria pesada de construcción en condiciones de funcionamiento.

Además de los tres niveles antes mencionados, existen cursos para los mecánicos de MANTENIMIENTO en dos tipos: intermedio, dirigido al personal que realiza el mantenimiento directo, y el avanzado, para personal que requiere organizar, supervisar y aprovechar los recursos para mantener las máquinas en producción, al menor costo posible.

El curso intermedio de mantenimiento tiene las siguientes características:

#### OBJETIVO

- Utilizar correctamente los manuales de lubricación y mantenimiento.
- Describir los principios de funcionamiento de los componentes básicos de las máquinas.

- Describir los tipos de aceite y grasa lubricante, sus características y su correcto empleo.
- Realizar la calibración de válvulas de un motor diesel y los ajustes de mantenimiento rutinario.

#### DIRIGIDO A

- Mecánicos que estén realizando funciones de mantenimiento rutinario al equipo. No está orientado a aquellos que organizan al personal de mantenimiento, ni al que esté efectuando reparaciones mayores de maquinaria pesada.

#### REQUISITOS

- Experiencia de 6 meses en trabajo de mantenimiento de maquinaria pesada para construcción.
- Secundaria terminada.

#### TEMAS

- Definiciones generales, mantenimiento preventivo y predictivo.
- Descripción del funcionamiento de los componentes de la máquina.
- Prácticas de mantenimiento a diferentes componentes de una máquina.
- Frecuencia de mantenimiento.
- Utilización del manual sobre mantenimiento.
- Lubricantes y combustibles.

Las características de METODOLOGIA, EVALUACION, MATERIAL DIDACTICO y MATERIAL DE APOYO, son las mismas que en el caso del nivel intermedio de capacitación para personal mecánico.

El curso avanzado de mantenimiento tiene las siguientes características:

#### OBJETIVO

- Programar mantenimiento preventivo de la maquinaria a su cargo.
- Calcular su plantilla de personal para la buena administración de mantenimiento.
- Describir el funcionamiento de todos los componentes de una máquina.
- Determinar el tipo correcto de aceites y lubricantes a utilizar en los distintos compartimientos de la máquina, describiendo sus características.

#### DIRIGIDO A

- Responsables de actividades de organización o supervisión de personal de mantenimiento preventivo o que se estén desarrollando para realizar esta función.

#### REQUISITOS

- Experiencia de un año en trabajos de mantenimiento preventivo.
- Haber asistido al curso intermedio de mantenimiento.



## TEMAS

- Mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Utilización de manuales, mantenimiento, operación y partes.
- Normas de seguridad en la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

Las características de METODOLOGIA, EVALUACION, MATERIAL DIDACTICO Y MATERIAL DE APOYO, son las mismas que en el caso del nivel intermedio de capacitación para personal mecánico.

### II.2.2 INTRUCCION

El instructor dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, es el guía de las actividades, es el asesor que orienta a los participantes a lo largo de todo el proceso.

La condición para que el asesoramiento resulte productivo, está relacionada con las actividades o posiciones que manifieste el instructor. Su actitud deberá ser abierta y respetuosa ante las diversas posiciones de los participantes, tratando siempre de encausarlas hacia el logro de los objetivos.

Deberá fungir como un recurso de apoyo al que los participantes puedan recurrir a él en el momento necesario, estimulando el análisis crítico del que aprende, y comprendiendo la responsabilidad que implica el facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El instructor tiene dos funciones básicas: identificar necesidades de adiestramiento o capacitación y planificar acciones en virtud de ellas.

La necesidad de capacitar, es para determinar los conocimientos y las

habilidades que es necesario desarrollar en los trabajadores, para que puedan realizar satisfactoriamente las actividades en su puesto de trabajo. Esto da la pauta para establecer planes de enseñanza-aprendizaje cuyos objetivos correspondan a las características y necesidades de la empresa; por ello, es necesario que el instructor sea personal interno de la empresa; es muy común que las constructoras obtengan instructores provenientes de las distribuidoras de maquinaria pesada, esta política no es conveniente ya que el distribuidor maneja una o dos marcas de maquinaria y el constructor maneja de ocho a diez.

#### II.2.2.1 INSTRUCTOR DE MAQUINARIA PESADA

El instructor de maquinaria pesada se divide en dos áreas que son:

1. Instructor de operadores.
2. Instructor de mecánica.

A continuación mostraremos la descripción de las funciones que debe realizar el instructor en cada una de estas áreas.

##### 1. INSTRUCTORES DE OPERACION.

RESPONSABLE ANTE: Jefe de maquinaria.

SUPERVISA A: Participantes durante el curso. (Operadores y ayudantes de operación).

FUNCION BASICA: Impartir cursos de capacitación a operadores de determinado tipo de maquinaria pesada para la construcción.

##### RESPONSABILIDADES ESPECIFICAS

1. Programar sus cursos en fechas y horarios de acuerdo a las instrucciones de su jefe.

2. Impartir cursos de capacitación y actualización a operadores de equipo de construcción, en los tipos de máquina que se le indica, de acuerdo a su especialidad.
3. Vigilar que el material didáctico para impartir un curso, así como los componentes y herramientas necesarias para demostraciones prácticas, estén disponibles y en condiciones de funcionamiento por lo menos media semana antes de la fecha de inicio del mismo, lo anterior incluye: guía del instructor; guía de operación, películas, transparencias, videocintas, proyectores, material para participantes y fichas de participación.
4. Participar activamente con su jefe, en el diseño y elaboración del material didáctico, para sus respectivos cursos.
5. Cumplir en forma integral con las fechas y horarios asignados a los cursos.
6. Presentar informe del desarrollo del curso, de su evaluación y de sus comentarios.
7. Obtener información relativa a la maquinaria pesada de construcción con el fin de presentar a su jefe, información pertinente al mejoramiento de los cursos y para la elaboración de nuevos programas.
8. Realizar cualquier otra actividad que le sea asignada por su jefe.

#### ESPECIFICACIONES DEL PUESTO

1. EDUCACION: Técnico mecánico especializado en operación de maquinaria pesada de construcción.

2. EXPERIENCIA: *Mínimo un año en trabajos relacionados con maquinaria pesada de construcción.*

*Haber asistido a cursos técnico-prácticos sobre maquinaria (ventas, servicio, etc.).*

*Capacidad técnica para instruir a operadores sobre los componentes de las máquinas utilizadas en construcción pesada.*

3. CONOCIMIENTOS ADICIONALES: *Tener inclinaciones a la operación y conocer el lenguaje empleado por los operadores.*

*Identificar y saber utilizar correctamente los manuales de operación empleados en la maquinaria pesada.*

*Interpretar correctamente los manuales de operación y mantenimiento, así como los de refacciones.*

*Habilidad para instruir, que disfrute enseñando a otros y entusiasta.*

*Otros conocimientos: 60% del idioma inglés principalmente la interpretación escrita.*

## 2. INSTRUCTOR DE MECANICOS

RESPONSABLE ANTE: *Jefe de maquinaria.*

SUPERVISA A: *Participantes durante el curso (mecánicos y ayudantes de mecánica).*

FUNCION BASICA: *Impartir cursos de capacitación a mecánicos de todos los sistemas que forman parte de la maquinaria pesada para construcción.*

## RESPONSABILIDAD ESPECIFICA

1. Programar sus cursos en fechas y horarios, de acuerdo a las instru  
ciones de su jefe.
2. Impartir cursos de capacitación y actualización a mecánica de equi-  
po de construcción, en los componentes que se le indique, de acuer-  
do a su especialidad.
3. Vigilar que el material didáctico y los aparatos para impartir un -  
curso así como los componentes y herramientas necesarias para demos-  
traciones prácticas, estén disponibles y en orden por lo menos me-  
dia semana antes de la fecha de inicio del mismo; lo anterior inclu-  
ye, guía del instructor, películas, transparencias, videocintas, -  
proyectores, material para participantes, ficha de participación.
4. Participar activamente con su jefe, en el diseño y elaboración del  
material didáctico, para sus respectivos cursos.
5. Cumplir en forma integral con las fechas y horarios asignados a los  
cursos.
6. Presentar informe del desarrollo del curso, de su evaluación y de -  
sus comentarios.
7. Obtener información relativa a la maquinaria pesada de construcción,  
con el fin de presentar a su jefe, información pertinente al mejora-  
miento de los cursos para la elaboración de nuevos programas.
8. Realizar cualquier otra actividad que le sea asignada por su jefe.

## ESPECIFICACIONES DEL PUESTO

1. EDUCACION: Ingeniero mecánico o técnico mecánico especializado en maquinaria de construcción.

2. EXPERIENCIA: Mínimo un año en trabajos relacionados con maquinaria pesada de construcción.

Haber asistido a cursos teórico-prácticas sobre maquinaria (ventas, servicio, etc.).

Capacidad técnica para instruir a mecánicos sobre los componentes de las máquinas utilizadas en construcción pesada.

3. CONOCIMIENTOS ADICIONALES: Tener inclinaciones a la mecánica y conocer el lenguaje empleado por los mecánicos.

Identificar y saber utilizar correctamente las herramientas empleadas en maquinaria pesada.

Interpretar correctamente los manuales de operación y mantenimiento, así como los de refacciones.

Habilidad para instruir, que disfrute enseñando a otros; entusiasta.

Conocimientos del 60% del idioma inglés, principalmente para la interpretación escrita.

Entre las responsabilidades del instructor está también, la de desarrollar sus potencialidades, mantenerse al día y superarse continuamente.

### 11.3 SISTEMA DE CAPACITACION

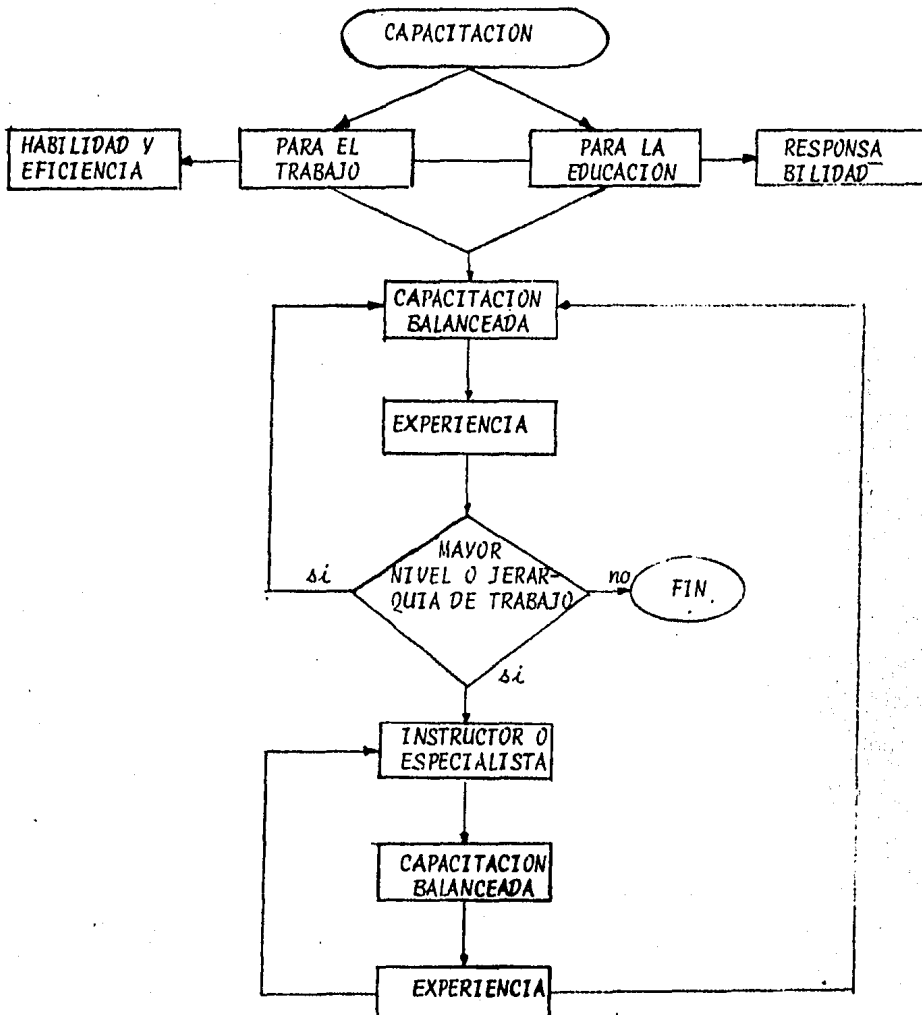
Es recomendable tener presente que la capacitación como la educación - escolar se deben de dar en cursos simultáneos, así el individuo que tome este tipo de capacitación, a la cual denominamos CAPACITACION BALANCEADA, logrará - asimilar el concepto de RESPONSABILIDAD que adquiere por subir su nivel de jerarquía del trabajo. Una vez capacitado, llevará a la práctica sus conocimientos y mejorará sus habilidades con responsabilidad. Si éste quiere tener una jerarquía inmediata superior a su puesto, la puede lograr tomando otro curso de capacitación para el puesto deseado, y con la capacitación balanceada, tendrá el criterio para asumir la responsabilidad que requiere ese nivel.

Por otra parte, si el individuo quiere ser instructor del nivel que - ocupa (que indudablemente ya es un nivel avanzado y en el cual tiene experiencia), podrá hacerlo convenientemente si cursa una capacitación para instructores.

LA CAPACITACION BALANCEADA NO ES ESTÁTICA, ES CÍCLICA E INCREMENTATIVA Y A TODOS LOS NIVELES DEL TRABAJO.

Para obtener un panorama más objetivo de lo que se ha hecho mención, - veamos el siguiente diagrama de flujo:

## DIAGRAMA DE FLUJO





Se considera que existen 3 niveles de trabajo; el obrero, el técnico y el especialista.

- 1o. El obrero deberá tener de 100 a 150 horas al año de cursos de capacitación.
- 2o. El técnico, como ingenieros o administradores, tendrán hasta el 15% de su tiempo de trabajo ocupado en cursos.
- 3o. El especialista puede llegar a tener hasta el 80% de su tiempo en estudio, ya que a él corresponde resolver problemas de gran envergadura.

La maquinaria pesada de construcción tiene una tecnología compleja y sofisticada, por tanto debe hacerse cargo de ella personal con una ESCOLARIDAD y conocimientos ACORDES A LA COMPLEJIDAD. .

En México, existe un gran organismo el cual se dedica entre otras a CREAR Y DAR cursos de capacitación con PERSONAL CALIFICADO. Este es el I.C.I.C. (Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción), el cual fue creado por la C.N.I.C. (Cámara Nacional de la Industria de la Construcción) ante la necesidad de capacitar al personal de construcción EN EL LUGAR DONDE LABORA. Además el I.C.I.C. es el mejor organismo de capacitación en toda la República Mexicana, ya que cuenta con estudios psicológicos, pedagógicos y sociales para la elaboración de sus cursos.

A todos los miembros de la C.N.I.C., el I.C.I.C. les cobra el muy adecuado porcentaje de dos al millar del monto total de la obra, por capacitar al personal en la misma obra y sobre el trabajo; esto es muy conveniente, ya que se realiza una capacitación dinámica y bajo los objetivos de política de trabajo. Además el I.C.I.C. realiza todos los trámites legales que por concepto de capacitación hay que hacer.

### **CAPITULO TERCERO**

### III. EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Uno de los objetivos de más estudio en la industria de la construcción, es la óptima conservación del equipo pesado. Los altos costos que se derivan - por este concepto, fomentan diversos criterios y procedimientos, pero todos - coinciden, en la IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO.

#### III.1 INTRODUCCION AL MANTENIMIENTO

El mantenimiento, es la acción de conservar en condiciones de seguir - operando a la maquinaria para asegurar su aprovechamiento más ventajoso. Los - costos de mantenimiento y reparación de la maquinaria pesada son elevados, y - el éxito de una empresa dependerá del control de sus costos de operación, dentro de los cuales el de mantenimiento puede ser ajustado para incidir apreciablemente en las utilidades de la empresa. Si la maquinaria de construcción no es convenientemente conservada, su eficiencia será menor y el costo de operación se incrementará innecesariamente.

La historia del mantenimiento se remonta a épocas muy antiguas, cuando se inventaron las primeras máquinas. Los mecánicos de aquellas épocas, armados de herramientas rudimentarias conservaban funcionando a las máquinas, haciendo ajustes entre frecuentes dificultades en la reparación. En muchos casos era mayor el tiempo que las máquinas estaban paradas, que las horas efectivas de producción. En la actualidad no es aceptable esta situación; la empresa que así -

lo hace y no toma medidas correctivas, le espera el fracaso en el aspecto eco-nómico.

Es importante recalcar que el mantenimiento tiene un costo que se debe analizar buscando el equilibrio con los costos de operación. Esto quiere decir que el mantenimiento, requiere control y planeación, con diferentes técnicas - de aplicación y programación para cada tipo de actividad, tamaño y política de la empresa.

### III.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

La mayoría de los autores de publicaciones técnicas y los ingenieros - de mantenimiento, mencionan cinco tipos principales de mantenimiento, los cuales son:

1. Mantenimiento por falla o por avería.
2. Mantenimiento predictivo.
3. Mantenimiento preventivo.
4. Mantenimiento correctivo.- Reparaciones menores y reparaciones mayores.
5. Mantenimiento por conjuntos o componentes.

Mucho se ha escrito sobre "tipos de mantenimiento", las referencias en libros de texto y artículos técnicos sobre este tema, podrían llevar varios libros, por lo que a continuación describiremos las características generales de cada uno de estos, tomando en consideración que en la práctica estos tipos de mantenimiento, se realizan en una gran promiscuidad.

1. Mantenimiento por falla o avería.- Este es el más rudimentario y es aquel en el que se deja trabajar a las unidades de producción hasta que se pro

duce la falla. En el momento de la avería interviene el departamento de mantenimiento para efectuar las reparaciones necesarias. Este procedimiento es el más costoso, ya que el esperar a que ocurra la falla generalmente será de envergadura y requerirá reparaciones costosas y paradas largas de la maquinaria.

2. El mantenimiento predictivo se caracteriza por ser un mantenimiento teórico. Se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregir si perjuicio al servicio. Este mantenimiento se basa en el análisis estadístico de vidas útiles, de piezas y conjuntos; el análisis físico de piezas de desgaste; el análisis de laboratorio y diagnóstico de campo.

Este mantenimiento predictivo nos proporciona el programa para el mantenimiento preventivo, como son los cambios, reposiciones y datos para el reemplazo de las piezas de más desgaste. Con esto se evitan pérdidas de producción por paradas o tiempo ocioso de maquinaria.

Este mantenimiento no es muy recomendable ya que permite el libre consumo de repuestos en reparaciones, donde el supervisor de mantenimiento reemplaza partes "por si acaso pudieran fallar". Además los análisis de laboratorio tienden a ser demasiado complejos, y en la obra son difíciles de realizar con eficacia.

3. Mantenimiento preventivo.- Este mantenimiento tiene como fin mediante un historial detallado del comportamiento de la máquina, evitar los desgastes excesivos o prematuros que hacen necesarias las reparaciones costosas y originan los tiempos muertos.

NOTA: El mantenimiento preventivo se verá en detalle en el punto III.3.

4. *Mantenimiento correctivo.*- Se entiende por mantenimiento correctivo, a corregir o cambiar las piezas que por su uso o descuido están deterioradas y no permiten el buen funcionamiento del equipo.

Tenemos dos tipos de mantenimiento correctivo:

- 1) *Mantenimiento correctivo menor* (reparaciones menores).
- 2) *Mantenimiento correctivo mayor* (reparaciones mayores).

NOTA: El mantenimiento correctivo menor y mayor se verán en detalle en los capítulos IV y V, respectivamente.

5. *El mantenimiento por conjuntos o componentes*, es una variante del - mantenimiento correctivo en cuanto a que substituye una parte o un todo de un conjunto en mal estado, o bien, una variante del mantenimiento preventivo, en lo que se refiere a evitar, mediante la substitución de un componente reparado o nuevo a tiempos predeterminados o planeados, que el componente original sea severamente dañado o inutilizado por uso excesivo.

Este tipo de mantenimiento, es el verdadero mantenimiento planeado o - programado, porque tiene la ventaja de que pueden hacerse las reparaciones fuera de obra y con mucha anticipación. Igualmente permite hacer pedidos de partes anticipadamente y a máquina abierta, lo cual se traduce en economía y eficiencia.

### III.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Mantenimiento preventivo significa atender al equipo sistemáticamente para reducir las reparaciones. Es una aplicación moderna del viejo adagio que

dice que una puntada a tiempo ahorra nueve. Una inversión moderna de tiempo - del operador y del mecánico, reembolsan una y otra vez con la mayor vida, el - mejor funcionamiento y el costo reducido de las reparaciones.

El más bajo costo en la producción se obtiene poniendo el mantenimien- to al servicio de la misma, lo que quiere decir que el mantenimiento preventi- vo para ser práctico y económico, se efectuará en la medida suficiente para ha- cer operar las unidades constantemente, en cumplimiento de sus cuotas de pro- ducción, debiendo ser sólo lo justamente requerido para reducir el costo. Lo- grar esta situación casi ideal, porque enteramente ideal sería una condición - utópica donde la maquinaria nunca sufrirla averías, requiere estudios y ensa- yos constantes.

Entonces, entendamos por mantenimiento preventivo a todas las operacio- nes de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjuntos, lubricación y - limpieza, que como rutina y a intervalos definidos, son necesarios para asegu- rar al usuario que la maquinaria y equipo que necesita están en condiciones - apropiadas para su uso inmediato.

Por lo anterior se deduce que el mantenimiento preventivo logra consi- derables ahorros y baja los costos de operación.

### III.3.1 COMO EFECTUAR EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El punto de partida es una inspección y reconocimiento de todo el equi- po, con el objeto de determinar la cantidad de trabajo que habrá que efectuar y la condición mecánica de cada unidad. Con la información lograda, se dispon- drá de un inventario completo para iniciar el historial de cada máquina o equi- po. Si ya se cuenta con información de esta naturaleza, es recomendable asegu-

rarse que sea completa, a fin de que el historial con que se inicie el nuevo plan de mantenimiento preventivo sea exacto. En algunos casos se considerará la conveniencia de dar mantenimiento a unidades en mal estado antes de arrancar con el nuevo programa.

A continuación se preparan fichas para cada máquina o unidad, en las que se registran los datos obtenidos en la mencionada inspección, (ver cuadro No. 1).

Posteriormente se realizan las frecuencias de inspección, (diaria, cada 100 hrs., cada 500 hrs., cada 1,000 hrs., etc.) en donde se enumeran todas las piezas de la máquina que requieren ser inspeccionadas y mantenidas periódicamente. Esto es con el fin de determinar el nivel óptimo de trabajo del equipo en las peculiares características del trabajo a realizar.

Las frecuencias de inspección se establecen en base a la experiencia de los ingenieros de mantenimiento, con la ayuda de información de los fabricantes mostrada en los manuales de operación, teniendo presente en todo momento que se busca un nivel óptimo de trabajo. (ver cuadro No. 2).

#### CUADRO No. 1

##### FICHA DE MANTENIMIENTO

Equipo -----	Fecha -----
Tipo -----	Modelo -----
Marca -----	Partes principales: <u>Motor, tren de fuerza,</u>
Capacidad -----	<u>Sistema eléctrico y Sistema hidráulico.</u>



CUADRO No. 2  
SERVICIO DIARIO

- A. Revisar reporte del operador. ( )
- B. Motor ( )
1. Revisar nivel de aceite del motor.
  2. Localizar fugas de aceite y corregir.
  3. Revisar temperatura de operación.
  4. Revisar tensión de las bandas.
- C. Convertidor de par y transmisión. ( )
1. Revisar nivel de aceite.
  2. Localizar fugas y corregir.
  3. Revisar temperatura y presión de operación.
- D. Sistema de enfriamiento. ( )
1. Revisar mangueras y accesorios.
  2. Revisar nivel de agua.
  3. Revisar radiador y ventilador.
- E. Sistema de combustible. ( )
1. Drenar tanque de combustible.
  2. Drenar filtros.
  3. Revisar y corregir fugas en el sistema.
- F. Sistema de aire. ( )
1. Limpiar filtro de aire
  2. Checar abrasaderas y apretar si se requiere.
  3. Revisar fugas de aire en el sistema.
  4. Checar indicador (vacuometro)

## G. Sistema eléctrico.

1. Revisar nivel de agua en baterías. ( )
2. Revisar funcionamiento del sistema generador, indicadores, luces, alambrado, motor de arranque, etc.

## H. Sistema hidráulico.

1. Revisar nivel de aceite. ( )
2. Revisar fugas en el sistema.
3. Checar su funcionamiento.

## I. Motor auxiliar (los que traigan).

1. Revisar nivel de aceite. ( )
2. Limpiar el purificador de aire.
3. Checar funcionamiento.

## J. Mandos finales y carriles.

1. Revisar nivel de aceite. ( )
2. Revisar fugas de aceite.
3. Revisar templado de las cadenas.
4. Revisar muelle estabilizadora.

K. Lectura real del horometro -----

L. Fecha de servicio -----

M. Nombre y firma del operador -----

N. Observaciones -----

## SERVICIO DE 100 HORAS

Fecha aproximada en realizar este servicio -----

## A. Revisar reportes de operación.

## B. Motor. ( )

1. Cambiar filtros y aceite. ( )
2. Corregir fugas.
3. Lubricar baleros del ventilador.

## C. Convertidor de par y transmisión

( )

1. Checar nivel de aceite.
2. Cambiar filtros y aceite a las 300 hrs.
3. Revisar tapón magnético (ver si tiene rebaba).

## D. Sistemas de aire.

( )

1. Revisar condiciones de elementos.
2. Limpiar elementos.
3. Revisar mangueras y abrazaderas.
4. Checar funcionamiento del indicador.

## E. Sistema de combustible.

( )

1. Cambiar elementos de combustible.
2. Localizar y corregir fugas.
3. Drenar tanque de combustible.

## Sistema de enfriamiento.

( )

1. Revisar nivel de agua.
2. Checar el anticorrosivo (si se usa).
3. Revisar y localizar fugas de agua en: radiador, mangueras y bomba.
4. Checar tensión de las bandas.

## G. Sistema eléctrico.

( )

1. Checar nivel de agua en las baterías.
2. Lavar y engrasar terminales.
3. Revisar generadores o alternador.
4. Checar funcionamiento del motor de arranque, (en caso de tener de este tipo).

## H. Motor auxiliar.

( )

1. Cambio de aceite y filtro.
2. Limpiar filtro de aire.
3. Drenar tanque de gasolina.

## I. Sistema hidráulico. ( )

1. Revisar nivel de aceite.
2. Revisar fugas y corregir.
3. Checar funcionamiento.

## J. Tránsitos. ( )

1. Checar templado de las cadenas.
2. Inspeccionar desgastes anormales.
3. Revisar nivel de aceites de mandos finales.

## K. Varios.

1. Apretar tornillos la suelta.
2. Lubricación general de la máquina.
3. Revisar y ajustar si es necesario embragues direccionales.
4. Revisar y limpiar respiraderos de mandos finales.

L. Lectura real del horómetro-----

M. Fecha del servicio -----

N. Nombre y firma del operador-----

O. Observaciones-----

## SERVICIO DE 500 HORAS.

Fecha aproximada en realizar este servicio-----

1. Revisar reporte del operador. ( )
2. Lavar la unidad.
3. Cambiar agua del radiador, localizar y corregir fugas en:  
radiador, bomba de agua, mangueras, etc.
4. Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de  
bandas y estado de las mismas, reemplazarlas de ser necesario.
5. Cambiar elementos de filtros de aire, revisar mangueras y apretar  
abrazaderas del sistema.

6. Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tapones de los tornillos, localizar y corregir fugas del mismo.
7. Cambiar aceites y elementos de filtros del motor.
8. Revisar nivel de agua en la batería, limpiar y engrasar terminales, revisar tensión de bandas del alternador o generador, baleros de los mismos, revisar funcionamiento del motor de arranque.
9. Revisar y drenar aceite del convertidor de tensión, lavar filtros magnético y metálico del mismo.
10. Cambiar aceite de la transmisión y elementos del filtro del mismo, lavar respiradero, cedazo y tapones.
11. Revisar tornillería, sellos y mangueras de la transmisión.
12. Cambiar aceite de la toma de fuerza, revisar ajuste de la misma, lubricar palancas.
13. Revisar embragues direccionales, si son de plástico cambiarlos.
14. Revisar aceite y elementos del filtro de mandos finales, reemplazar si es necesario.
15. Revisar y corregir ajuste de frenos de ser necesario.
16. Revisar ajuste de embrague de la dirección.
17. Revisar puente estabilizador, muelle y tacones.
18. Revisar tornillos tensor del tránsito, ajuste de bandas del mismo; ajustar baleros de las catarinas de tránsito.
19. Efectuar revisión general del tránsito, elaborar programa de reparación.
20. Apretar tornillería y tolvas sueltas.
21. Limpiar purificador de aire del motor auxiliar.
22. Revisar ajuste del embrague del motor auxiliar.
23. Calibrar bujías y platinos del motor auxiliar.
24. Lectura real del horómetro -----
25. Fecha de servicio -----

26. Nombre y firma del operador -----

27. Observaciones -----

### SERVICIO DE 1000 HORAS

Fecha aproximada en realizar este servicio-----

1. Revisar reporte del operador.
2. Lavar la unidad.
3. Cambiar agua de radiador, revisar el sistema en cuanto a fugas en: panel, bomba y mangueras.
4. Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas, reemplazarlas de ser necesario.
5. Cambiar elementos de filtro de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas.
6. Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tanque y tapones del mismo, localizar y corregir fugas del sistema.
7. Cambiar aceite y elementos de filtro en motor, localizar y corregir fugas en el sistema.
8. Revisar nivel de agua, medir densidad, limpiar y engrasar terminales de batería, revisar tensión de bandas de generador o alternador, cambiar bujes o baleros de los mismos, revisar funcionamiento del motor de arranque.
9. Efectuar afinación al motor, apretar cabezas y calibrar válvulas, revisar soplador o turbocargador.
10. Cambiar aceite a la transmisión, lavar respiradero, cedazo y tacones.
11. Revisar tornillería, sellos y mangueras de transmisión.
12. Cambiar aceite de la toma de fuerza.
13. Revisar cruceta de la toma de fuerza, ajuste de la misma lubricar palancas.

14. Lavar tanque del hidrúlico y caldera del mismo, cambiar aceite del sistema y sellos del filtro hidrúlico.
15. Revisar luces y tablero de instrumentos, localizar cables y conexiones sueltas, reemplazar cables en mal estado.
16. Revisar embragues direccionales, cambiar de ser necesario.
17. Cambiar aceite y filtro de mandos finales.
18. Revisar y corregir de ser necesario ajuste de frenos.
19. Revisar ajuste del embrague de la dirección.
20. Revisar físicamente puente estabilizador, muelle y tacones.
21. Revisar tornillo tensor del tránsito, ajustar baleros de las catarinas, revisar ajuste de las bandas del tránsito, formular informe del mismo.
22. Revisar chasis, localizando y soldando fracturas, revisar equipo bulldozer y reparar lo necesario.
23. Apretar tornillería y tolvas sueltas. -
24. Limpiar purificador de aire del motor auxiliar, revisar ajuste del embra -  
gue, ajustar y calibrar bujías y platinos en el mismo.
25. Lectura real del horómetro-----
26. Fecha de servicio -----
27. Nombre y firma del operador-----
28. Observaciones-----

Como podemos observar el pasado cuadro No. 2, contiene los datos para programar los servicios de cada máquina, estimando las fechas aproximadas en que deban efectuarse, con el fin de hacer oportunamente los preparativos para tener a la mano todo lo necesario como son: aceites, filtros, bandas, algunas refacciones, herramientas apropiadas, etc. Asimismo, deben hacerse los ajustes necesarios con la superintendencia general, a fin de interferir lo menos posi-  
ble con los programas de producción.

El renglón de LECTURA REAL DE HORÓMETRO, servirá para calificar el grado de esmero con que se cumple el programa de mantenimiento. Actuando cuidadosamente y con buen juicio, se harán ajustes al programa cuando por alguna razón deje de efectuarse algún servicio o se retrase demasiado. (Ejemplo: si un servicio de 100 hrs., se retrasa hasta las 500 hrs., será preferible cambiarlo al servicio de 500 hrs., y programar lecturas sucesivas).

La manera de conocer el tiempo que duran las operaciones menos frecuentes es por medio del contador de horas o el horómetro. Si la máquina no tiene, debe instalarse. Ya se tienen suficientes problemas con el programa de reparaciones, para tener que estar adivinando los intervalos de tiempo. Los contadores de horas eléctricos, que pueden instalarse en cualquier máquina que tenga acumulador, se conectan de manera que registren el tiempo cuando la máquina esté funcionando.

Se exige la FIRMA DEL OPERADOR para cerciorarse que los servicios se hicieron a satisfacción, ya que la falta de supervisión propiciará que el sufra las primeras consecuencias, derivadas de la deficiencia en los citados servicios.

Se insiste en recomendar como indispensable, el que cada máquina tenga su manual de operación y mantenimiento, pues para lograr buenos servicios, se requiere hacer al pie de la letra lo que ellos indican, asimismo los lubricantes y piezas de repuesto con las características y propiedades físicas que establecen dichos manuales.

Más o menos todos los manuales de operación y mantenimiento muestran con profusión de fotografía la localización de los puntos que requieren atención, la forma de hacerlos y su frecuencia. Son muy objetivos y fáciles de in-



interpretar, solamente hay que hacer lo que ahí se recomienda.

Al estudiar con empeño e interés dichos manuales, con seguridad se van a encontrar cambios sorprendidos en muchos casos, por cambio de diseño, aún tratándose del mismo modelo de un número de serie, al siguiente inmediato, vigilar que todo lo indicado en los manuales, se cumpla, empezando por EXIGIR LIMPIEZA, siempre; no se puede inspeccionar una máquina sucia.

Entendamos por limpieza de la maquinaria, a la limpieza exterior e interior de todos los componentes de la máquina como son: mantener sin fugas de aceite o combustible; lavar manchas de operación (con detergentes), cada semana por lo menos; soplar, con aire o vapor el radiador, motor, pisos, asientos, (por debajo también); limpiar de tierra o lodo el tránsito; resanar raspones con pintura (con brocha).

Esta limpieza la hace el mecánico de turno y sus ayudantes. Noten que digo sus ayudantes, ya que salvo la excavadora que necesita uno o dos de planta, los ayudantes lo son de todo el grupo de máquinas. Así, cuando una máquina tiene "problemas" o está descompuesta, el mecánico y los ayudantes le hechan "montón", la limpian: unos quitan o destapan, otros van por lo necesario. Las máquinas, TODAS son del grupo y no un ayudante lo es de una máquina.

Por otra parte los manuales se pierden o acaban tan sucios de aceite que dejan de servir; para evitar esto se recomienda guardarlos en las oficinas para consultarlos antes de cada servicio.

Las fichas de frecuencia de inspección en las que se han programado el mantenimiento, son consolidados por el jefe de mantenimiento, preparando este, planes de trabajo para cada obrero de mantenimiento. Al efectuar las inspecciones los operarios anotan todas las anomalías encontradas, lo que permi-

te al supervisor ordenar y programar las reparaciones necesarias.

### III.3.2 PAUTAS Y DIFICULTADES

Es necesario que los obreros que efectúan la inspección del manteni- miento hagan las anotaciones como las siguientes:

1. Bomba de agua del motor trabaja ruidosamente.
2. Alta temperatura del aceite del motor diesel.
3. Baja el nivel de aceite de la transmisión.
4. Sistema hidraulico trabaja dificultosamente.
5. Falta potencia al motor.

El ingeniero, jefe de mantenimiento apoyado de su conocimiento y expe- riencia ordena lo siguiente, como solución a las dificultades anotadas:

1. Checar que se encuentre perfectamente lubricada.
2. Tal parece que la bomba no trabaja bien, debe cambiarse.
3. Revisar si existe alguna fuga o se está pasando al motor por el can- biador de calor o reten intermedio entre motor y transmisión.
4. Comprobar niveles, temperatura del aceite y checar presión y flujo de la bomba, cambiar filtro si es necesario.

Las medidas dictadas por el ingeniero de mantenimiento son: "manteni- miento preventivo", se está tratando de evitar averías serias usando las pau- tas de dificultades o llamadas de alerta del propio equipo. El saber utilizar estas pautas de dificultades, ayuda al éxito del programa. Para una misma mani- festación de dificultad son posibles dos o más medidas correctivas, ya que la causa de la dificultad no es necesariamente una sola. Cabe pensar que existen otras soluciones que pudieran acertar más pronto con la causa de los problemas;

mientras más rápido se de con la solución, el mantenimiento preventivo será más práctico. Los ingenieros de mantenimiento logran ayudarse en el trabajo preparando listas de pautas de dificultades.

La implementación de métodos de mantenimiento preventivo, es recomendable para toda organización, como un medio de controlar costos y aumentar utilidades. Tales métodos consisten en el estudio y la programación sistemática al menor costo para la empresa.

#### **CAPITULO CUARTO**

#### IV. REPARACIONES MENORES

Las reparaciones menores o mantenimiento correctivo menor, es el que realmente se debe de realizar en el campo, es decir que sería incosteable llevar a la máquina o alguna de sus partes a un taller especializado y en el tiempo de una reparación mayor.

Como máximo se pueden establecer 25 hrs., de trabajo para las reparaciones menores; cuando la reparación, requiera de más horas de trabajo, se tratará de una reparación mayor.

A continuación mencionaremos algunos aspectos que son ejemplos de reparaciones menores o mantenimiento correctivo menor.

El constante roce de los distintos elementos, componentes de los sistemas de levante y volteo de los botes de los cargadores y de las cuchillas de los bulldozer, hacen que las piezas se gasten, permitiendo demasiado juego entre ellas, al observar estas circunstancias, debemos proceder a corregirlas, - colocando rondanas de ajuste, rellenando con soldadura o cambiando las piezas dañadas para que las máquinas vuelvan a su condición original y continúen trabajando normalmente.

El tránsito continuo y a altas velocidades de los equipos con carriles u orugas, así como el roce de los materiales abrasivos del suelo y las rocas, desgastan los tróncitos y alfojan las cadenas, trayendo como consecuencia, un desgaste rápido de los laterales de las cadenas, las pestañas de los rodillos

y los dientes de la rueda catarina, pues tienden a salirse en los trabajos en laderas y al subir pendientes marcha atrás, para lo cual hay necesidad de ajustar las cadenas.

El exceso de tensión en las cadenas, desgasta rápidamente los pasadores, casquillos y ruedas catarinas y además disminuye la potencia de operación de la máquina.

Las cadenas tienden a tensarse cuando se trabaja en materiales altamente cohesivo, lo que debe tenerse en cuenta al hacer ajustes.

El operador debe revisar diariamente los tránsitos por si hay torneillos flojos, retenes que pierdan aceite o desgastes anormales, y tener en cuenta que la velocidad excesiva, sobre todo en marcha atrás, acelera de modo notable el desgaste de los pernos, bujes y segmentos. Al finalizar el turno, debe dejarse la máquina en una superficie horizontal, para evitar que se dañen los retenes de los roles o rodillos, y hacer reparaciones necesarias en caso que se requiera.

Como pudimos observar, los ejemplos anteriores son las reparaciones que se deben hacer en el campo, en la obra. Son las reparaciones que se realizan en donde está la unidad. Para esto es indispensable un tipo de equipo y herramienta.



## REPARACIONES MENORES

### IV.1 EQUIPO Y HERRAMIENTA PARA LAS REPARACIONES MENORES

En el frente, que es donde el equipo está trabajando, no se encuentra nada disponible, y es necesario mover un pequeño taller para su reparación, - siendo lo más usual en las obras, el llevar a un mecánico con una caja de he - rramientas y dejarlo que repare la máquina sin contar con los elementos para - su rápida reparación. Sin embargo, con una pequeña inversión, se puede hacer - un pequeño taller móvil para las reparaciones en el campo.

En una caja de pick-up se puede instalar el taller móvil, en el que se tendrá la siguiente herramienta, que se considera la mínima indispensable para poder realizar una reparación en el campo.

- Un vehículo.
- Una planta de luz 5 KVA
- Una planta de soldar.
- Un tanque de oxígeno y acetileno.
- Un juego de dados con entrada de  $1/4''$ , desde  $3/16''$  hasta  $3/8''$ .
- Un maneral de  $1/4''$ .
- Una matraca de  $1/4''$ .
- Un desarmador con entrada de  $1/4''$ .
- Una extensión de  $1/4''$ .
- Un juego de dados con entrada de  $3/8''$ , desde  $3/8''$  hasta  $9/16''$ .
- Un maneral de  $3/8''$ .
- Una matraca de  $3/8''$ .
- Dos extensiones de  $3/8''$  (una corta y una larga).
- Un juego de dados con entrada de  $1/2''$ , desde  $9/16''$  hasta  $15/16''$ .
- Un maneral de  $1/2''$ .
- Una matraca de  $1/2''$ .
- Dos extensiones de  $1/2''$  (una corta y una larga).
- Un juego de llaves mixtas (españolas y estrías), desde  $1/4''$  hasta  $1 1/4''$ .
- Un juego de dados con entrada de  $3/4''$ , desde  $7/8''$  hasta  $1 1/2''$ .
- Dos extensiones de  $3/4''$  (una corta y una larga).
- Un juego de desarmadores (cuatro desarmadores planos).
- Un juego de desarmadores de cruz (tres desarmadores).
- Dos cincelos (corto y largo).
- Unas pinzas de punta, de chofer, de presión.
- Un arco y segueta.
- Un martillo de bola de 12 onzas.



- Un marco de 32 onzas.
- Una varilla de bronce de 4° x 7/8".
- Un taladro eléctrico manual de 1/2".
- Esmeril eléctrico manual.
- Un tripie de 3m. de longitud (desarmable).
- Un teele de 2 toneladas.
- Un gato hidráulico de 20 toneladas.

En el pequeño taller móvil que se propuso, se contará con toda la herramienta descrita, que se podrá guardar en las gavetas especiales diseñadas con cerradura para protección contra robo.

Además el taller móvil es muy conveniente, para el tipo de reparaciones menores, ya que elimina el inconveniente de trasladar el equipo averiado al taller más cercano; se ahorra en tiempo y gastos de fletes, desplazamiento de personal, refacciones, etc.

Por otra parte la instalación del taller móvil puede operar a grandes y cortas distancias según sean las condiciones existentes, siendo su uso más recomendable para equipos montados sobre orugas.

#### IV.2 USO DE LA HERRAMIENTA

Aunque las herramientas manuales son de uso lógico y común por su diseño, han sido desarrolladas para trabajos determinados. Se debe tener siempre un especial cuidado en utilizar la herramienta adecuada, y por ningún motivo procesar una palanca que sea desmedida para el esfuerzo que debe resistir una herramienta. Así por ejemplo:

Chucho, mecánico especializado en la reparación de maquinaria de campo,

quien tiene a su cargo una cuadrilla de operarios y una camioneta con estuches completos de herramientas que cubren todas las necesidades de reparación, le avisaron que un tractor que se encuentra trabajando aproximadamente a 6 kms. del campamento base, está averiado. Inmediatamente toma su camioneta y dos de sus mejores mecánicos para ir a reparar el equipo. Llegando, se da cuenta de que una de las partes está totalmente gastada y hay necesidad de cambiar varias piezas estratégicamente situadas. Chucho, trae consigo en su camioneta, precisamente estas piezas de repuesto. Ahora bien, para hacer el cambio de un perno hay necesidad de aflojar una tuerca de un diámetro de 1", para lo cual en su caja de herramientas en el estuche de autoclé de 3/4 de entrada, tiene el dado y la matraca para ejecutar precisamente este tipo de trabajo. Sin embargo, la tuerca está totalmente trasroscada y fija al perno por ollen y por el tiempo que se tiene sin haberse aflojado. Chucho, se dirige a hacer otro tipo de reparaciones y a uno de sus operarios le dice que quite esa tuerca y cambie el perno. Después de 1/2 hora de esfuerzos, este operario desesperado coloca un tubo de 2" de diámetro por 1 1/2 mts. de largo sobre la matraca y llama en su ayuda a su compañero, y uniendo sus esfuerzos procesan una palanca lo suficientemente fuerte para aflojar la tuerca... Resultados: el engrane de la matraca se destruyó. Al suceder esto, los dos operarios se proyectaron contra el propio tractor hiriéndose las manos y los brazos.

Chucho, al ver aquello, rechaza la calidad de la herramienta usada y por la urgencia de la reparación desarrolla esta a base de golpes de marro, los que por fin destruyen la tuerca junto con el perno y varias piezas más, cuyo valor de adquisición es de varios miles de pesos. Algunas de estas piezas no se tenían en existencia y se necesitó mandarlas adquirir por medio de la oficina central, la que tardó de 3 a 4 días en surtirlas.

El ejemplo anterior se produce constantemente en todas las empresas, - lo que trae consigo una pérdida tremenda de tiempo y dinero. LA CAUSA PRINCIPAL ES: EL MAL USO DE LA HERRAMIENTA.

Si el mecánico Chucho, hubiese estudiado el problema, habría visto la necesidad de tener consigo cualquiera de las siguientes herramientas: un extractor de perno o, en su defecto, utilizar líquidos aflojadores y llaves denominadas de uso industrial o de golpe; las que permiten desarrollar esfuerzos de palanca o de impacto, sin perjudicar ni desperdiciar dinero en herramientas costosas para las cuales hay usos determinados.

Debe tenerse siempre especial cuidado en emplear las herramientas del tamaño y tipo adecuados al trabajo que se está ejecutando. Recordemos que los desarmadores sirven esencialmente para aflojar o apretar tornillos, y no para usarlos como cinceles o formones. La varilla del desarmador en mal uso, puede resbalar y causar accidentes. Todas las herramientas manuales en sus diferentes tipos, tienen diferentes aceros que son procesados a durezas específicas, y por ello, el empleo de otra llave o tuercas para aumentar la longitud o efecto de la palanca es peligroso.

Los martillos deben de estar siempre bien apretados en el mango; nunca hay que golpear un martillo con otro. De ser posible se recomienda el uso de anteojos de seguridad, puesto que la rebaba puede ser peligrosa especialmente en el uso de punzones y brocas.

Lo más importante de las herramientas, es el buen orden de su almacenamiento, pues aunque no son eternas, sí tienen una duración bastante considerable, y si se tiene un especial cuidado de controlarse en un almacén, no existen pérdidas, ya sea por olvido, o la principal causa que es "cambio de dueños".

*Insistimos en que el uso adecuado de la herramienta les permitirá ejecutar sus reparaciones más fácil y económicamente. Así mismo, reitero que la herramienta está diseñada para ayudar a ejecutar trabajos.*

CAPITULO QUINTO

## V. REPARACIONES MAYORES Y RECONSTRUCCIONES

A las reparaciones mayores se les conoce también como mantenimiento correctivo mayor. Este es el que se debe de realizar en un taller especializado o semi-permanente y con todo el equipo necesario para su buena reparación.

Cuando las horas de reparación estimadas, sobrepasan las 25 hrs. de trabajo, lo más recomendable, es quitar la parte dañada (motor, transmisión, etc.) y mandarlo al taller especializado para su reparación.

Se sugiere que sea en este tipo de talleres, puesto que en el campo las condiciones de trabajo son muy desfavorables, es decir que no podemos contar con la limpieza, ni el equipo especializado de un taller.

Por ejemplo, un motor "desviado", es decir que necesita de una reparación mayor, al realizarla en el campo, se corre el riesgo de que algunas piezas pequeñas se pierdan, así como también mucha tornillería.

Por los descuidos que tiene nuestro personal mecánico al estar desarmando el motor, muchas piezas se caen o las dejan depositadas en el suelo donde pueden desaparecer entre la tierra.

Lo más recomendable es tener un pequeño taller instalado en la obra; donde se puedan llevar estas piezas o módulos de la maquinaria y repararlas en dicho taller.

En el caso de los motores desviados o que ya necesitan ajuste (over hold), lo más conveniente es retirar el motor completo de la máquina con todas sus partes, es decir sin desarmar el motor y llevarlo al taller de la obra para su reparación, en donde se trabajará con limpieza y se tendrán las herramientas necesarias, además de tener un pequeño departamento de compras, el cual podrá surtir las refacciones que el motor necesite, así como el llevar las piezas a talleres externos para su reparación y ajuste correcto.

En algunas obras donde se ordena la reparación mayor en el campo, al no contar el personal mecánico con los elementos necesarios para desarmar y armar, se deja abandonada la máquina, y después al repararla nos encontramos con que nos mandan la máquina y las piezas como un rompecabezas, en el cual la reparación sale muy costosa y con una pérdida de tiempo irreparable. En algunos casos, la toman como "refaccionaria" para las otras máquinas, y a veces, es tan alto su costo de reparación que es inapropiado realizarlo, vendiendo la máquina, como "fierro viejo".

#### V.1 TALLER Y EQUIPO PARA LAS REPARACIONES MAYORES

Para el mantenimiento correctivo mayor, lo más importante es un taller localizado a la mitad del tramo por trabajar, es decir, que si la obra es de 20 km., el taller semipermanente deberá estar ubicado lo más cerca del kilómetro 10.

En una población que cuente con la mayoría de los servicios, es decir, con agua, luz, teléfono, etc., para poder realizar los trabajos más eficientemente.

Este taller semipermanente deberá estar localizado en el campamento donde se encuentran las oficinas administrativas de la obra.

Se instalará una pequeña nave industrial desarmable y se colará un pi-so de concreto para poder trabajar limpiamente.

La armadura de la nave industrial, así como sus columnas, serán desar-mables para poder transportarse a otra obra que se tenga posteriormente.

Se tendrá también un pequeño almacén en donde se puedan encontrar las refacciones más usuales como son: filtros, sellos, retenes, aceite, etc., y - además se llevará un control de la herramienta especializada en el taller, - siendo ésta la siguiente:

- Grúa viajera.
- Banco de trabajo.
- Caja de herramienta de mano: pistola neumática, llaves, desarmadores, taladro, etc.
- Micrómetro de profundidad.
- Micrómetro de diámetros internos.
- Micrómetro de diámetros externos.
- Calibrador para bujías y platinos.
- Calibrador para anillos, viejas y válvulas.
- Trusquin.
- Dinamómetro.

También a dicho taller semipermanente deberemos separarlo por áreas, - siendo las siguientes:

- Área de desarmado.
- Área de lavado.
- Área de reparaciones.
- Área de electricidad y soldadura.



- Area de armado y engrase.
- Area de pruebas (dinamómetro).
- Area de pintura.

Es necesario llevar un control de las reparaciones, para hacer un pre-supuesto aproximado a máquina cerrada. Este control, contiene las horas de me-cnico y ayudantes en cada reparación, y el listado debidamente valorizado con su importe de todas las refacciones utilizadas.

Con este sistema conoceremos el tiempo y costo de un mismo trabajo, - ejecutado por diferentes personas y bajo las mismas condiciones; asimismo, permitirá establecer los tiempos promedio, y sobre esas bases racionalizar bonificaciones e incentivos, o llamadas de atención al personal que intervenga directamente en las reparaciones.

También permitirá programar en forma más realista, tiempos y asignaciones de recursos. (Planear las operaciones para retirar oportunamente sus unidades al servicio que les corresponda, de no hacerlo, con seguridad perderán más tiempo en descomposturas, y éstas serán más caras).

Para lograr este último, se procurará que cada reparación se subdivida en tres grandes grupos genéricos.

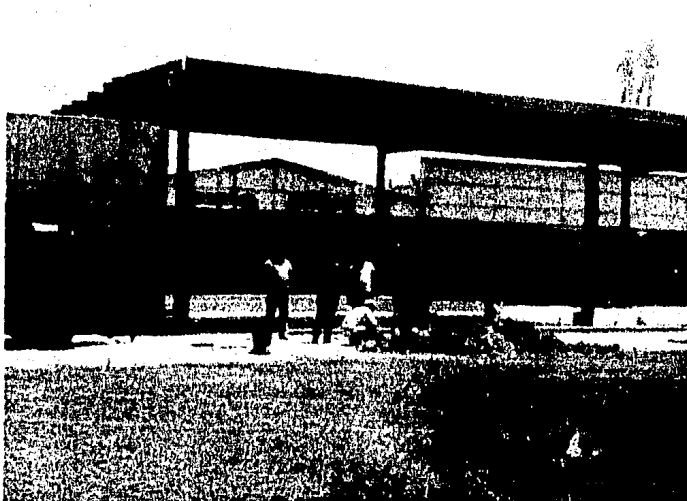
Primero. - Desmontar el conjunto de la máquina, proceder a desarmar limpiando y midiendo desgastes; ordenar reconstrucciones en otros talleres o en el propio: hacer pedidos de partes faltantes, nuevas o usadas, dentro de tole-rancias permitidas, o recomendadas por el fabricante. En esta etapa, se cubren todas las discrepancias que impiden hacer comparación entre dos reparaciones - iguales.

Segundo.- Con las refacciones limpias y completas, nuevas o reconstruidas, se ordenará el ensamble del conjunto hasta dejarlo funcionando y probado.

Tercero.- El conjunto probado se montará en la máquina.

Se deben estudiar cuidadosamente los manuales de operación y mantenimiento de cada unidad y cumplir con todas sus recomendaciones, utilizando materiales de la mejor calidad obtenible. Las reparaciones, SIEMPRE deberán hacerse siguiendo las instrucciones de los MANUALES DE TALLER; ningún ajuste se hará recurriendo a la memoria.

Es de vital importancia que en la reparación de toda la maquinaria se empiece por la LIMPIEZA de la misma. No existe razón alguna, más que descuido o indiferencia de la supervisión, para que una máquina no guarde la limpieza de una máquina nueva. Una máquina limpia es fácil de reparar y hace que el operador la trate mejor.



## V.2 RECONSTRUCCIONES

Bajo este concepto se involucran todas las operaciones de reparación, inspección y corrección de detalles, necesarios en un componente mayor o en una máquina, para seguir obteniendo un rendimiento aproximado al de nueva. Estas operaciones incluyen hojalatería, pintura, renovado o cambios de llantas, etc.

La maquinaria se deprecia en 5 años, o sea, se le da una vida útil de 10,000 hrs. y se supone que trabaja normalmente 2,000 hrs. anuales.

El mantenimiento normal que se debe dar a cada máquina, corresponde al 100% de la depreciación, o sea el 20% anual, al igual que la depreciación.

Una reparación mayor en promedio se deberá hacer a las 5,000 hrs. de trabajo, o sea cuando la máquina tiene un valor en libros del 50%.

Aunque existen métodos gráficos que mezclan los conceptos costo, tiempo, valor de la máquina y eficiencia, para determinar el momento económico de efectuar la reconstrucción, diremos que en términos generales, se estima conveniente efectuar cuando una reconstrucción se puede hacer en un costo no mayor del 50% del valor de reposición de la máquina, y con probabilidades de usarla cuando menos otro 50% de la vida útil estimada para una máquina nueva.

Las reconstrucciones, se harán siempre en los talleres externos.

Se entiende por taller externo, a todos aquellos talleres que existen y que no pertenecen a la empresa.

Es importante conocerlos, puesto que estos talleres auxilian a la empresa en reparar todo aquello que en los talleres propios no es posible atacar,

ya sea por carecer de equipo para hacerlo o por no tener suficiente capacidad en determinado momento.

También son utilizados para efectuar trabajos cuya realización no es - costeable se lleve a cabo en los talleres de la empresa.

Existen, talleres especializados en reparar ciertas marcas de máquinas (Caterpillar, G.M., etc.), talleres donde reparan indistintamente cualquier máquina o conjunto y aquellos que se dedican exclusivamente a algún tipo de reparación (motores, marchas, etc.).

#### V.2.1 UTILIZACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN PARA EL REEMPLAZO

México, como muchos países en proceso de desarrollo, tienen una gran - cantidad de maquinaria y equipo para la construcción. Lo que significa que un alto porcentaje de la inversión que representan estos bienes de capital, co - rresponden a importaciones, puesto que la capacidad de producción nacional se encuentra aún muy limitada.

El ingeniero constructor en la presente década, se ha percatado de la importancia que ya tiene, y que tendrá para el futuro de la ingeniería, el desarrollo de tecnologías orientadas al reciclamiento de los materiales y mate - rias primas, empleadas en la fabricación de maquinaria pesada de construcción.

Si en el momento de reconstruir una máquina existen parte o componen - tes que deban de ser cambiados, lo más usual será mandar traer estos componen - tes de importación, más no es lo recomendable por los altos costos.

Con el programa de reemplazo para las reconstrucciones, las parte que requieran ser cambiadas, se envían a un proceso que generalmente consistirá en.

en combinaciones de metalización, soldadura, tratamientos térmicos y maquinado. El cual dará a la parte reconstruida especificaciones originales de diseño, mi nimizando el empleo de partes nuevas, y en la mayoría de los casos; importacio nes.

Para que el programa de reemplazo en las reconstrucciones tenga éxito, es importante que el personal encargado de realizar estos procesos obtenga una actualización tecnológica del equipo, así como todas las instalaciones necesarias.

**CAPITULO SEXTO**

## VI. CONCLUSIONES

Como comentarios finales añadiremos lo siguiente:

- Las máquinas de construcción necesitan del buen trato; no se debe abusar de ellas, no son máquinas de guerra. Deben durar en operación eficiente por lo menos cierto número de horas que la experiencia ha señalado para cada tipo genérico como unidad de producción primaria, es decir, que excava o mueve unidades de paga a costo razonable, después, si ha estado bien cuidada durante su vida de producción, puede pasar a máquina "auxiliar"; bordear o tender capas, compactar, mover compresoras, hacer caminos auxiliares si es tractor, si es excavadora puede dar servicio de grúa, almeja, si es camión puede servir de pipa, combustible-taller, ambulante-lonchero, etc...

- Los altos costos de operación y conservación del equipo pesado, por la situación económica que pasa el país, se incrementan hasta alcanzar cantidades desorbitantes. Por esto la operación y conservación del equipo pasan a formar un renglón de vital importancia en toda empresa constructora; la empresa que así no lo hace le espera el fracaso en el aspecto económico.

- La necesidad de operar y conservar al equipo pesado con personal calificado es imperativa; no es posible continuar como hasta la fecha, las máquinas cada día se hacen más complicadas en sus mecanismos, aún cuando más automáticas en su operación, y nuestros "maestros" no tienen la suficiente preparación para conservarlas ni repararlas, y el superintendente, que indiscutible

mente es el responsable total del cuidado y mantenimiento de la máquina: "la desconoce"? Por lo que en vez de conservarla aceleran su destrucción.

Para contrarrestar estas deficiencias, se han creado los centros de capacitación y las capacitaciones o, escuelas de servicio en las obras.

Esta es una excelente inversión, pero es necesario que los superintendentes o jefes, den tiempo a sus obreros para que asistan a estos cursos. Por otra parte es importante que los superintendentes tengan nociones amplias del funcionamiento de sus máquinas, deben conocer las rutinas que son señaladas en los manuales de operación, deben cerciorarse que éstas se lleven a cabo, que se hagan como está indicado, que los lubricantes de la calidad necesaria estén en la obra y no dejar responsabilidades a otros como son los mecánicos o almacenistas.

Si los superintendentes o jefes de departamento tienen deficiencias en su trabajo, existen cursos de capacitación para todos los rangos y a todos los niveles.

Aún así, aunque hasta para los niveles de superintendencia existan cursos de capacitación, es necesario de que todas las escuelas de ingeniería a niveles superiores, integren al plan de estudios el tema: operación y conservación de equipos pesados de construcción.

El equipo pesado de construcción no debe operarse, conservarse y ni mucho menos supervisarse por IGNORANTES; reitero, éstos aceleran su destrucción. Dependiendo de la atención que se preste a este tema, estará el éxito o el fracaso de la empresa constructora.

- Las empresas constructoras, consiguen obras por medio de concursos, los cuálicos analizan costos, y éstos deben de ser los más bajos razonables; la



fluctuación en precios del proyecto es muy variable y mucho depende de los cos los de operación y mantenimiento de la maquinaria pesada que intervenga en di- cho proyecto.

Si la maquinaria que se emplea para una obra está en óptimas condicio- nes para realizar su trabajo, y el personal es el apto para su operación y con servación, los precios que por este concepto se describen en el anteproyecto, no se incrementarán. Por lo que el prestigio de la empresa constructora perma- necerá.

## BIBLIOGRAFIA

1. ASPECTOS PRINCIPALES DEL EQUIPO UTILIZADO PARA MOVIMIENTOS DE TIERRAS - Arcos Hernández Daniel Juel. Tesis U.N.A.M. México 1975.
2. BREVE DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO USUAL DE CONSTRUCCIÓN - Apuntes de la Facultad de Ingeniería U.N.A.M., México 1975.
3. CÁLCULO DE RENDIMIENTOS EN LOS EQUIPOS DE CONSTRUCCIÓN - Ing. Rafael Aburto Valdes. Facultad de Ingeniería U.N.A.M., México 1982.
4. CAPACITACIÓN Y ADIESTRAMIENTO- Lic. Adolfo Tena M., Publicación del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1983.
5. CATALOGO DE CURSOS - Publicación del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1985.
6. CATALOGO PARA LA CAPACITACIÓN DE INSTRUCTORES - Publicación del Departamento de Construcción Pesada del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1984.
7. CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE LAS MAQUINAS Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN - Publicación de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, México 1971.
8. COSTOS Y MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA - Ing. Gustavo Acevedo L., Publicación de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción, México 1980.
9. FACTORES DE CONSTRUCCIÓN DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS - Apuntes de la Facultad de Ingeniería U.N.A.M., México 1976.

10. LA CAPACITACION Y ADIESTRAMIENTO HACIA LOS OBREROS DE LA CONSTRUCCION - Publicación del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1980.
11. LA PROBLEMÁTICA DE LA CAPACITACION EN MEXICO - Marla Atilano U., - Publicación del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1980.
12. MANTENIMIENTO EN CAMPO DEL EQUIPO PESADO PARA LA CONSTRUCCION - Sierra Garza David, Tesis Universidad Andhuac, México 1983.
13. MANTENIMIENTO PARA EQUIPO - Gallardo D'Aiutu Jorge R., Tesis U.N.A.M. México 1982.
14. MANTENIMIENTO PREVENTIVO - Publicación del Departamento de Construcción Pesada del Instituto de Capacitación de la Industria de la Construcción, México 1984.
15. MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION - David A. Day, Ed. Limusa, 1a. impresión. México 1978.
16. MOVIMIENTO DE TIERRAS - Apuntes de la Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
17. MOVIMIENTO DE TIERRAS - Apuntes de la División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería U.N.A.M., México 1985.
18. REPARACION DE LA MAQUINARIA PESADA - Herbert L. Nichols Jr. Compañía Editorial Continental S.A. de C.V. México 19