

94



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

EVOLUCION Y SITUACION ACTUAL DEL EQUIPO
PARA LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS
EN MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A
MARIO FERNANDO OLMEDO CASTILLO



DIRECTOR DE TESIS: ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ

MEXICO, D. F.

2002.



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-150/96

Señor
MARIO FERNANDO OLMEDO CASTILLO
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

"EVOLUCION Y SITUACION ACTUAL DEL EQUIPO PARA LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS EN MEXICO"

- I. INTRODUCCION.
- II. EVOLUCION DE LA MAQUINARIA PESADA
- III. SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA
- III. ELEMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS EN LA SELECCION DE LOS EQUIPOS DE TERRACERIAS
- IV. APLICACION DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS DURANTE LA SELECCION DEL EQUIPO
- V. APLICACION DE LA MAQUINARIA EN EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TERRACERIAS
- VI. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria 28 de febrero de 1997.
EL DIRECTOR


ING. JOSÉ MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/GMP*lmf

DEDICO ESTE TRABAJO A DIOS:

*POR HABERME DADO LA EXISTENCIA Y LA
FUERZA PARA LOGRAR ESTE MOMENTO.*

A MIS PADRES:

FAUSTINO FELIX OLMEDO MORAN.

ASUNCIÓN ELENA CASTILLO BOLAÑOS.

POR SU AMOR Y COMPRENSIÓN QUE ME DIERON,

PARA ASI PODER SALIR ADELANTE.

A MIS HERMANOS:

TERESITA ANGELA OLMEDO CASTILLO.

LUIS FAUSTINO OLMEDO CASTILLO.

MARJA DEL ROCIO OLMEDO CASTILLO.

BLANCA MARGARITA OLMEDO CASTILLO.

POR CREER Y APOYARME SIEMPRE.

A MIS SOBRINOS:

JORGE LUIS OLMEDO CASTILLO.

STEVEN DAVID ALVARADO OLMEDO.

ROGELIO OLMEDO CASTILLO.

HECTOR GUSTAVO ALVARADO OLMEDO.

JUAN CARLOS FLORES OLMEDO.

RAÚL RICARDO MORALES OLMEDO.

CON EL CARIÑO DE SIEMPRE.

A MI DIRECTOR DE TESIS:

ING. ERNESTO R. MENDOZA SÁNCHEZ.

*EN AGRADECIMIENTO A SU LABOR COMO
PROFESOR Y POR SU GRAN ORIENTACIÓN
DURANTE LA ELABORACIÓN DE MI TESIS.*

A LA:

*FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE
MÉXICO*

*Y A SUS EXCELENTES PROFESORES QUE
MEDIERON LA MEJOR FORMACION.*

A MI AMIGO:

EDGAR ISRAEL MORENO GALLEGOS.

POR SU GRAN APOYO Y AYUDA.

*A MIS FAMILIARES Y AMIGOS Y TODAS AQUELLAS
PERSONAS QUE SIEMPRE CONFIARON EN MI.*

INDICE

EVOLUCION Y SITUACION ACTUAL DEL EQUIPO PARA LA CONSTRUCCION DE TERRACERÍAS EN MEXICO.

INTRODUCCION

CAPITULO 1 EVOLUCION DE LA MAQUINARIA PESADA.....	1
1.1 TRACTORES.....	2
1.2 EXCAVADORAS.....	10
1.3 MOTOCONFORMADORAS.....	14
1.4 MOTOESCREPAS.....	18
1.5 CAMIONES.....	22
1.6 COMPACTADORES.....	27
CAPITULO 2 SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA.....	32
2.1 EQUIPO DE EXCAVACION.....	32
2.2 EQUIPO DE CARGA.....	48
2.3 EQUIPO DE ACARREO.....	55
2.4 EQUIPO DE COMPACTACION.....	65
2.5 PLANTAS DE TRITURACION.....	76
CAPITULO 3 ELEMENTOS DE MECANICA DE SUELOS EN LA SELECCION DE LOS EQUIPOS DE TERRACERÍAS.....	79
3.1 EN LOS EQUIPOS DE EXCAVACION, CARGA Y ACARREO...79	

3.2 EN EL EQUIPO DE COMPACTACION.....89

**CAPITULO 4 APLICACIÓN DE LA INGENIERIA DE SISTEMAS
DURANTE LA SELECCION DEL EQUIPO.....98**

**CAPITULO 5 APLICACION DE LA MAQUINARIA EN EL
PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TERRACERÍAS.....112**

5.1 DESMONTE.....112

5.2 DESPALME.....116

5.3 EXCAVACIONES.....117

5.4 ACARREOS.....120

5.5 COMPACTACIONES.....124

CAPITULO 6 CONCLUSIONES.....127

BIBLIOGRAFIA.....131

INTRODUCCIÓN.

El hombre desde siempre ha tenido la necesidad de comunicarse y una forma de hacerlo es a través de los caminos. Por necesidad, los primeros caminos fueron de tipo peatonal que las tribus nómadas formaban al deambular por las regiones que les proporcionaban sus alimentos, posteriormente, al tornarse en sedentarias, estos caminos peatonales tuvieron finalidades religiosas, comerciales y de conquista.

Con la invención de la rueda, apareció la carreta jalada, ya fuera por humanos o por bestias, para lo cual fue necesario acondicionar los caminos.

En la antigüedad uno de los servicios de comunicaciones relativamente perfecto fue el de los babilonios, pero por mucho el sistema de caminos más avanzado del mundo antiguo fue el de Roma. Cuando la civilización romana alcanzaba el clímax llegaron a concebir y a realizar una inmensa red de calzadas que unían la metrópoli con los extremos más apartados del mundo entonces conocido; después de la declinación y caída del Imperio Romano, la construcción de caminos, cesó por un período aproximado de mil años. Tanto así, que la primera parte del siglo XVIII, las únicas formas para viajar entre las ciudades eran a pie o a caballo. Las diligencias aparecieron en el año de 1659, pero viajar en ellas presentaba excesivas dificultades debido a las pésimas condiciones de los caminos.

Con la invención de las máquinas de vapor en siglo XVIII apareció la locomotora de vapor, y para que ésta tuviera una buena distribución de

los esfuerzos a las capas inferiores, se utilizan durmientes y balasto, que se colocan sobre las terracerías adecuadamente acomodadas.

A fines del siglo XIX se inventó el automóvil que ha tenido un rápido desarrollo y por lo cual también los caminos se han desarrollado. En la época actual la formación de los caminos ha tomado una gran importancia y principalmente la formación de las terracerías, ya que estas son la base para obtener excelentes resultados en la duración de los caminos.

Pero como podemos ver al evolucionar los caminos la maquinaria que se emplea para la construcción de estos también ha evolucionado y sufrido cambios que hacen que cada día sea más fácil la construcción y precisamente la evolución y el cómo se encuentra ahora la maquinaria es parte de lo que se tratará en este trabajo y para tener una idea de que tipo de maquinaria se utiliza en las terracerías es necesario saber primero que se entiende por terracerías.

Terracerías: Son los volúmenes de materiales que se extraen o sirven de relleno para la construcción de una vía terrestre; la extracción puede hacerse a lo largo de la línea de la obra y si este volumen se usa en la construcción de los terraplenes o rellenos, se dice que se tienen terracerías compensadas; el volumen de corte que no se usa, se le denomina desperdicio. Si el volumen que se extrae en la línea no es suficiente para construir los terraplenes o los rellenos, se necesita extraer material fuera de ella, o sea, en zonas de préstamos; si estas zonas están cercanas, o sea, del orden de 10 a 100m se les llaman préstamos laterales si están a más de 100m se les llaman préstamos de banco. Las terracerías están formadas por:

- El cuerpo del terraplén.
- Capa subyacente.
- Capa subrasante.

carpeta asfáltica

base

subbase

capa subrasante

capa subyacente

cuerpo del terraplen

terreno natural

Con la explicación anterior de que se puede entender como terracerías podemos decir que la maquinaria que interviene en la construcción de estas, puede ser maquinaria de excavación, carga, acarreo y compactación.

Pero como en el mercado hay una gran variedad de maquinaria se debe seleccionar aquella que vaya de acuerdo a las necesidades de la obra, y para saber elegir cual es la mejor, es necesario tomar en cuenta los diversos factores que influyen, ya que seleccionar una máquina no es cosa fácil.

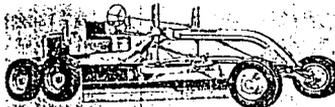
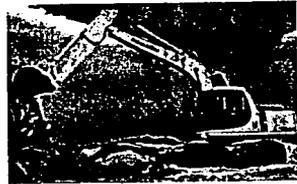
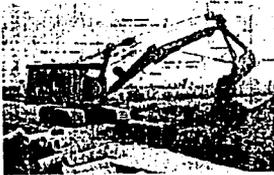
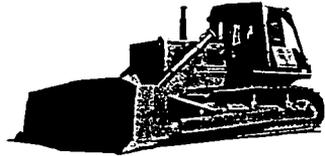
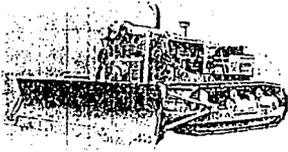
Para llevar acabo dicha selección se deben tomar en cuenta algunas ramas de la Ingeniería Civil, tales como la Mecánica de suelos la cual nos sirve para saber las características de los materiales que vamos a manejar, y de acuerdo a esas características puede tomarse una decisión de que tipo de maquinaria utilizar.

Pero esta decisión no es definitiva ya que también deben de tomarse en cuenta otros factores como es el aspecto económico, el tiempo de

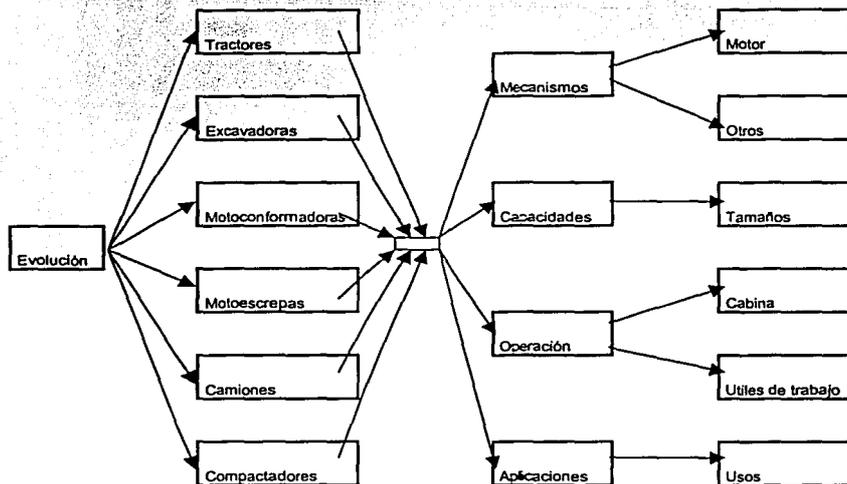
realización de la obra y la maquinaria con que ya se cuenta. Y para hacer una relación de dichos factores se puede utilizar la Ingeniería de Sistemas, la cual puede hacer una planeación de la obra para poder elegir la maquinaria que más se adapte a las condiciones de trabajo, pero esto lo veremos más a detalle en las páginas subsecuentes, en las cuales se describe la forma en que dichas ramas de la ingeniería influyen en la selección de la maquinaria.

Así pues, veremos en este trabajo desde los inicios de la maquinaria, como ha ido avanzando hasta encontrarse de la forma actual y que elementos influyen en su selección.

CAPITULO 1 EVOLUCION DE LA MAQUINARIA PESADA.



Hay un innumerable número de maquinaria utilizada en la construcción, pero solo analizaremos la evolución de aquella empleada en las terracerías. El cuadro siguiente nos da una idea de la forma en que lo haremos.



1.1 TRACTORES.

Mecanismos

- **Motor:** Los primeros tractores utilizados en México fueron traídos en el año de 1916 y contaban con un motor de gasolina (fig. 1), dicho motor era demasiado grande además de tener un elevado consumo de combustible, lo que originó que se buscaran otras opciones y así a mediados del siglo pasado se desarrolla el motor diesel (fig. 2), el cual contaba con un tamaño adecuado y bajo costo en su mantenimiento, dicho motor ha seguido evolucionando hasta llegar al que se encuentra en la actualidad que es un modelo

turboalimentado o turbocargado que cuenta con un sistema de inyección que ahorra combustible (fig. 3).

Turbocargado o turboalimentado: Esto es que una turbina inyecta aire en la admisión de un motor a una presión mayor que la atmósfera. Como resultado, se introduce mayor cantidad de oxígeno en un cilindro, de manera que puede quemar más combustible produciendo mayor potencia.



fig. 1 Motor de gasolina.



fig. 2 Motor diesel.

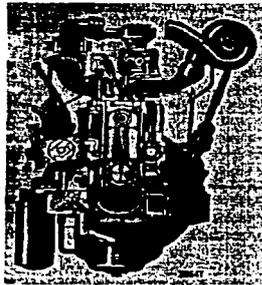


fig. 3 Motor diesel turboalimentado.

- **Otros:** Entre otros mecanismos que componen un tractor y que han ido evolucionando a través del tiempo tenemos los siguientes.

* **Rueda tractiva o catarina:** Es una rueda dentada que hace avanzar la oruga y, por tanto, da un movimiento de avance al tractor.

En un principio la catarina se encontraba al mismo nivel que la rueda guía (fig. 4), pero quedaba expuesta a ser golpeada, luego se le ubicó más atrás para mejorar el equilibrio al empujar material con la hoja, ahora se utiliza elevada para ayudar ha aislar los mandos finales de cargas de abrasión logrando que estos solo tengan funciones de operación, sin absorber el castigo exterior (fig. 5).



fig. 4 Catarina al mismo nivel que la rueda guía.



fig. 5 Catarina elevada.

* **Tren de rodaje:** Para los primeros tractores el tren de rodaje, era diseñado para una vida útil no muy larga porque las cadenas se llenaban de polvo y lodo lo que provocaba que se le tuviera que dar mantenimiento muy seguido, pero ahora el tren de rodaje cuenta con cadenas lubricadas y selladas lo que prolonga su duración, por otra parte cuenta con una longitud de cadena mayor (fig. 6), lo que le da a los tractores mayor equilibrio, contrarresta la elevación de frente y aumenta la fuerza de desgarramiento. También el tren de rodaje anteriormente se desgastaba debido a las cargas de choque lo que dio pie para que actualmente cuente con una suspensión que amortigua las cargas de choque hasta un 50% suavizando el andar de la máquina y ayuda a tener mayor flotación y tracción en terrenos difíciles.

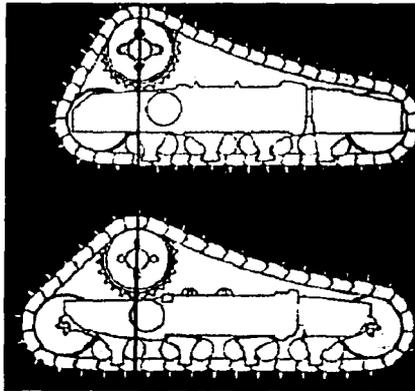


fig. 6 Tren de rodaje largo.

* **Toma de fuerza:** Los tractores comenzaron con un sistema mecánico controlado por cables que podían ir delante o detrás del tractor (fig. 7). Después se usaron sistemas hidráulicos, los cuales estaban formados por una bomba de aceite y cilindros, pero estos primeros mecanismos hidráulicos eran muy grandes y de difícil manejo (fig. 8), en la época actual se cuenta con sistemas

hidráulicos de cilindros pequeños y mejor ubicados para su funcionamiento lo que le da al tractor mayor potencia, fuerza y movilidad (fig. 9).



fig. 7 Toma de fuerza trasera.



fig. 8 Toma de fuerza con cilindros grandes.



fig. 9 Toma de fuerza con cilindros pequeños.

* **Componentes en general:** En un principio para poder reparar la mayoría de las partes que formaban un tractor, era necesario desarmar casi toda la máquina; ahora los componentes son modulares, esto quiere decir que gran parte de ellos se pueden sacar y volver a instalar sin afectar a otro sistema.

Capacidades

Los tractores han sido desde un principio máquinas grandes de diferentes potencias ya que se utilizaron para la agricultura y para construcción.

Las potencias varían de acuerdo a la marca que fabrique el tractor. Desde los 25 a los 50 HP los tractores se usaban indistintamente en la agricultura y en la construcción ligera. A partir de los 50 y hasta los 100 HP el tractor era utilizado solo en la construcción ligera y en un inicio el tractor más

potente era el de 200 HP, pero ahora se cuenta con modelos desde 70 a los 770 HP lo cual permite al usuario tener diferentes opciones.

Operación

- **Cabina:** En un principio el compartimento del operador era sencillo y descubierto con controles de palancas difíciles de operar y de gran desgaste para el operador, otra situación de desgaste era revisar continuamente los niveles de la máquina tales como, aceite, radiador, liquido de frenos.

Ahora se cuenta con cabinas cerradas que brindan al operador una excelente visibilidad, también hay un nuevo tipo de cabina con un sistema de montaje elástico, está aislada herméticamente del polvo, el ruido y la vibración.

Los controles requieren poco esfuerzo ya que el operador los puede alcanzar fácilmente, cuenta con un asiento de suspensión, completamente ajustable. Para relevar al operador de la tarea de tener que vigilar constantemente los indicadores cuenta con un sistema de verificación electrónica el cual le avisa si tiene que atender alguno de los sistemas principales de la máquina y se puede tener aire acondicionado para conservar fresca la cabina.

- **Útiles de trabajo:** Entre algunos útiles de trabajo con los que cuentan los tractores tenemos las hojas topadoras, desgarradores o rippers y cucharón.

En lo que se refiere a las hojas topadoras los avances han sido pocos ya que en comparación con las primeras, las hojas actuales tienen mayor fuerza de penetración y esto se logró con cilindros hidráulicos montados casi verticalmente. Los tractores anteriores no podían hacer trabajos de nivelaciones finas, pero ahora cuentan con un control de inclinación y orientación hidráulicas para dar una mejor terminación y con mayor precisión.

Por otra parte, los desgarradores han cambiado poco, en lo que se refiere al número de dientes en un principio se contaba con desgarradores de un solo diente; ahora se cuenta con desgarradores múltiples y en estos últimos el portadientes es más angosto lo que permite que los materiales fluyan libremente entre los dientes, con respecto a su colocación la cual anteriormente era difícil con el tiempo se han podido colocar sin tantas complicaciones, porque ahora se colocan al bastidor central con un pasador.

Aplicaciones

- Usos: Al comenzar las máquinas fueron diseñadas solo para realizar una actividad, pero ahora las máquinas deben realizar una gran variedad de trabajos para ser rentables. El tractor era utilizado por su potencia y fuerza tractiva en operaciones de empuje y arrastre, ahora con la versatilidad que ha adquirido el tractor se puede utilizar en desmonte, como equipo auxiliar de motoescrepas, excavaciones, tendido de material, como cargador, arrastre de otros equipos, desgarramiento y tendido de tuberías.

1.2 Excavadoras.

Dentro de la rama de las excavadoras se encuentran las siguientes: Excavadoras de empuje, dragalina, retroexcavadora y cucharón de almeja.

Mecanismos

- **Motor:** El primer motor con el que contaron las excavadoras después de la segunda guerra mundial fue de vapor, que brindaba una excelente potencia el cual, debido a su alto costo de mantenimiento y gran tamaño se sustituyó por el motor diesel a mediados del siglo pasado. El avance en lo que se refiere al motor de las excavadoras no llegó a su fin, pocos años después surgió el motor eléctrico y una combinación de este con el motor diesel; debido a que esta combinación utilizaba cables muy costosos se buscó otra opción, de la que se obtuvo finalmente el motor turboalimentado o turbocargado actual.

- **Otros:** Entre algunos mecanismos que han evolucionado en las excavadoras podemos mencionar los siguientes:

* **Sistema de rodaje:** en un principio las excavadoras se movían por medio de orugas, pero después para darle una mayor movilidad se utilizaron neumáticos, aunque estos no han sustituido a las orugas.

* **Sistema de excavación y carga:** Las primeras máquinas utilizaron un sistema de cable y tambor el cual es muy viejo pero aún es utilizado por algunas máquinas, este sistema esta formado normalmente por un cucharón, que se maneja y controla por dispositivos de cable y tambor, una pluma y un brazo que soporta el cucharón, el cual es manejado por otro dispositivo de cable y tambor que es necesario para subir o bajar el brazo (fig. 10). En los años setenta se innova un nuevo sistema de excavación y carga, el hidráulico, el cual consiste

en una bomba de aceite que crea un circuito cerrado, que hace una circulación forzada capaz de mover dispositivos de desplazamiento.

Los equipos hidráulicos están compuestos por una pluma, un balancín y un cucharón (fig. 11).

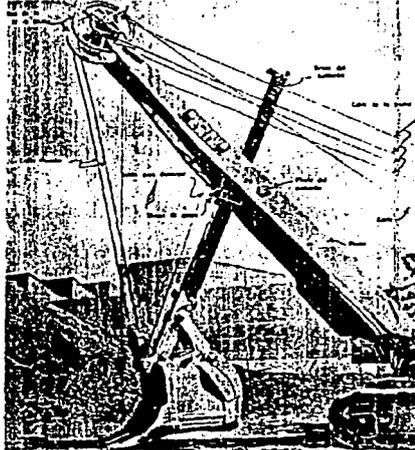


fig. 10 Excavadora con sistema de cable - tambor.

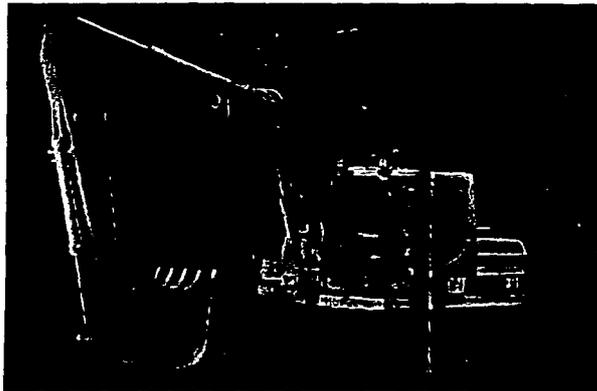


fig. 11 Excavadora con sistema hidráulico.

* **Tren de rodaje:** En sus inicios el tren de rodaje era corto lo cual hacia difícil trabajar en suelos blandos pero esto se mejoró aumentando la longitud del tren y con esto la máquina se volvió más estable sobre dicho tipo de suelos además de aumentar su capacidad de levantamiento al frente.

Capacidades

La manera de definir la capacidad de una excavadora es evaluando el volumen de su cucharón en metros cúbicos.

Así las primeras excavadoras variaban desde 0.18 hasta 1.9 metros cúbicos. Ahora podemos encontrar máquinas con cucharones pequeños con capacidad de 0.18 hasta 0.78 metros cúbicos, medianos de 1.05 hasta 2.6 metros cúbicos, y grandes que son de 2.86 hasta 4.96 metros cúbicos.

Operación

- **Cabina:** Al comenzar las excavadoras, la cabina del operador contaba con un gran número de palancas para mover los sistemas de cable y tambor lo cual ha mejorado ya que se redujo el número de palancas; además, que ahora estas palancas se colocan en una posición ideal para que el operador las tenga a su alcance. Por otra parte, se ha reducido la fuerza necesaria para operar las palancas lo que hace que el operador no se canse (fig. 12). Por otro lado, el tablero de control cuenta con un cristal líquido de alto contraste que le da facilidad de lectura aún cuando le dé directamente la luz del sol y en lo que se refiere a la comodidad las cabinas anteriores eran muy sensibles con respecto al clima pero ahora se cuenta con cabinas silenciosas, amplias y con aire acondicionado.

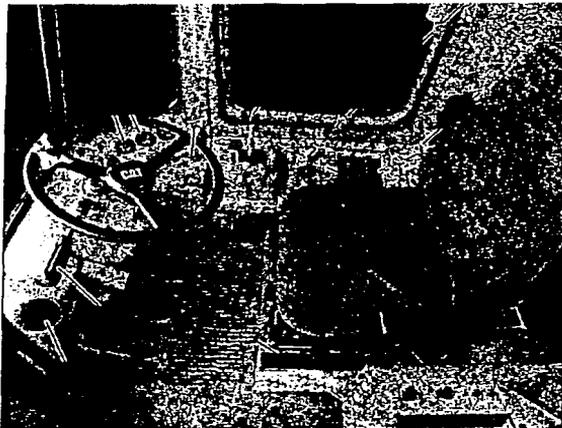


fig. 12 Cabina actual.

- **Útiles de trabajo:** En lo que se refiere a los útiles de trabajo, las primeras excavadoras solo utilizaban los cucharones, los cuales han cambiado poco: En principio se utilizaban cucharones muy pesados para lograr una mayor penetración y ahora son más ligeros porque la penetración se la da el sistema hidráulico. Ahora las excavadoras cuentan con otros útiles de trabajo como son martillos hidráulicos, trituradoras y una cuchilla para acarrear o hacer trabajos de limpieza.

Aplicaciones

- **Usos:** Estas máquinas fueron y seguirán siendo usadas en excavaciones de zanjas para drenaje, zanjas para cables telefónicos y su principal uso el de excavación y desgarramiento en bancos de materiales para llenado de camiones.

1.3 MOTOCONFORMADORAS

Mecanismos

- **Motor:** Se puede decir que el primer sistema de poder para las conformadoras fue mediante la fuerza de animales de tiro (fig. 13), pero en el año 1910 ya se contaba en México con motoconformadoras de motor diesel, el cual ha sido mejorado en nuestros días hasta llegar al motor diesel turboalimentado.



fig. 13 Conformadora de tracción animal.

- **Otros:** Entre algunos de los mecanismos que han sufrido cambios en las motoconformadoras encontramos:

* **Medios de movimiento de la cuchilla:** Son aquellos con los que se mueve la cuchilla, que en un principio eran medios mecánicos, ahora están formados por un sistema hidráulico (fig. 14 y 15).

* **Anillo o círculo:** Los anillos eran piezas de acero muy resistentes, pero ahora han sido reforzadas por unas bandas de aleación de bronce.



fig. 14 Medios de movimiento de la cuchilla mecánicos.

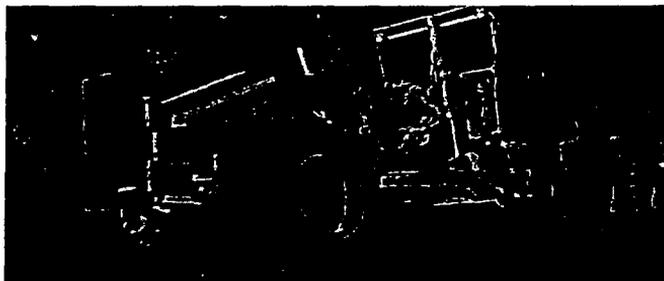


fig. 15 Medios de movimiento de la cuchilla hidráulica.

Capacidades

Las motoconformadoras han tenido una gran capacidad desde 30 a 150 HP en las primeras máquinas y ahora se pueden encontrar desde 35 hasta 300 HP en las más recientes.

Operación

- **Cabina:** En sus inicios el puesto del operador tenía muchas desventajas como el no poder ver completamente la hoja ó tener que estar vigilando constantemente los indicadores además del clima que influa directamente en el rendimiento del operador. Ahora se cuenta con cabinas de excelente visibilidad, que cuentan con un sistema de verificación electrónica para monitorizar los sistemas importantes de la máquina; también, las máquinas recientes tiene como opción el contar con una cabina con climatización completa y un asiento con suspensión (fig. 16).

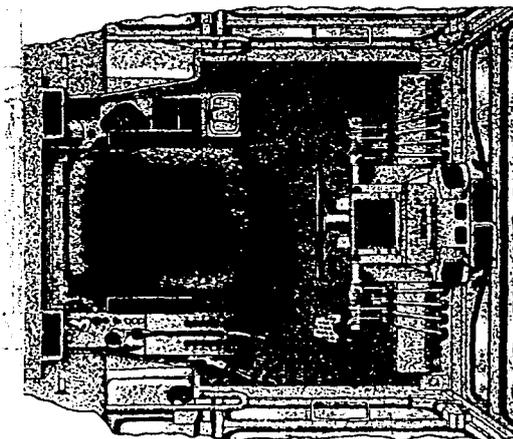


fig. 16 Cabina de motoconformadora.

- **Útiles de trabajo:** Uno de estos útiles es la cuchilla la cual para las primeras motoconformadoras solo contaba con movimiento vertical y lateral pero esto ha cambiado ya que actualmente se tienen cuchillas que pueden girar hasta 20°.

Un aditamento con el que no contaban las motoconformadoras es el escarificador o desgarrador. Fue adaptado en algunas máquinas para hacer más fácil el trabajo de la cuchilla, se pueden usar desgarradores de un solo diente o se pueden equipar con desgarradores múltiples.

Aplicaciones

- **Usos:** Las motoconformadoras se usaban solo para terminar y dar nivelación a las terracerías; en la actualidad se usan para diferentes trabajos como el desyerbar o remover vegetación ligera, con poco contenido de raíces y sin troncos, para limpieza de bancos de materiales, para extendido de materiales poco compactos y sin cohesividad como arena y grava, para mezclar y remover materiales con objeto de hacer una mezcla uniforme, y para terminar y afinar taludes, construir canales o formar terraplenes y dar mantenimiento a caminos.

Los usos anteriores son unos de los considerados como más importantes. Sin embargo, con la adaptación de los dispositivos auxiliares se puede dar otro uso a estas máquinas como el arar o remover un terreno con el desgarrador para facilitar el trabajo de la cuchilla.

1.4 MOTOESCREPAS

Mecanismos

- **Motor:** Las escrepas comenzaron siendo remolcadas por tractores, estas predominaron por muchos años, pero fueron reemplazadas después por máquinas de propulsión propia, dicha propulsión la brindaba un motor diesel que daba una buena potencia por lo que perduró mucho tiempo hasta que fue sustituido por el motor diesel turbocargado o turboalimentado que le dio a la máquina mejor potencia y un ahorro de combustible considerable.

- **Otros:** Entre algunos otros mecanismos que han cambiado en las motoescrepas podemos encontrar los siguientes:

* **Sistema de propulsión:** Un motor fue el que le dio propulsión a las primeras motoescrepas, pero este sistema cambio, porque se necesitaba mayor potencia y para lograr esto se le colocó en las motoescrepas dos motores uno la parte delantera y el otro en la trasera.

* **Sistema de control de la caja, cuchilla y tapa:** El control de la caja, la cuchilla y la tapa se realizaba en los inicios de las motoescrepas por medio de malacates, esto es por medio de un sistema de cable y tambor, luego se realizo el control por medio de una combinación de cilindros hidráulicos y cables, por último se llevó acabo por medio de cilindros hidráulicos.

* **Sistema de carga:** Las motoescrepas también ha cambiado en lo que se refiere al sistema de carga ya que este se realizaba en un principio de la siguiente manera: La cuchilla se bajaba hasta tocar el terreno y la tierra que se iba cortando se obligaba a entrar a la caja y como cada vez la tierra tenía un espesor mayor, se llegaba a un punto en el que la fuerza del motor era insuficiente para obligar a entrar más material (fig. 17).

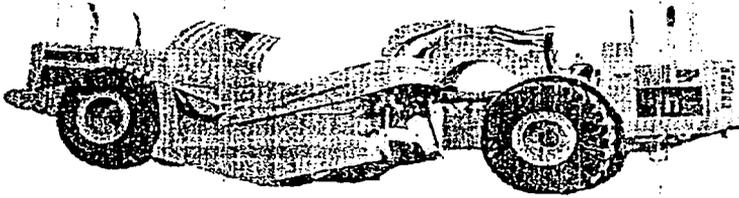


fig. 17 Motoescrapa autocargable por empuje.

Después se contó con una nueva opción, las motoescrapas de elevador de cadena de cangilones, que quitan el material de la cuchilla y lo elevan dentro de la caja, los mecanismos que hacen funcionar al elevador son hidráulicos (fig. 18).

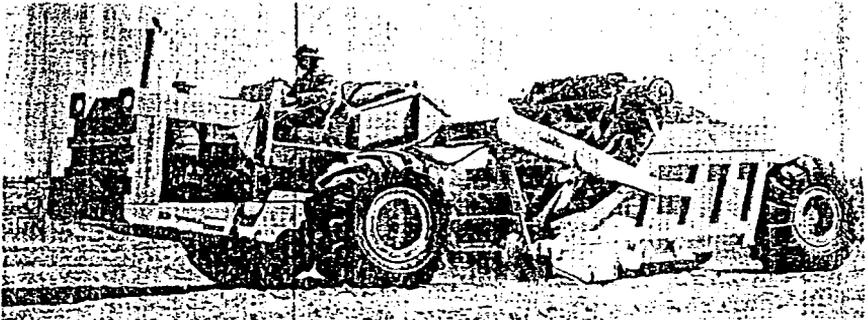


fig. 18 Motoescrapa con elevador de cadenas de cangilones.

Pero el llenado de las motoescrapas se ha seguido cambiando y prueba de ello es el nuevo elevador sinfin, el cual mejora la capacidad de carga ya que este elevador toma el material de la cuchilla y lo levanta hasta la cima de la

Capacidades

Las motoescrepas empezaron con capacidades grandes que iban desde los 400 a los 450 HP las que han perdurado hasta la época actual, lo que ha cambiado es lo relacionado al número de motores porque iniciaron con un motor y ahora se encuentran de dos motores lo que le da mas capacidad a la máquina.

Operación

- **Cabina:** Cuando surgieron las motoescrepas el puesto del operador era algo incomodo, ya que el conductor tenia que poner atención a los principales niveles y esto causaba un desgaste físico, ahora estas máquinas cuentan con un sistema de verificación electrónica que vigila los sistemas principales, teniendo tres niveles de advertencia.

Por otra parte el puesto del operador ha evolucionado en lo que se refiere a las palancas y controles, las que se hicieron más suaves y con mayor precisión. También el asiento del operador se ha mejorado, ahora se construye con suspensión hidráulica lo que le da al conductor mayor comodidad, las mejoras se han dado también en la columna de dirección que era fija y en las nuevas cabinas se encuentran inclinables y regulables en cinco posiciones.

Aplicaciones

Las motoescrepas desde sus inicios han sido utilizadas como vehículos de excavación, acarreo y tendido de materiales.

1.5 CAMIONES

Mecanismos

- **Motor:** Los primeros camiones funcionaban con motores de gasolina, que resultaban ser muy grandes y de elevado costo además de que contaban con poca potencia, después surgieron los motores diesel que fueron más económicos y potentes. Por último aparecieron los motores turbocargados o turboalimentados que brindan una excelente optimización del combustible y gran potencia.

- **Otros:** Algunos mecanismos que han sufrido cambios son:

* **Sistema de elevación de la caja:** La caja en los primeros camiones no contaba con un sistema de elevación, con el paso del tiempo este se implemento en los camiones de volteo, el primero lo formaban una bomba hidráulica, una válvula y un cilindro hidráulico (fig. 20).

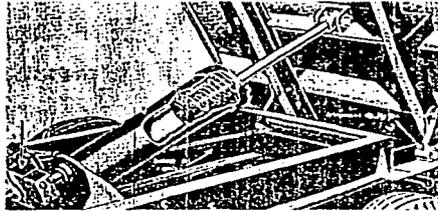


fig. 20 Sistema de elevación de un cilindro.

El sistema anterior fue mejorado al utilizar dos cilindros hidráulicos en lugar de uno (fig. 21), lo que hizo que la caja se pudiera elevar casi verticalmente.

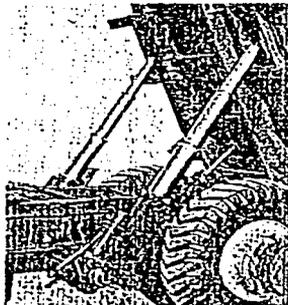


fig. 21 Sistema de elevación de dos cilindros.

* **Bastidor principal:** El bastidor no es propiamente un mecanismo pero sirve para soportar la mayoría de ellos por eso se tomo como tal, este ha ido cambiando básicamente en su resistencia y espesor los primeros bastidores eran resistentes, aunque su apariencia los hacia ver diferentes (fig. 22), ahora los bastidores se construyen más gruesos y más resistentes (fig. 23).

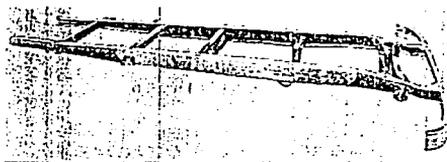


fig. 22 Primer bastidor.

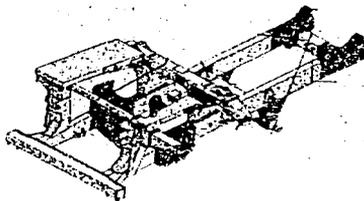


fig. 23 Bastidor actual.

Capacidades

Los camiones comenzaron con capacidades desde los 3 metros cúbicos y conforme fueron evolucionando han ido aumentando hasta llegar a tener camiones de volteo que cargan hasta 15 metros cúbicos. Los camiones articulados cuentan con una capacidad de 20 metros cúbicos, mientras que los camiones fuera de carretera pueden llegar a cargar hasta 78 metros cúbicos.

Operación

- **Cabina:** La cabina del conductor en sus inicios fue muy sencilla y poco cómoda (fig. 24), pero esto se ha mejorado ya que las cabinas recientes cuentan con aire acondicionado, un volante de posiciones y un sistema electrónico de monitoreo de los sistemas más importantes del camión (fig. 25).

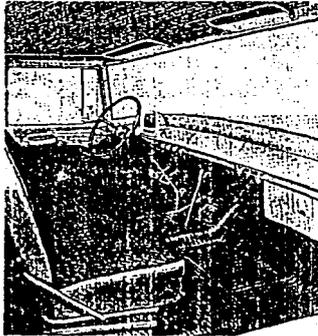


fig. 24 Cabina anterior.

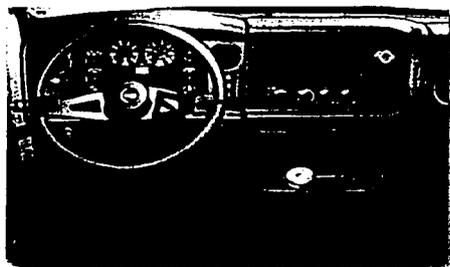


fig. 25 Cabina actual.

- **Utiles de trabajo:** Se puede decir que la caja es el único útil de trabajo que tienen los camiones y esta ha cambiado poco, porque las primeras eran cajas hechas de acero resistentes, pero no contaban con ninguna protección para la cabina del conductor (fig. 26), ahora se les ha acondicionado una protección para la cabina, y están más reforzadas.

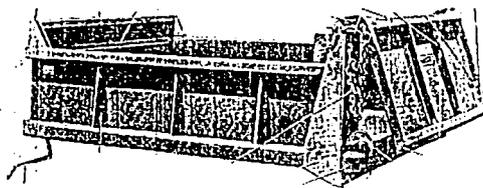


fig. 26 Primeras cajas

En los llamados camiones fuera de carretera, la caja tiene un diseño especial y está sumamente reforzada (fig. 27).

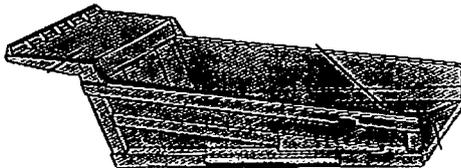


fig. 27 Caja de camión fuera de carretera.

Aplicaciones

- Usos: Los camiones fueron y se siguen utilizando para el acarreo de materiales, tierra o escombros en general.

1.6 COMPACTADORES

Mecanismos

- **Motor:** Los compactadores se iniciaron con el motor de gasolina, como el compactador de la marca Invicta (fig. 28) que fue de los primeros en llegar a México; luego se dio a conocer el motor diesel que daba a la máquina mayor potencia, pero el avance de los motores para los compactadores siguió, hasta el motor diesel turbocargado o turboalimentado (fig. 29), que además de dar una excelente potencia proporciona un ahorro en combustible.

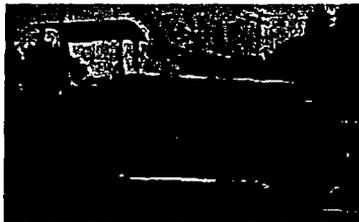


fig. 28 Motor de gasolina.

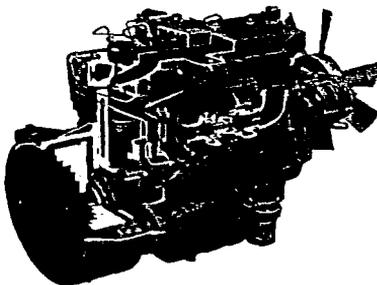


fig. 29 Motor turbocargado.

- **Otros:** Los siguientes mecanismos también han sufrido cambios:

* **Sistema de compactación:** Los primeros compactadores usaban el sistema de compactación por peso, es decir, estos solo contaban con el tamaño del rodillo o rodillos y con el peso de estos, poco después se le implementó un motor independiente a los rodillos para hacerlos vibrar y con esto se logró una mejor compactación (fig. 30).

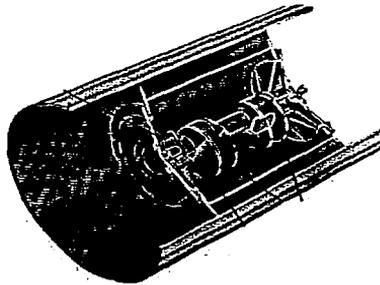


fig. 30 Rodillo vibratorio.

* **Cantidad de rodillos:** Los compactadores en sus inicios contaban con un rodillo, ahora podemos encontrar maquinaria con uno, dos o más rodillos.

Capacidades

Los compactadores comenzaron usando rodillos muy pesados, los cuales tenían pesos que iban de 8 hasta 20 toneladas, en la actualidad podemos encontrar máquinas portátiles con rodillos de 1 hasta 25 toneladas.

Operación

- **Cabina:** La cabina o puesto del operador en los inicios de los compactadores no contaban con techo, tenían poca visibilidad hacia el rodillo y el operador debía de verificar manualmente los sistemas de la máquina. En la época actual se cuenta con una excelente visibilidad, con un techo, y con un sistema electrónico que mantiene al operador informado del estado de los sistemas.

- **Útiles de trabajo:** Los compactadores cuentan con pocos útiles de trabajo de los cuales mencionaremos los siguientes:

* **Rodillos:** Los rodillos que comenzaron a utilizarse eran de acero lisos (fig. 31), luego hicieron su aparición una combinación de rodillo segmentados y lisos, el segmentado se utilizaba en la parte delantera para lograr una mejor compactación, así pues el liso se utilizaba para borrar las huellas (fig. 32), en un afán de mejorar la compactación se buscaron más opciones y de esas se derivaron los rodillos de neumáticos y los de pata de cabra (fig. 33), la mayoría de los rodillos mencionados se siguen utilizando hasta nuestros días o una combinación de ellos.

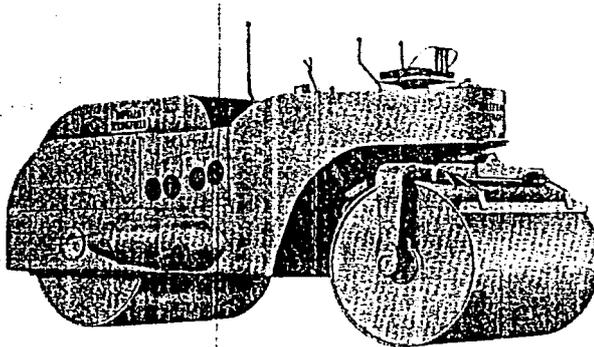


fig. 31 Compactador de rodillos lisos.

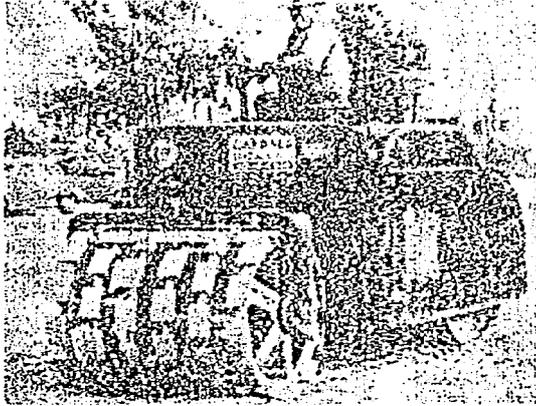


fig. 32 Compactador de rodillo segmentado y liso

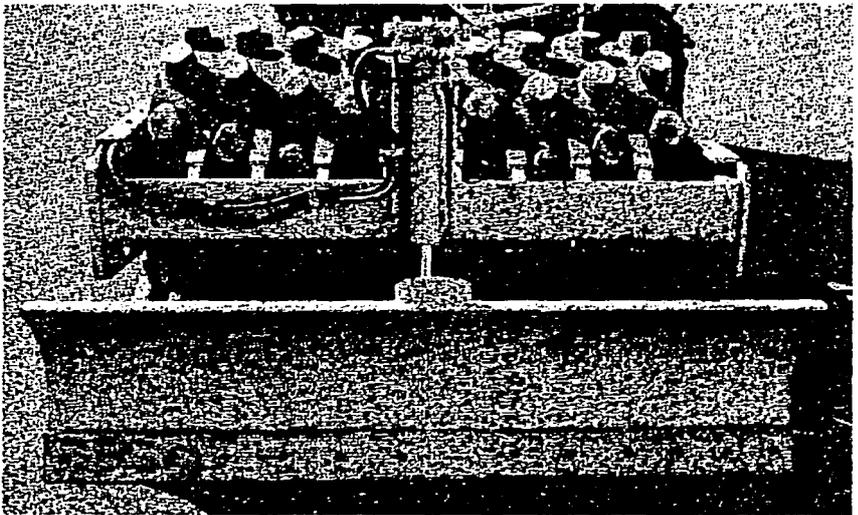


fig. 33 Compactador con rodillo pata de cabra y hoja topadora.

* **Escarificador:** El escarificador o ripper es un útil de trabajo opcional y fue implementado en los compactadores de rodillos lisos.

* **Hoja topadora:** La hoja topadora es opcional para los compactadores y cuenta con poco tiempo de haberse adaptado a estos, pero es de gran utilidad ya que con ella se puede compactar y rellenar al mismo tiempo (fig. 33).

Aplicaciones

- **Usos:** El uso más común de los compactadores fue en la compactación de terracerías, aunque también se utilizaban para compactar mezclas asfálticas, pero ahora con el implemento de la hoja topadora, también se puede utilizar para rellenos de zanjas, para extender material y para compactar.

CAPITULO 2 SITUACION ACTUAL DE LA MAQUINARIA

2.1 EQUIPO DE EXCAVACION

Entre la maquinaria que se puede considerar como equipo de excavación, podemos mencionar tractores, excavadoras y retroexcavadoras. Existen una gran variedad de empresas que se dedican a la venta de esta maquinaria y en este capitulo veremos algunas de ellas y los avances tecnológicos de sus modelos más recientes.

Tractores

Entre los tractores que se pueden encontrar en el mercado están los de Caterpillar, Case, Komatsu y otras empresas dedicadas a la venta de maquinaria.

Caterpillar cuenta con tractores de diferentes tamaños (fig. 34 y 35), entre los que se encuentran los de la serie III, la serie M y R y la serie N.

Los tractores de la serie III son pequeños pero muy versátiles, los M y R son medianos y los de la serie N son tractores grandes y en su mayoría estos tractores cuentan con adelantos tecnológicos semejantes, de los cuales destacan los siguientes:

- Un sistema de monitor electrónico que puede detectar los problemas antes de que estos se conviertan en reparaciones mayores.
- Puntos de servicio agrupados para facilitar el acceso, haciendo las verificaciones de mantenimiento rápidas y fáciles.

- La cabina es de montaje elástico, aislada herméticamente del polvo, el ruido y la vibración.
- Los componentes de estas máquinas son modulares, es decir se pueden hacer reparaciones sin tener que desarmar toda la máquina.

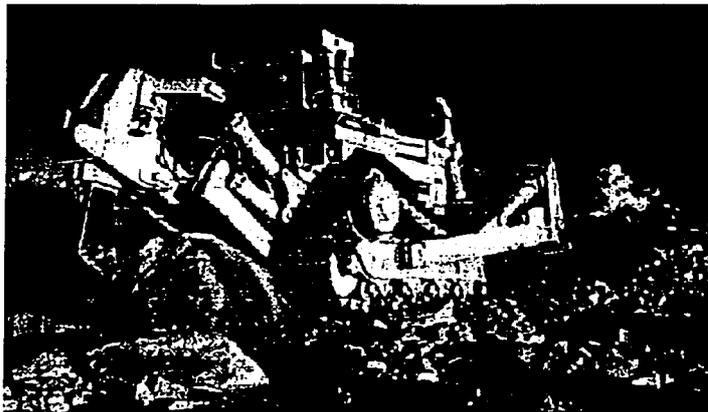


fig. 34 Tractor Caterpillar.

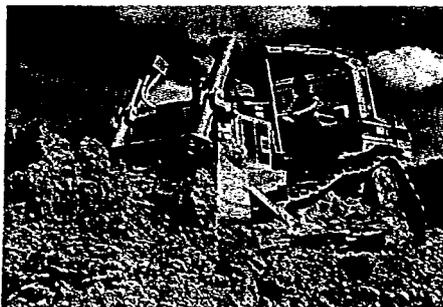


fig. 35 Tractor Caterpillar.

La empresa Case es otra empresa que se dedica a la construcción de maquinaria y en sus tractores de la serie G (fig. 36), se puede ver que se ha mantenido a la vanguardia tecnológica. dichos tractores cuentan con mejoras tales como:

- Una cabina con un sistema de monitor electrónico el cual monitorea todos los sistemas principales y detecta las posibles fallas.
- Una transmisión que da mayor suavidad a los cambios de velocidad.
- Un motor turboalimentado potente de inyección directa lo que le da mayor maniobrabilidad al tractor y un ahorro de combustible.
- La posición de la cabina le brinda una excelente visibilidad al operador.

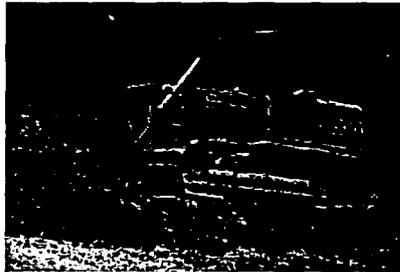


fig. 36 Tractor Case serie G.

Komatsu como empresa dedicada a la construcción de maquinaria también cuenta con una gran variedad de tractores desde pequeños como los modelos, D85E-21, D41E-6, D41P-6, D155AX-3, D375A-3, D65E-12, D65EX12, D65P-12, D65PX-12 y D85E-21, hasta de un tamaño considerable como son los modelos, D155AX-3 super (fig.37), D375-3 super (fig. 38). La mayoría de los tractores de esta empresa cuentan con tecnología de vanguardia y se puede ver en los siguientes puntos:

- Una transmisión hidromecánica, con un control continuo de la velocidad, es decir, el operador dispone siempre de la máxima capacidad del motor sea cual sea la carga y la velocidad de desplazamiento. La productividad que brinda es mayor porque el operador puede utilizar toda la potencia del motor en una amplia escala de velocidades de desplazamiento. Tiene un bloqueo la palanca de cambio y un conmutador que previene el arranque accidental de la máquina cuando no está la palanca en punto muerto.
- Un sistema de control electrónico que mantiene informado al operador el estado de los principales sistemas de la máquina y señala las pequeñas anomalías antes de que se conviertan en problemas mayores.
- Puntos de engrase accesibles y centralizados, lo que reduce el tiempo de mantenimiento.
- Cabina con aire acondicionado, calefacción, limpia parabrisas, extintor, cinturón de seguridad y alarma de marcha atrás.
- Trenes de rodaje compensados y flexibles, con estructura de bogie en forma de X, los cuales realizan movimientos independientes en zigzag, lo que le permite alcanzar ur.a

tracción potente incluso en terrenos desiguales debido a que la oruga siempre sigue el relieve del suelo. Para disminuir los impactos estos están montados con un amortiguador de goma.

- Un sistema limitador de la velocidad máxima, este sistema permite establecer la velocidad más apropiada para cada tipo de suelo a fin de evitar que las orugas resbalen (el operador no tiene que desacelerar).
- Un mecanismo de precalentamiento automático, el cual establece automáticamente el tiempo de calentamiento de acuerdo con la temperatura ambiente.
- Una construcción modular del tren de transmisión permite reparaciones rápidas, dando menor tiempo de inmovilización.



fig. 37 Tractor Komatsu modelo D155AX-3 super.

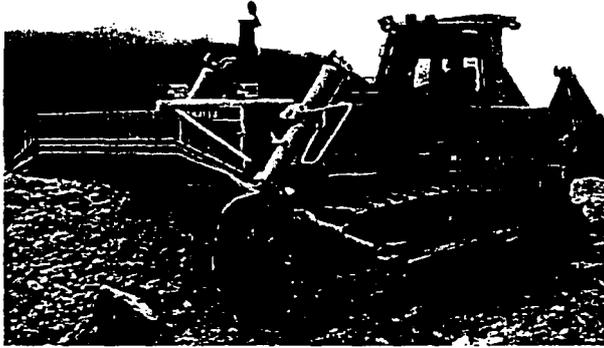


fig. 38 Tractor Komatsu modelo D375-3 super.

ESPECIFICACIONES DE TRACTORES												
MARCA	CATERPILLAR											
MODELO	D3C III	D4C III	D5C III	D6R	D7R	D8R	D5M	D6M	D8N	D9N	D10N	D11N
Potencia en HP	70	80	90	165	230	305	110	140	285	370	520	770
Peso de operación en Kg.	7,039	7,266	8,233	18,001	24,585	37,594	11,703	15,060	36,087	46,535	62,530	93,418
Capacidad de la hoja m ³	1.26	1.67	1.94	5.61	5.16	11.7	2.5	4.28	11	14.4	20.9	34.4

ESPECIFICACIONES DE TRACTORES									
MARCA	KOMATSU								
MODELO	D41E	D41P	D65E-12	D65EX-12	D65P-12	D65PX-12	D83E-21	D155AX-3	D375-3
Potencia HP	105	105	180	190	190	190	228	306	525
Peso de operación en Kg.	10,800	11,500	18,405	18,405	19,485	19,615	23,550	39,200	66,040
Capacidad de la hoja en m ³	2.6	2.6					5	11.8	22

ESPECIFICACIONES DE TRACTORES					
MARCA	CASE				
MODELO	550G Rubber	550G Track	650G	850G	1150G
Potencia en HP	67	67	80	89	118
Peso de operación en Kg	6,328	6,322	7,167	7,847	11,929
Capacidad de la hoja en m ³					

Retroexcavadoras

El avance tecnológico no ha dejado atrás a las retroexcavadoras y empresas como Caterpillar, Case, Komatsu y Volvo dedicadas a la construcción de estas máquinas lo comprueban en sus modelos y a continuación mencionaremos algunos de los avances de estas empresas.

En primer lugar hablaremos de Caterpillar la cual se considera una de las empresas con gran prestigio en lo que a construcción de maquinaria se refiere. Dicha empresa cuenta en sus modelos, 311B (fig. 39), 312B, 320B, 322BL, 325BL y 330BL con tecnología de vanguardia como la siguiente:

- Sistemas hidráulicos potentes, con lo que se logra un incremento en la fuerza de acometimiento y desprendimiento, lo cual logra una carga máxima del cucharón, en tiempos pequeños. Las modificaciones en los sistemas hacen que los controles que los controles tengan mejor respuesta.
- Un selector de modalidad de trabajo, que permite seleccionar las características hidráulicas para diferentes aplicaciones incluyendo prioridad de pluma, de giro así como operación de herramientas como pisón o martillos.
- La lectura del tablero se ha mejorado, aún cuando le dé directamente la luz del sol, debido a que se usa un cristal líquido de alto contraste.
- Un control automático del motor, el cual en condiciones de poca o ninguna carga hidráulica, reduce la velocidad del motor para bajar los niveles de ruido y consumo de combustible.

- Un control electrónico, que da un diagnóstico de los sistemas de la máquina desde el puesto del operador.
- Una cabina amplia y silenciosa debido a que su montaje esta sobre un material viscoso que absorbe el ruido y reduce el nivel de vibración. Además cuenta con sistema de aire acondicionado.



fig. 39 Retroexcavadora Caterpillar modelo 311B.

Case es también una empresa dedicada a la construcción de maquinaria, y cuenta con retroexcavadoras (fig. 40) actualizadas cuyas características son las siguientes:

- Sistemas hidráulicos superiores, que le proporcionan a las máquinas un rápido ciclo de trabajo, así como gran fuerza de levantamiento y de rompimiento además de una gran precisión.
- Una cabina diseñada para que el operador tenga un total control de la máquina.
- Cuatro maneras de selección para ajustarse a la ejecución y requerimientos de trabajo, desde carga de camiones a instalación de tubería.
- Un largo alcance con un radio de 15.6 a 18.3m.
- Un contrapeso para darle mayor estabilidad.
- Un refuerzo adicional en el rodamiento para una vida más larga de este.

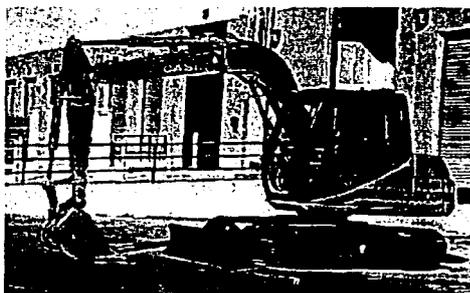


fig. 40 Retroexcavadora Case.

Otra empresa de gran prestigio en la rama de la construcción de maquinaria es Komatsu, la cual ha introducido en sus modelos PC160-6, PC180-6, PC180LC-6, PC180NLC-6, PC200-6, PC200EN-6 (fig.42), PC200NEL-6, PC210-6, PC240-6, PC240LC-6, PC240NLC-6, PC380LC-6 (fig. 43), PC450-6, PC450LC-6 y PC750SE-6 (fig. 44) una tecnología de punta, que describiremos a continuación:

- Un sistema hidráulico patentado por Komatsu llamado HydrauMind, que es uno de los sistemas más sofisticados con los que disponen actualmente que brinda ventajas como: Mayor potencia, versatilidad, maniobrabilidad y facilidad de control.
- Cuando se excava con el sistema HydrauMind y el estado del suelo cambia, este sistema instantánea, silenciosa y automáticamente envía solo la cantidad exacta de aceite a los cilindros, a la presión exacta, para acomodarse al cambio.
- El sistema modular HydrauMind hace fácil la tarea de añadir circuitos hidráulicos.
- Cuentan con un sistema de autodesaceleración, el cual reduce automáticamente la velocidad del motor pocos segundos después de poner la palanca de control en la posición neutra.
- Se les ha diseñado un sistema Modo Active el cual puede hacer uso total del caudal aumentado de la bomba y de la máxima potencia disponible del motor.
- La cabina en estas retroexcavadoras cuenta con controles ajustables, lo que permite que el operador los acomode a su gusto, los controles menores son fácilmente visibles y el

monitor cuenta con un sistema de advertencia y alarma sonora. Cuentan con un sistema de diagnóstico, el cual al producirse una falla sería el operador es avisado inmediatamente, mientras los problemas menores son almacenados en la memoria para ser revisados posteriormente por el personal de servicio.

- Todos los puntos de servicio son accesibles y centralizados para reducir los tiempos muertos.
- Las retroexcavadoras tienen un control (fig. 41) con las siguientes funciones:

1- Reloj

2- Horómetro: Mide la cantidad de horas trabajadas.

3- Indicador de cambio de aceite.

4- Manómetro de combustible.

5- Modos de trabajo.

- Aplicaciones duras.
- Operaciones generales.
- Control fino para operaciones de acabado.
- Elevación con mayor presión.
- Presión y caudal para martillos.

6- Modo Active: Para dar la máxima potencia y velocidad.

7- Autodesaceleración.

8- Velocidad de desplazamiento.

9- Máxima potencia y Reducción máxima: Aumenta la potencia al máximo y reduce cuando se requiere las velocidades a la mitad.

10- Señal de sobre carga.

11- Luces de aviso.

12- Temperatura del agua.

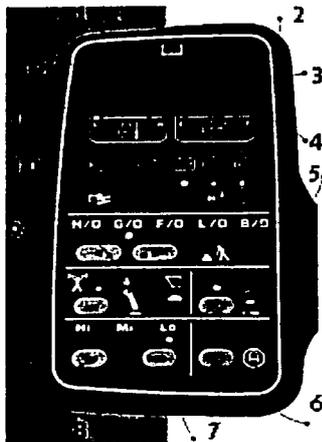


fig. 41 Control para retroexcavadoras Komatsu.



fig. 42 Retroexcavadora Komatsu modelo PC200EN-6.

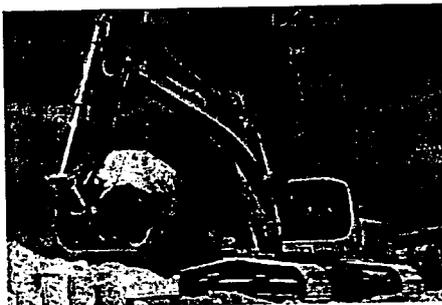


fig. 43 Retroexcavadora Komatsu modelo PC380LC-6.



fig. 44 Retroexcavadora Komatsu modelo PC750SE-6.

Otra de las empresas que se dedica a la maquinaria es Volvo, la cual cuenta con una gran variedad de retroexcavadoras con tecnología actual, lo que podemos ver en sus modelos EC280 y EC340 los que tienen las siguientes características:

- Un sistema hidráulico con tres cilindros, uno para cada movimiento de excavación.
- Un tren de rodaje capaz de trabajar en suelos blandos y en roca.
- Una gran flexibilidad, por su rápido acoplamiento y su gran variedad de plumas, brazos, cucharones y accesorios.

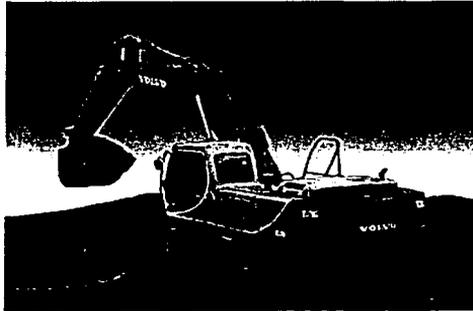


fig. 45 Retroexcavadora Volvo.

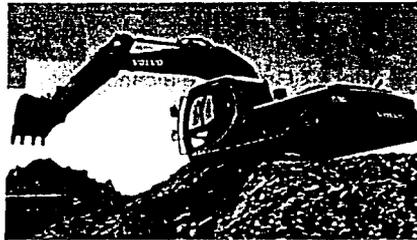


fig. 46 Retroexcavadora Volvo.

Es de importancia el conocer los alcances de las excavadoras como lo es la profundidad de excavación, el alcance máximo y la altura máxima de levantamiento y esto lo proporcionan las empresas por medio de tablas o gráficas como la siguiente (fig. 47):

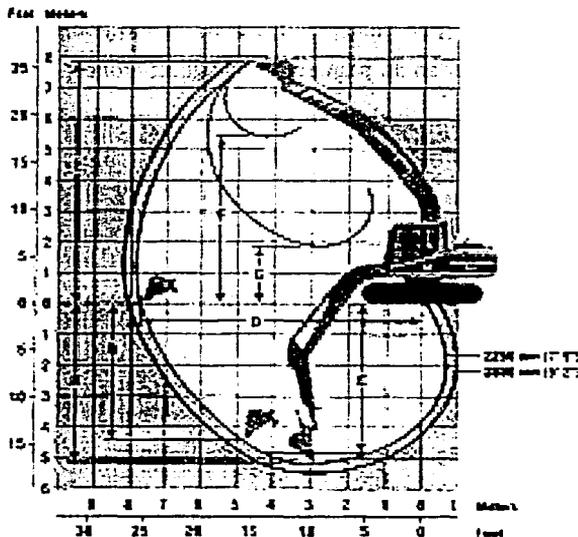


fig. 47 Gráfica de alcances.

ESPECIFICACIONES DE RETROEXCAVADORAS										
MARCA	CATERPILLAR									
MODELO	311B	312B	315L	M318	320BL	322BL	325BL	330BL	350L	375L
Potencia HP	79	84	99	131	128	153	168	222	286	428
Peso de operación en Kg	11,485	12,085	13,329	17,962	20,980	24,350	27,950	34,600	51,317	82,817
Capacidad del cucharón en m ³	0.78	0.78	0.74	1.05	1.9	2.2	2.2	2.6	3.06	4.96

ESPECIFICACIONES DE RETROEXCAVADORAS										
MARCA	CASE									
MODELO	9007B	9010B	9020B	9030	9030B Angosta	9040B	9045B	9050B	9060B	
Potencia HP	54	106	106	131	131	178	178	240	300	
Peso de operación en Kg	6,900	12,701	15,953	20,203	20,203	24,104	28,000	32,382	45,336	
Capacidad del cucharón en m ³	0.34	0.7	0.86	1.03	1.03	1.39	1.39	2	3.19	

ESPECIFICACIONES DE RETROEXCAVADORAS										
MARCA	KOMATSU									
	PC160	PC180-6 PC180LC-6 PC180NLC-6	PC200-6 PC200EN-6 PC200NEL-6	PC210-4	PC240-4 PC240LC-6 PC240NLC-6	PC290-6 PC290LC-6 PC290NLC-6	PC380LC-4	PC450-6 PC450LC-4	PC750SE-6	PW170ES-6
Potencia HP	106	106	135	133	160	174	235	310	450	125
Peso de operación en Kg	17,411	19,051	20,300	22,540	25,080	30,000	40,000	45,000	78,000	18,400
Capacidad del cucharón en m ³	0.95	1.14	1.19	1.7	1.3	2.1	2.54	2.7	6	1.14

ESPECIFICACIONES DE RETROEXCAVADORAS		
MARCA	VOLVO	
MODELO	EC280	EC340
Potencia HP	197	247
Peso de operación en Kg	29,400	36,700
Capacidad del cucharón en m ³	1.6	2.5

2.2 EQUIPO DE CARGA.

Entre los equipos de carga que podemos mencionar se encuentran las retroexcavadoras y cargadores frontales, las primeras ya han sido vistas en el punto anterior, así que este punto lo dedicaremos sólo a los cargadores frontales. La mayoría de las empresas que se han mencionado también se dedican a la construcción de cargadores frontales, por eso hablaremos de ellas y de sus modelos recientes.

La empresa Caterpillar cuenta con una variedad de cargadores sobre neumáticos (fig. 48), los cuales tienen avances tecnológicos que se mencionarán a continuación:

- Un tren de fuerza robusto que proporciona mayor potencia para mover más material.
- Mayor potencia hidráulica, con mayores cilindros y brazos de levantamiento de nuevo diseño los cuales son más largos para un mayor alcance.
- Una cabina con asiento ajustable, consola de dirección y tablero de instrumentos ajustables y aislada del ruido.
- Puntos de servicio agrupados y filtros de fácil acceso para un mantenimiento rápido y fácil.
- Un botón de reducción rápida de velocidad, que baja la velocidad instantáneamente.
- Un sistema de control de carga que pesa el material sobre la marcha que ayuda al operador a cargar los camiones con más precisión.

Pero Caterpillar no solo tiene cargadores sobre neumáticos, también maneja la línea de cargadores sobre cadenas (fig. 49), los cuales cuentan con las características siguientes:

- Un tren de fuerza hidrostático con un nuevo sistema de transmisión que separa un motor y bomba individuales para cada cadena, controlado electrónicamente para aprovechar toda la potencia disponible del motor. La robusta unidad hidrostática permite controlar independientemente la velocidad y la dirección de cada cadena.
- Una cabina confortable con un sistema de monitor computarizado, el cual continuamente verifica las condiciones del tren de fuerza para identificar problemas potenciales. Además de un sistema de aire acondicionado y cristales polarizados para evitar el deslumbramiento.

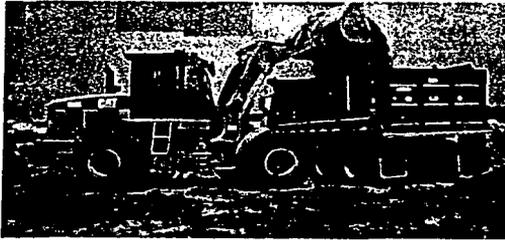


fig. 48 Cargador Caterpillar sobre neumáticos.

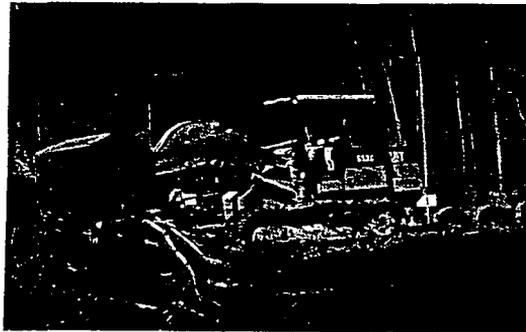


fig. 49 Cargador Caterpillar sobre cadenas.

Case ha desarrollado también nuevos modelos de cargadores como son los de la serie C (fig. 50), los cuales cuentan con lo siguientes avances:

- Una dirección fácil de maniobrar.
- Un cucharón con mayor capacidad.
- Una cabina con mayor visibilidad ya que se aumento el área de cristales, cuenta también con un asiento con suspensión de aire, aire acondicionado menor nivel de ruido y un tablero de instrumentación mejor ubicado.
- Un sistema de diagnóstico electrónico que detecta las posibles fallas.
- Un freno de estacionamiento eléctrico.



fig. 50 Cargador Case serie C.

Otra empresa que ha mantenido su maquinaria a la vanguardia tecnológica es Komatsu que en sus cargadores de la serie WA-3 demuestra su progreso tecnológico. La serie WA-3 cuenta con los modelos WA60, WA180, WA270, WA380, WA420, WA470, WA500 y WA600, estos cargadores tienen grandes adelantos, de los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Un sistema de monitor electrónico, que tiene un monitor en el centro de la cabina el cual muestra las funciones de desplazamiento y otro del lado derecho que muestra las fallas y las almacena en la memoria para facilitar el servicio.
- Un sistema de reducción automática de velocidad llamado "Kick-down" que permite al operador cambiar instantáneamente a la primera velocidad lo que permite penetrar al material con toda la potencia de la máquina.
- Un sistema electrónico estabilizador de carga automático, este sistema reduce las vibraciones y sacudidas en dos etapas cuando el cucharón está lleno y cuando está vacío y se activa automáticamente a los 5 km./h, el sistema reduce las vibraciones al mínimo, incluso en condiciones de carga y transporte sobre terreno desigual.
- Un sistema de potencia-velocidad automático, esto es un sistema hidráulico que se ajusta automáticamente a las condiciones de operación individuales. El sistema decide cuando se necesita potencia o cuando la velocidad es más ventajosa.
- Un sistema de lubricación automática, este sistema hace que los puntos que requieren lubricación periódica, con excepción del eje de la transmisión, se engrasen

automáticamente de acuerdo con un intervalo de tiempo y una cantidad preajustados. Para aplicar la grasa sólo se tiene que cambiar el cartucho de grasa.

- Una cabina aislada de ruidos con dos puertas de acceso y montada sobre hidrosoportes. Además de contar con un asiento de suspensión, volante de posiciones, aire acondicionado y un área de cristales mayor para una excelente visibilidad.

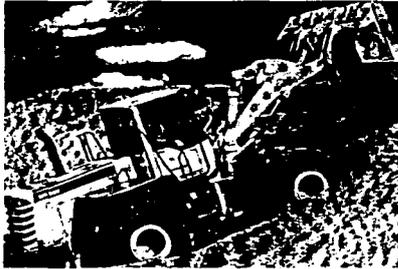


fig. 51 Cargador Komatsu modelo WA380-3.



fig. 52 Cargador Komatsu modelo WA600-3.

Volvo es también una empresa que cuenta con una línea de cargadores amplia (fig. 53), entre los que podemos mencionar están el L50C, el L70C, el L90C, el L120C, el L150C, el L180C, el L220D y el L330C que son máquinas con adelantos tecnológicos como:

- Un motor turboalimentado y de bajas emisiones contaminantes.
- Un sistema electrónico llamado "Contronic" el cual supervisa e informa de los diversos sistemas del equipo, lo que permite saber de futuros requerimientos de servicio y ayuda a dar un diagnóstico de averías rápido y fácil.
- Un sistema de frenos de accionamiento hidráulico y autoajustables que cuenta con dos circuitos independientes uno para cada eje.
- Una cabina con mayor visibilidad ya que tiene un área de cristales amplio, además de contar con un asiento ajustable al peso del conductor.
- El cucharón se desplaza paralelamente durante su elevación evitando derrames de material.



fig. 53 Cargadores Volvo.

ESPECIFICACIONES DE CARGADORES DE CADENAS					
MARCA	CATERPILLAR				
MODELO	933	939	953C	963B	973
Potencia en HP	70	90	121	160	210
Peso de operación en Kg	8,042	9,816	14,340	19,626	25,037
Capacidad del cucharón en m3	1	1.15	1.85	2.45	3.2

ESPECIFICACIONES DE CARGADORES DE NEUMATICOS									
MARCA	CATERPILLAR								
MODELO	914G	924F	928G	938F	950F II	960F	966F II	970F	980G
Potencia en HP	90	90	125	140	170	200	220	250	300
Peso de operación en Kg	7,283	7,844	9,100	13,030	16,598	17,661	20,909	23,255	29,519
Capacidad del cucharón en m3	1.3	1.7	2.2	2.5	3.1	3.5	3.8	4.3	5.7

ESPECIFICACIONES DE CARGADORES DE NEUMATICOS								
MARCA	CASE							
MODELO	621CZ-Bar	621CXR	621CXT	721CXR	721CXT	821CXR	921CZ-Bar	921CXR
Potencia en HP	130	130	130	152	152	187	248	248
Peso de operación en Kg	11,226	11,187	10,610	15,934	12,745	13,745	22,804	22,877
Capacidad del cucharón en m3	2.1	2.1	1.91	2.48	2.29	3.06	3.82	3.82

ESPECIFICACIONES DE CARGADORES DE NEUMATICOS								
MARCA	KOMATSU							
MODELO	WA60	WA180	WA270	WA380	WA420	WA470	WA500	WA600
Potencia en HP	45	112	141	190	228	264	315	440
Peso de operación en Kg	4,300	9,300	12,400	17,500	20,400	23,300	28,340	43,950
Capacidad del cucharón en m3	1	2.2	3	4.5	5.8	6.5	9.5	11

ESPECIFICACIONES DE CARGADORES DE NEUMATICOS								
MARCA	VOLVO							
MODELO	L50C	L70C	L90C	L120C	L150C	L180C	L220D	L330C
Potencia en HP	97	122	153	201	245	269	349	498
Peso de operación en Kg	7,800	10,500	14,400	18,000	21,900	24,900	30,200	49,100
Capacidad del cucharón en m3	3.9	5	7	9.5	12	14	14	8.3

2.3 EQUIPO DE ACARREO

Entre la maquinaria que se considera como equipo de acarreo se puede mencionar a los volquetes rígidos, volquetes articulados, camiones fuera de carretera y motoescrapas, estas máquinas son construidas por diferentes empresas y en este punto veremos algunas de ellas, así como los nuevos modelos con los que cuentan, entre las empresas más conocidas podemos mencionar Caterpillar, Case, Komatsu y Volvo.

Como hemos mencionado Caterpillar es una de las empresas de mayor renombre en el ramo de la maquinaria y en lo que se refiere a equipo de acarreo cuenta con máquinas muy modernas como son sus volquetes articulados, cuyos modelos D250E, D300E, D350D (fig. 54) y D400E cuentan con la tecnología de punta, como es:

- Motor potente de inyección directa que reduce el consumo de combustible.
- Retardador que reduce la aceleración de la motor, lo que disminuye el desgaste de los frenos.
- Ejes idénticos para facilitar el intercambio de piezas.
- Un enganche articulado que asegura el contacto de todas las ruedas con el suelo.
- Una caja reforzada de acero termotratado.
- Un sistema hidrofex, el cual proporciona amortiguamiento hidráulico y controla la transferencia de carga.
- Una cabina insonora, sin vibraciones y con excelente visibilidad, la cabina cuenta también con un asiento de

suspensión, aire acondicionado y un sistema de verificación electrónica, que permite vigilar continuamente las funciones más importantes de la máquina.



fig. 54 Volquete articulado Caterpillar modelo D350D.

Una empresa que cuenta también con nuevos modelos (fig. 55) de volquetes articulados es Volvo, la cual cuenta con los modelos A20C 6x6, A25C 4x4, A25C 6x6, A30C 6x6 y A35C 6x6. Las máquinas mencionadas cuentan con avances tales como:

- Una dirección hidromecánica, que combina un sistema hidráulico y uno mecánico, dicha dirección se coloca en la articulación central entre el chasis delantero y el posterior para darle a la máquina mayor maniobrabilidad en espacios estrechos y un menor radio de giro.
- Una cabina centrada en el eje delantero para dar una mejor visión y seguridad, la cabina cuenta con controles diseñados para estar al alcance del operador y con un asiento de suspensión que se ajusta al peso y tamaño del operador.

- Una transmisión automática que esta comandada por un computador central, el cual se asegura que el tren motriz este trabajando siempre en su posición óptima.
- Un sistema de bogie, el cual permite que las ruedas se adapten a las irregularidades del terreno manteniendo la tolva siempre horizontal.

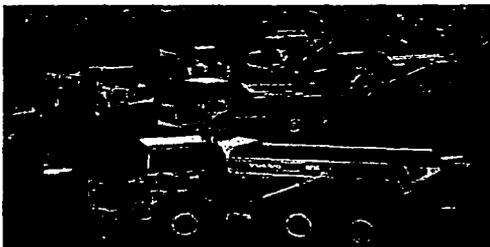


fig. 55 Volquete Articulado Volvo.

Komatsu es también una empresa que cuenta con modelos recientes de volquetes articulados (fig. 56), como lo son el HA250 y el HA270 que cuentan con tecnología destacada en los siguientes sistemas:

- Un motor bajo en combustible debido a que cuenta con una inyección directa de combustible de alta presión que da como resultado una mezcla ideal de aire y combustible.
- Un sistema de transmisión totalmente automática K-ATOMICS, la cual selecciona de forma automática la marcha óptima de acuerdo con la velocidad de desplazamiento del vehículo.

- Un sistema de frenado, con freno retardador de discos múltiples refrigerado con aceite, además las ruedas delanteras y el freno de estacionamiento no requieren de servicio de mantenimiento y son del tipo disco y zapata.
- Un sistema de frenado anti-bloqueo (ABS), que impide que se bloqueen los neumáticos cuando se aplica el freno de trabajo sobre superficies resbaladizas.
- Un sistema de control electrónico el cual muestra las condiciones del vehículo en cada momento.
- La cabina cuenta con un asiento de cinco posiciones y la columna de dirección es ajustable además de contar con una excelente visibilidad.
- Una mayor estabilidad debido a la gran distancia entre ejes y a una rodadura ancha.



fig. 56 Volquete articulado Komatsu.

Los volquetes articulados no son las únicas máquinas de transporte que podemos mencionar, también están los camiones fuera de carretera los cuales cuentan con grandes adelantos actualmente.

Caterpillar cuenta con los modelos; 769D, 771D, 773D, 775D, 777D, 785B (fig. 57) y 789 los cuales son una muestra de la avanzada tecnología con la que cuenta esta empresa y sus avances son los siguientes:

- Un motor con un sistema de control electrónico que regula la inyección de gasolina reduciendo el consumo de combustible y la emisión de humos.
- Cuentan con un analizador de control electrónico que permite la comunicación entre el motor y el tren de fuerza, con lo que se logra obtener cambios de velocidad suaves y con este sistema se puede dar un diagnóstico acertado, lo que reduce el tiempo de reparación.
- Una cabina con excelente visibilidad aislada de ruidos y polvo, con aire acondicionado, un asiento de suspensión ajustable y columna de dirección inclinable.

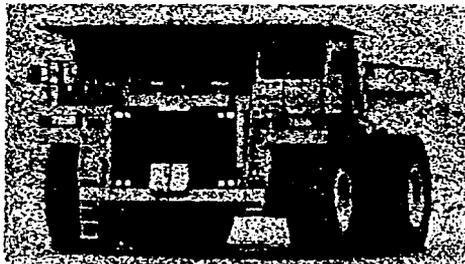


fig. 57 Camión fuera de carretera Caterpillar modelo 785B.

Volvo en conjunto con Euclid maneja una línea de camiones fuera de carretera (fig. 58), los que cuentan con adelantos tales como:

- Un motor con sistema de diagnóstico y un fácil acceso a los filtros, lo que reduce el tiempo de mantenimiento.
- Una transmisión con un tren motriz que se adapta a cualquier condición de trabajo.
- Un sistema de dirección simple para lograr una mayor accesibilidad.
- El sistema de volteo cuenta con un circuito avanzado y un dispositivo amortiguador.
- El sistema de frenado es hidráulico y con un pedal amortiguado para mayor comodidad del operador.

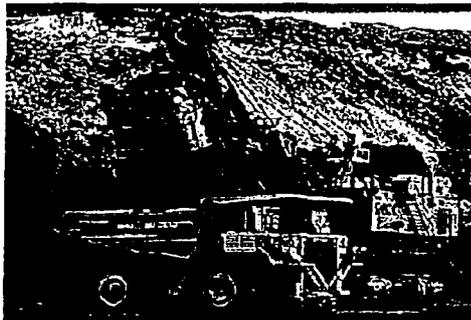


fig. 91 Camión fuera de carretera Volvo.

Komatsu cuenta también con algunos modelos de camiones fuera de carretera (fig. 59) como; el HD325-6, el HD405-6 y el HD785. Estos camiones cuentan actualmente con la misma tecnología avanzada que se usa en los volquetes articulados, en lo que se refiere al motor, transmisión, dirección, cabina, sistema de frenado y el sistema de control electrónico; la cual ya mencionamos en el punto de los volquetes por lo que no se volverá a mencionar en este punto.

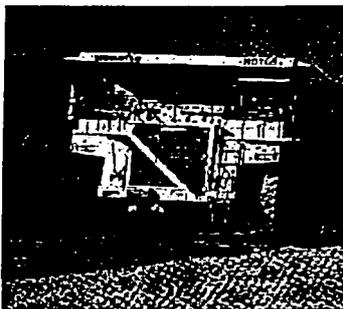


fig. 59 Camión fuera de carretera Komatsu.

ESPECIFICACIONES DE VOLQUETES ARTICULADOS						
MARCA	CATERPILLAR					
MODELO	D25D	D250E	D30D	D300E	D350D	D400E
Potencia en HP	260	260	285	285	340	385
Peso de operación en Kg	19,700	21,000	21,899	21,180	24,595	29,263
Capacidad en toneladas	22.7	22.7	27.2	27.2	31.8	36.3

ESPECIFICACIONES DE VOLQUETES ARTICULADOS					
MARCA	VOLVO				
MODELO	A20C 6X6	A25C 4X4	A25C 6X6	A30C 6X6	A35C 6X6
Potencia en HP	208.00	251.00	251.00	285.00	322.00
Volumen colmado m ³	12.00	13.00	13.50	16.50	19.00
Carga útil en ton.	20.00	22.50	22.50	27.00	32.00

ESPECIFICACIONES DE VOLQUETES ARTICULADOS		
MARCA	KOMATSU	
MODELO	HA250	HA270
Potencia en HP	243.00	243.00
Carga útil en ton.	25.00	27.00

ESPECIFICACIONES DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA.								
MARCA	CATERPILLAR							
MODELO	769D	771D	773D	775D	777D	785B	789B	793B
Potencia en HP	485	485	650	693	938	1380	1800	2160
Velocidad en km/h	75.20	56.30	65.80	65.80	60.40	56.00	54.00	54.00
Capacidad en toneladas	36.80	40.00	52.30	62.60	91.00	136.00	177.00	240.00

ESPECIFICACIONES DE CAMIONES FUERA DE CARRETERA.			
MARCA	KOMATSU		
MODELO	HD325-6	HD405-6	HD785
Potencia en HP	495	495	1010
Peso de operación en Kg	73180.00	73180.00	166000.00
Capacidad en toneladas	38.00	40.00	87.00

Como es sabido las motoescrapas o mototraillas pertenecen también a la maquinaria de acarreo por lo cual son las siguientes máquinas que veremos.

Caterpillar cuenta con una gran variedad de modelos de mototraillas de los cuales podemos mencionar el 621F, el 631E (fig. 60) y el 651E.

Los modelos mencionados anteriormente cuentan con algunos avances tecnológicos, que enunciaremos a continuación:

- Un motor con un sistema de inyección directa con inyectores y bombas de inyección individuales, que cuenta con un interruptor situado en el tractor para poder apagar el motor desde el suelo y una cubierta Thermo-Shield que reduce el calor en el compartimento del motor y otros compartimentos.
- Una transmisión controlada electrónicamente, que proporciona cambios suaves y velocidades útiles más altas para el acarreo.
- Un sistema de enganche amortiguado que reduce los choques durante la translación.
- Una cabina insonorizada con montaje elástico que amortigua la vibración, un asiento con suspensión hidráulica, una columna de dirección inclinable con cinco posiciones y un sistema de verificación electrónica que vigila los sistemas principales de la máquina.
- Un sistema de elevador sinfín (fig. 61) que mejora la capacidad de autocarga y la mezcla del material, además puede manejar una variedad más amplia de materiales comparado con los elevadores tradicionales. El mecanismo

sinfin tiene impulsión hidráulica y está controlado por una palanca desde el puesto del operador.

- La caja de la trailla es baja y muy ancha con cierre de compuerta hidráulico y expulsor tipo hoja topadora.



fig. 60 Mototrailla Caterpillar modelo 631E.



fig. 61 Elevador sinfin.

ESPECIFICACIONES DE MOTOESCREPAS O MOTOTRAILLAS			
MARCA	CATERPILLAR		
MODELO	621F	631E	651E
Potencia en HP	330	450	550
Velocidad de carga en km/h	51.00	53.00	53.10
Capacidad en m3	10.70	16.10	24.50

2.4 EQUIPO DE COMPACTACIÓN

Entre la maquinaria que podemos considerar como equipo de compactación, encontramos los rodillos compactadores en sus diferentes presentaciones y las motoniveladoras; que no son propiamente un equipo para compactar pero dan la preparación para la compactación, por eso las consideraremos en este punto.

Al igual que en las máquinas anteriores, las motoniveladoras y los rodillos compactadores son fabricados por diferentes empresas y aquí mencionaremos algunas de estas empresas y cuales son sus modelos recientes.

Como hasta ahora se ha visto Caterpillar es actualmente una de las empresas con más prestigio en el ramo de la maquinaria y en lo que se refiere a motoniveladoras cuenta con modelos como; el 140G (fig. 62), que cuentan con tecnología y características avanzadas como las siguientes:

- Un sistema de frenado autorregulable de activación neumática con circuitos de aire independientes.
- Un eje delantero duradero debido a que esta sellado, lo que hace que el eje quede libre de polvo.
- Un sistema hidráulico detector de carga, el cual adapta automáticamente el flujo y la presión según sea necesario a favor del consumo de combustible y para responder con precisión a la demanda de potencia.
- Una cabina con asiento de suspensión graduable, climatización completa que incluye; climatización, calefacción, deshumectación y presionización.
- Un sistema de verificación electrónica para monitorizar los sistemas importantes de la máquina.

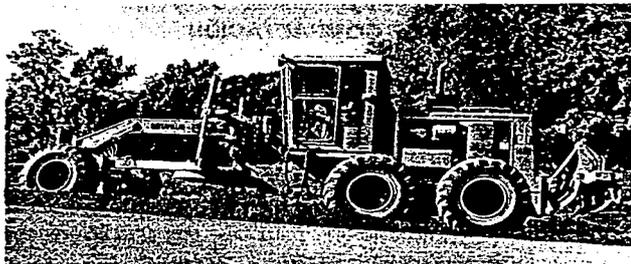


fig. 62 Motoniveladora Caterpillar.

Entre otras empresas que se dedican a la construcción de maquinaria podemos mencionar a Volvo, la cual cuenta con motoniveladoras de la submarca Champion, esta es una marca muy utilizada en lo que a motoniveladoras se refiere ya que cuenta con mucha experiencia en ese ramo de la maquinaria y actualmente cuenta con una gran tecnología que se refleja en sus modelos de la serie 700 (fig. 63 y 64); dichos modelos cuentan con avances como los siguientes:

- Un motor turboalimentado de inyección directa, que reduce el consumo de combustible.
- Una mayor visibilidad desde la cabina. La posición de la cabina, el sistema de levante de la cuchilla, y el eje delantero están diseñados para dar mayor vista a la parte delantera, a las ruedas delanteras y a la tornamesa de la cuchilla. La cabina cuenta también con un sistema de instrumentación centralizada para que el operador vea los sistemas principales en poco tiempo.
- Un sistema hidráulico mejorado para aplicaciones en las que se requiere un alto grado de sensibilidad en la cuchilla. Asegura una presión uniforme en todo el largo de la cuchilla.

- Accesibilidad para el servicio por el sistema modular con el que cuenta, el que permite reparar un sistema sin tener que desmontar los demás.
- Cuenta con versiones de modelos VHP de potencia variable que permiten el uso eficiente de la potencia del motor, esto es mayor potencia cuando ésta es necesaria y economía de combustible.
- Una gran variedad de implementos como; escarificador delantero, ripper y escarificador posterior, contrapeso, hoja topadora para nieve, y otros; lo que le permite tener otras aplicaciones además de la nivelación.



fig. 63 Motoniveladora Champion serie 700.



fig. 64 Motoniveladora Champion serie 700.

Una empresa que también construye motoniveladoras, es Fiatallis la cual cuenta con los modelos de la serie FG (fig. 65); que son el FG65C, el FG65C turbo, el FG70B, el FG85B y el FG105B, los que cuentan con características que hacen que estas máquinas sean de las mejores en el ramo y algunas de esas características son las siguientes:

- El operador cuenta con una excelente visibilidad sobre la cuchilla desde su asiento, debido al diseño de la cabina.
- Las máquinas cuentan con un control y velocidad precisas de la hoja, para lograr una producción consistente.
- Cuentan con un diferencial el cual proporciona una gran tracción en suelos de condiciones duras.
- Un buen balance entre la Máquina y el peso hacen que el poder de distribución sobre la cuchilla sea el ideal para trabajar.



fig. 65 Motoniveladora Fiatallis serie FG.

Komatsu al igual que las demás empresas mencionadas, construye también motoniveladoras, las cuales cuentan con excelentes características como las que tienen los modelos de la serie GD (fig. 66, 67 y 68), entre algunas de estas características podemos mencionar las siguientes:

- Un motor con excelente potencia, debido a su inyección directa de gasolina.
- Una cabina amplia con aire acondicionado, asiento ajustable, panel de control al alcance del operador y con gran visibilidad.
- Una cuchilla con gran movilidad gracias al sistema hidráulico con el que cuenta.

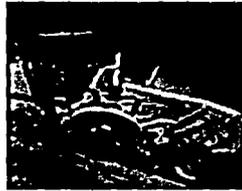


fig. 66 Motoniveladora Komatsu serie GD.

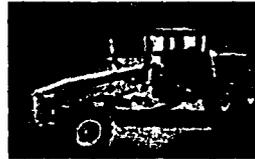


fig. 67 Motoniveladora Komatsu serie GD.



fig. 68 Motoniveladora Komatsu serie GD.

Como se mencionó al comenzar éste punto, la principal maquinaria para la compactación son los rodillos en sus diferentes formas y modalidades y Caterpillar cuenta con diferentes modelos de compactadores como son los compactadores lisos, entre los que encontramos los modelos: CS-323, CS-431C, CS433C, CS-563D y CS-583D (fig. 69). También Caterpillar maneja la línea de compactadores pata de cabra de los cuales podemos mencionar algunos modelos; CP-323C, CP-433C y el CP-563D (fig. 70), otro tipo de compactadores con los que cuenta esta empresa son los de neumáticos entre ellos están el PS-150B (fig. 71), el PS-200B, el PS-300B, el PS-360B y el PF-300B.

Los compactadores de rodillos lisos vibratorios al igual que los de pata de cabra, cuentan con una estructura semejante sólo cambian en lo que se refiere al rodillo por eso sus avances tecnológicos son también semejantes; algunos de estos avances los mencionaremos a continuación:

- Todas las máquinas cuentan con una válvula divisora de flujo, que proporciona la potencia de tracción adecuada tanto en el tambor como en las ruedas traseras, en cualquier condición de terreno. La válvula divisora de flujo hidráulico envía este flujo al motor impulsor de las ruedas y al motor impulsor del tambor, si el tambor o las ruedas traseras patinan, la válvula divisora de flujo restringe el flujo al motor impulsor que está girando y lo dirige al otro motor.
- El puesto del operador de estas máquinas cuenta con una instrumentación completa que mantiene al operador informado del estado de los diferentes sistemas de la máquina y además este puesto del operador puede contar con una cabina cerrada la cual es opcional y cuenta con aire acondicionado y esta libre de vibraciones y ruido.

- Estas máquinas cuentan con un amplio acceso a los componentes hidráulicos lo que simplifica el servicio, y para acelerar el mantenimiento se cuenta con áreas de servicio agrupadas además la mayoría de las piezas y los componentes son intercambiables entre las máquinas.
- Los tambores de estas máquinas pueden ser lisos vibratorios los cuales tienen un gran rango de aplicaciones y cuentan con un sistema cerrado de aceite a velocidad baja que protege el tambor vibratorio y elimina la grasa diariamente y tambores de pisones los cuales cuentan con una barra limpiadora con dientes ajustables y reemplazables que mantienen el tambor limpio entre los pisones para lograr una máxima penetración y ambos tambores pueden contar con una hoja topadora optativa que permite rellenar y nivelar durante la compactación.
- El tiempo de conversión de un compactador de rodillo liso vibratorio a uno de pisones y viceversa, es de seis horas aproximadamente.

En lo que se refiere a los compactadores de neumáticos son utilizados en suelos granulosos y cuentan con:

- Facilidad para compactar hacia delante y en retroceso lo que hace este trabajo más rápido.
- Limpiadores de los neumáticos para que no retengan residuos del suelo.

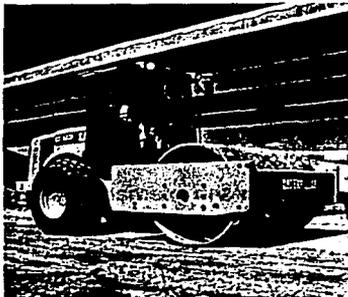


fig. 69 Compactador Caterpillar modelo CS-583D.



fig. 70 Compactador Caterpillar modelo CP-563D.

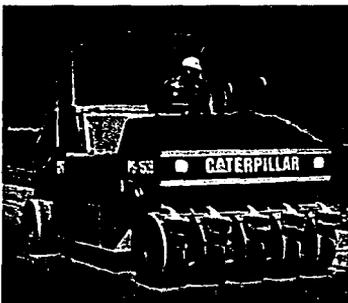


fig. 71 Compactador Caterpillar modelo PS-150B.

En lo que a compactadores se refiere, Volvo que es una empresa dedicada a la construcción de maquinaria, cuenta con la representación comercial de la afamada línea de equipos para compactación Dynapac, dicha representación la viene realizando desde Noviembre de 1999.

Dynapac lleva más de 60 años diseñando y fabricando equipos de compactación. En estos años esta empresa se ha mantenido a la vanguardia del desarrollo e innovación tecnológica.

La línea Dynapac comprende tres grupos principales de compactadores; el CA, el CC y el CP.

CA: Son compactadores de tambor liso vibratorio para suelos y se cuenta con la versión de "pata de cabra". La línea CA (fig. 72) Ofrece modelos con la más moderna tecnología desarrollada por Dynapac, como la siguiente:

- Un mantenimiento reducido y rápido, ya que cuenta con un fácil acceso a las áreas de servicio y con componentes modulares.
- Para suelos arcillosos Dynapac ofrece las versiones con tambor Padfoot o "pata de cabra" en todos sus modelos. El cambio de tambor liso a "pata de cabra" y viceversa es fácil.

CC: Son Compactadores vibratorios lisos tandem (es decir en pares o parejas) para suelos y asfalto, los podemos encontrar de 2 a 4 y de 7 a 12 (fig. 73) toneladas y su tecnología es la siguiente:

- Cuentan con una dirección articulada combinada con un diámetro de rodillo de grandes dimensiones y una distribución bien equilibrada del peso entre los rodillos.
- Estos compactadores tienen los rodillos partidos que minimizan el riesgo de formación de huellas y ondulaciones.

CP: Son compactadores estáticos sobre neumáticos (fig. 74) que se pueden usar en compactación de bases, sub bases y mezclas asfálticas, en estas últimas es donde se utilizan con mayor frecuencia y ofrecen avances como los siguientes:

- Una superposición de neumáticos que favorece la capacidad de producción.
- Un amplio rango de lastrado para una aplicación adecuada en cualquier condición de trabajo.

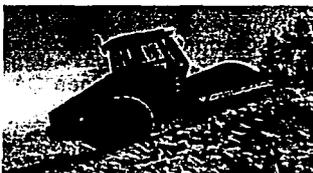


fig. 72 Compactador Dynapac línea CA.



fig. 73 Compactador Dynapac en tandem.

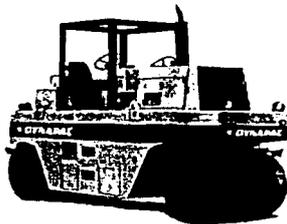


fig. 74 Compactador Dynapac de neumáticos.

ESPECIFICACIONES DE COMPACTADORES VIBRATORIOS PARA SUELOS								
MARCA	CATERPILLAR							
MODELO	CP-323C	CS-323C	CS-431C	CP-433C	CS-433C	CP-563D	CS-563D	CS-583D
Potencia en HP	70	70	105	105	105	153	153	153
Peso de operación en kg	4745.00	4540.00	6509.00	7075.00	6773.00	11275.00	10875.00	15200.00
Ancho de compactación en mm	1270.00	1270.00	1676.00	1676.00	1676.00	2133.60	2133.60	2133.60

ESPECIFICACIONES DE COMPACTADORES DE NEUMÁTICOS					
MARCA	CATERPILLAR				
MODELO	PS-150B	PS-200B	PF300B	PS-300B	PS-360B
Potencia en HP	70	105	105	105	104
Peso de operación en kg	12940.00	18145.00	23100.00	23100.00	25000.00
Ancho de compactación en mm	1727.00	1727.00	1900.00	1900.00	2275.00

ESPECIFICACIONES DE COMPACTADORES VIBRATORIOS LISOS				
MARCA	VOLVO (DYNAPAC)			
MODELO	CA152D	CA25D	CA302D	CA512D
Potencia en HP	95	150	119	174
Peso de operación en kg	7300.00	10150.00	12600.00	15600.00
Ancho de compactación en mm	1676.00	2132.00	1543.00	2130.00

ESPECIFICACIONES DE COMPACTADORES DE NEUMÁTICOS			
MARCA	VOLVO (DYNAPAC)		
MODELO	CP132	CP221	CP271
Potencia en HP	100	95	95
Peso de operación en kg	4300.00	7950.00	11400.00
Ancho de compactación en mm	1760.00	1820.00	2350.00

2.5 PLANTAS DE TRITURACIÓN

Las plantas de trituración son el resultado de la combinación racional de diferentes elementos o equipos que sirven para triturar y cribar, a tamaños convenientes, fragmentos de roca (fig. 75). Las quebradoras, los medios de alimentación, de transporte y de clasificación que la integran, están diseñados para recibir los fragmentos de roca de los tamaños, volúmenes y tiempos, según la exigencia de la operación, para entregar un producto o productos deseados, de acuerdo con la demanda.

En la actualidad no existe una máquina que de un solo paso convierta el material suministrado en agregados útiles, por lo que es necesario efectuar la transformación a través de un sistema de varias etapas de acuerdo al resultado que se desee obtener.

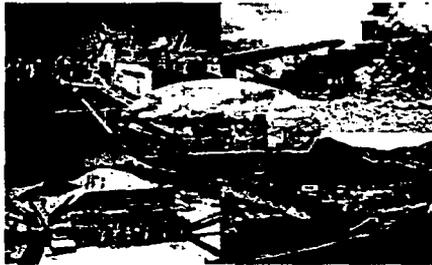


fig. 75 Diferentes plantas trituradoras.

El avance en las plantas de trituración comienza desde su diseño, ya que tradicionalmente, los ingenieros y diseñadores de plantas han recurrido al uso de tablas de especificación de equipos provistas por los fabricantes para el diseño y la optimización de circuitos de trituración. Este procedimiento de cálculo manual es sin embargo tedioso y susceptible a errores.

Ahora resulta más económico para los ingenieros encargados para concepción de circuitos, el utilizar un simulador flexible de circuitos, que es un programa de simulación desarrollado especialmente para el diseño y la optimización de circuitos de trituración. El programa utilizado es CRUSHEX que esta integrado a MS-Excel y es fácil de usar y ofrece una interface muy práctica para el intercambio de datos con otras aplicaciones de Windows.

La evolución de las plantas trituradoras no solo esta en su diseño ya que la necesidad de garantizar una viabilidad económica de las operaciones, ha exigido, una perfección en los equipos por lo que los fabricantes han evolucionado la maquinaria que se empleaba no tanto en su tamaño, sino en la mejora de la fiabilidad de sus componentes, mecanismos y funciones.

Las trituradoras utilizadas en las plantas son automáticas y funcionan solo con un interruptor, y son muy seguras para operar lo que reduce riesgos y personal para manejar las plantas de trituración.

Como se ha visto en este capítulo la maquinaria pesada ha tenido grandes innovaciones, y el ramo de las trituradoras no se ha quedado rezagado y se mantiene a la vanguardia tecnológica.

Recientemente se ha introducido en el mercado un nuevo sistema conocido como "Sistema de cassette" que tiene la ventaja de permitir reemplazar las partes averiadas sin necesidad de parar la producción.

El mantenimiento de las máquinas tan grandes como las trituradoras es un problema serio para ramos como el de la minería que necesita trabajar las 24 horas del día y el tiempo perdido por mantenimiento de las máquinas es muy costoso, ya que la producción puede bajar desde un 50% y hasta un 100%.

Otra novedad en el mercado de las trituradoras es la que trae la empresa Nordberg que tiene la característica de manejar agregados de hasta

280mm, tiene además un riel para transportar la grava, protección de la máquina en caso de sobre peso y un control remoto opcional.

También hay otras novedades en las trituradoras es que ahora son más seguras, necesitan poco mantenimiento y además cuentan con la habilidad de transportar el material de un sitio a otro (fig. 76).

La trituradora Mega Bite tiene la ventaja de ser una trituradora poderosa y además de tener la habilidad de desplazarse (fig. 77).

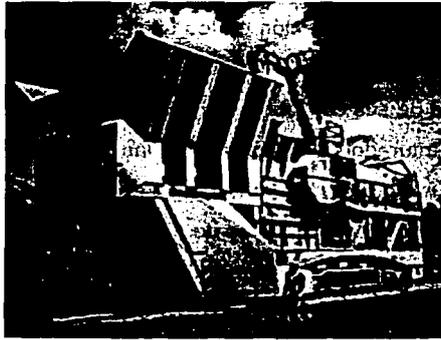


fig. 76 Planta trituradora movida por orugas

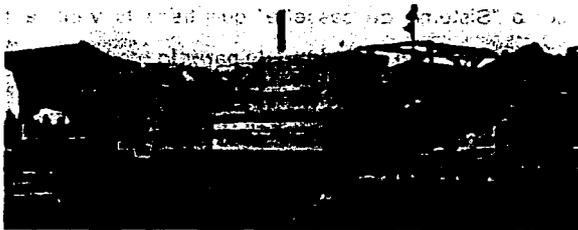


fig. 77 Trituradora Mega Bite.

CAPITULO 3 ELEMENTOS DE MECANICA DE SUELOS EN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE TERRACERÍAS.

3.1 EN LOS EQUIPOS DE EXCAVACION, CARGA Y ACARREO.

Debido a que la maquinaria que se utiliza en la construcción de terracerías es para manejar el suelo y transportar tierra, es lógico, que nos ocupemos en primer lugar de la materia que se ha de excavar, cortar, apisonar y de transportar, esto es, del suelo.

Nunca se insistirá demasiado en la conveniencia de poseer conocimientos amplios sobre los suelos cuando se trata de emprender trabajos de terracerías. Por esto hay aspectos fundamentales que deben interesarnos acerca de la composición de los suelos ya que estos están formados por materiales sólidos, agua y aire en partes variables, y para su estudio más exacto utilizamos la Mecánica de Suelos. Algunos elementos de este material influyen en la selección de la maquinaria utilizada en terracerías y para los equipos de excavación, carga y acarreo. Los principales elementos que intervienen son la resistencia o dureza, la humedad y el abundamiento.

Resistencia o dureza.

Para la maquinaria de excavación, es necesario saber las condiciones del suelo en que se va a llevar a cabo ésta, es decir necesitamos saber parcialmente su naturaleza, qué tan resistente es el suelo al corte y su dureza, ya que si se encuentra un material duro y tenaz, deberán romperse los ligamentos de solidificación, probablemente mediante voladura con explosión.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

Para los trabajos de excavación se pueden clasificar los suelos en cinco grandes grupos:

- Tierra.
- Hard pan (suelo con gran resistencia a la penetración)
- Roca disgregada.
- Arcilla solidificada.
- Roca.

Para suelos no homogéneos se limita a indicar los porcentajes de materias de los grupos citados, por ejemplo se dice tierra con 20% de roca.

Pero la clasificación anterior no es tan usada en los trabajos de excavación, se cuenta con una usada con más frecuencia; la propuesta por George J. Young, en la cual los materiales se designan por clases.

DESIGNACION	CARACTERISTICAS
CLASE Ia	Arena – Grava fina - Fango con poca agua o sin agua.
CLASE Ib	Arena movediza, barro y arcilla con más o menos agua.
CLASE II	Arenas y suelos con piedras, bloques de piedra, grava gruesa y restos de roca
CLASE III	"Hardpan", "compacto hardpan", arcilla esquistosa, rocas tiernas más o menos fisuradas, carbón, gravas minerales compactadas más o menos agregadas por aglutinante o masas de rocas muy debilitadas por estratificación.
CLASE IV	Rocas medias y duras como gres, calcáreas, pizarras, tobas volcánicas, cenizas volcánicas vitrificadas, brechas, gravas aglomeradas, masas rocosas debilitadas por estratificación, rocas muy alteradas y minerales tiernos.
CLASE V	Rocas duras y compactadas, calcáreas síliceas, rocas ígneas o metamórficas, rocas moderadamente alteradas, cuarcita y la mayoría de los minerales.
CLASE VI	Rocas muy duras, rocas ígneas no alteradas, como el granito, la diorita, la diabasa; las rocas metamórficas duras como el sílex y el jaspe, minerales densos, hematites y magnetita y minerales síliceos no debilitados por rotura.

Las clases I y II no requieren tratamiento previo alguno antes de la excavación, mientras la clase III precisa muy a menudo una disgregación previa con ripper o escarificador, incluso puede necesitar dinamitarse si no se dispone de maquinaria muy potente. La clase IV debe disgregarse con un explosivo débil, la clase V con explosivos de potencia media y los de la clase VI con un potente explosivo rompedor.

Los suelos contienen minerales y estos tienen una cierta dureza y una escala sencilla de comparación es la conocida como la Escala de Mohs la cual es usada como tipo de comparación de diez minerales ordenados por su dureza.

Mineral	Dureza
Talco	1
Yeso	2
Calcita	3
Fluorita	4
Apatita	5
Ortoclasa(Feldespato)	6
Cuarzo	7
Topacio	8
Corindón	9
Diamante	10

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes cuenta con Normas para construcción e instalaciones y en la parte que corresponde a

terraceras de Carreteras y Aeropuertos clasifica los materiales para su extracción y carga de la siguiente forma:

Los materiales de cortes, de acuerdo con la dificultad que presenten para su extracción y carga, se clasificarán tomando como base los tres tipos siguientes:

Material A.

Material B.

Material C.

Material A es el blando o suelto, que puede ser eficientemente excavado con motoescropa de 90 a 110 caballos de potencia sin auxilio de arados o tractores empujadores, aunque ambos se utilicen para obtener mayores rendimientos. Además, se consideran como Material A, los suelos poco o nada cementados, con partículas hasta de 7.6 centímetros (3"). Los materiales más comúnmente clasificables como Material A, son los suelos agrícolas, los limos y las arenas.

Material B es el que, por la dificultad de extracción y carga, sólo puede ser excavado eficientemente con tractor de orugas con cuchilla de inclinación variable, de 140 a 160 caballos de potencia, sin el uso de arado o explosivos, aunque por conveniencia se utilicen éstos para aumentar el rendimiento. Además, se consideran como Material B, las piedras sueltas menores a 75 centímetros y mayores a 7.6 centímetros (3"). Los materiales más comúnmente clasificables como Material B, son las rocas muy alteradas, conglomerados medianamente cementados, areniscas blandas y tepetates.

Material C es el que, por su dificultad de extracción, sólo puede ser excavado mediante el empleo de explosivos; además, también se consideran como Material C, las piedras sueltas con una dimensión mayor de 75 centímetros. Entre los materiales clasificables como Material C, se encuentran las rocas

Pero la velocidad de ondas sísmicas no solo nos puede dar una gráfica de desgarrabilidad, también nos dan gráficas de la producción con desgarrador, las cuales están basadas en estudios llevados a cabo en una gran variedad de suelos. Una de esas gráficas se muestra a continuación.



Clave:

A - Ideal

B - Adverso

* En pies por segundo x 1000

** En metros por segundo x 1000

El límite superior de las gráficas representa desgarramiento en condiciones totalmente favorables. Si existe en la obra alguna característica que reduzca la producción, se debe utilizar el límite inferior de la gráfica.

Como podemos observar uno de los principales índices de los suelos que influye en su clasificación es su resistencia o dureza, según su consistencia y dureza, los diferentes terrenos se prestan más o menos bien a la acción de las máquinas de excavación y a las de carga. Por lo tanto la resistencia del terreno determina:

- El método de trabajo a adoptar.
- El tipo de máquinas a emplear, es decir el tamaño y la potencia que se necesitan para trabajar el suelo.
- El rendimiento de las máquinas elegidas y por consiguiente el precio del trabajo ejecutado.

Existen varios procedimientos para medir la resistencia de los suelos en los laboratorios como son las pruebas de corte directo, de corte doble, de corte de torsión, de corte de veleta, de compresión no confinada y de compresión triaxial.

Humedad.

Es el contenido de agua de un suelo dado en porcentaje. Se obtiene al comparar el peso del agua con el del suelo seco, esto es:

$$\text{Cont. de agua(\%)} = (\text{peso del agua} / \text{peso del suelo seco}) * 100$$

En general el contenido de agua o humedad de diversos suelos, varía de aproximadamente del 10 a 15% para la arena, del 15 a 30% para el limo y del 30 a 50% para la arcilla, aunque algunos suelos, tales como los lodos, pueden tener contenidos de agua de 100 a 200%. Como contraste, los suelos arenosos de las zonas desérticas suelen tener contenidos de agua del 5% o menos.

El contenido de humedad es un índice importante que influye en la selección de la maquinaria, ya que este nos puede indicar qué tipo de tracción

necesitamos, así como el tamaño y peso de los equipos para poder trabajar a una máxima capacidad.

Abundamiento.

El abundamiento es un índice importante cuando se trabaja con terracerías ya que el suelo al ser excavado se expande en comparación con su estado natural en la superficie de la tierra. Cuando el suelo no ha sido removido el volumen de tierra se mide "en banco", utilizando entonces la expresión "medida en banco".

Cuando el material es explotado, (como cuando se detona la roca o se excava la tierra de su lecho natural utilizando cualquier equipo) éste abunda y entonces se llama "material suelto". Tal abundamiento del terreno puede ser en parte, un aumento real de volumen debido al alivio de los esfuerzos de compresión originados por muchos años de consolidación del material. Sin embargo, la mayor parte del aumento de volumen del material sobre su medida en banco, se debe al volumen que representan los espacios huecos presentes en el material suelto, aunque no todos los terrenos aumentan de volumen al excavarlos; las cenizas volcánicas o piedra pómez y algunos suelos de aluvión en realidad sufren una contracción de volumen cuando se excavan de su condición natural.

El abundamiento se expresa como un porcentaje de aumento sobre el volumen medido en banco, para seleccionar un equipo de carga o acarreo es necesario saber el volumen de material que ha de cargarse y acarrear de un banco o cantera; a partir del volumen en banco sabremos el volumen suelto. Conociendo el volumen suelto podemos elegir el tamaño de la maquinaria, número de unidades y capacidades: en resumen se puede diseñar la plantilla de maquinaria que se utilizará para transportar y cargar el material.

La siguiente tabla proporciona el coeficiente de abundamiento para varios materiales.

MATERIAL	% DE ABUNDAMIENTO
Arena o grava limpias, secas	+12 a +14
Arena o grava limpias, mojadas	+12 a +16
Limo y arena limosa	+15 a +20
Tierra común	+25
Arcilla densa	+13 a +40

Los valores de estos porcentajes se suman en forma decimal a 1.00 para determinar el factor de abundamiento, para calcular el volumen suelto a partir del volumen en banco.

$$V_s = S_w * V_b$$

En donde:

V_s = Volumen suelto

V_b = Volumen en banco

S_w = factor de abundamiento

Densidad.

El conocer la densidad del material influye en la capacidad de carga máxima, ya que por lo general los fabricantes de equipo dan la capacidad de carga sólo al ras, ya que esta cifra es conservadora y puede medirse sin necesidad de conocer el tipo de material que se ha de manejar. En la probabilidad de copetear la carga arriba de los bordes de un recipiente, es necesario definir la

pendiente de reposo natural del material. El usuario que planea utilizar la carga copeteada debe verificar el peso de su carga máxima para asegurarse de que no sobrepase a la capacidad del equipo en peso y para determinar esto necesita la densidad del suelo y con esto puede saber que la maquinaria utilizada es la correcta.

La densidad o peso volumétrico se expresa en kg./m³ o ton/m³ y la siguiente tabla nos proporciona las densidades de algunos materiales.

MATERIAL	Kg./m ³ DE MATERIAL EN BANCO	Kg./m ³ DE MATERIAL SUELTO
Basalto	2970	1960
Bauxita	1900	1420
Caliche	2260	1250
Camolita, mineral de uranio	2200	1630
Ceniza	860	560
Arcilla lecho natural	2020	1660
Arcilla seca	1840	1480
Arcilla mojada	2080	1660
Arcilla y grava, secas	1660	1420
Arcilla y grava, mojada	1840	1540
Carbón: antracita en bruto	1600	1190
Ceniza, carbón bituminoso	890	650
Tierra: apisonada y seca	1900	1510
Tierra: excavada y mojada	2020	1700
Granito fragmentado	2730	1660
Yeso fragmentado	3170	1810
Piedra caliza fragmentada	2610	1540
Arena seca y suelta	1600	1420
Arena húmeda	1900	1690
Arena mojada	2080	1840
Arena y arcilla suelta	2020	1600
Arena y grava, seca	1930	1720
Arena y grava, mojada	2230	2020
Esquisto	1660	1250
Piedra triturada	2670	1600
Tierra vegetal	1370	950

3.2 EN EL EQUIPO DE COMPACTACIÓN.

La compactación va ligada a la composición del material que se va a compactar y es por esta razón que se deben analizar los elementos de la Mecánica de suelos que influyen en la elección de una máquina de compactación como puede ser, el tipo de suelo que se va a compactar, la granulometría y el contenido de humedad.

Tipo de suelo.

Los diferentes tipos de suelo fueron clasificados por Casagrande en 1942 y él propone una ampliación de su clasificación posteriormente. La principal clasificación indica los seis principales tipos de suelo (grava, arena, limo, arcilla, suelos orgánicos de grano fino y turba), mientras la ampliación indica cinco subgrupos de suelos de grano grueso y tres de los de grano fino. Por lo anterior el suelo se designa con un símbolo que consta de un prefijo y un sufijo, en donde el prefijo es el grupo principal y el sufijo indica las subdivisiones.

TIPOS PRINCIPALES DE SUELO		PREFIJOS
Suelos de grano grueso	Grava	G
	Arena	S
Suelos de grano fino	Limo	M
	Arcilla	C
	Arcillas y limos orgánicos	O
Suelos fibrosos	Turba	Pt.

Los sufijos indican las siguientes subdivisiones:

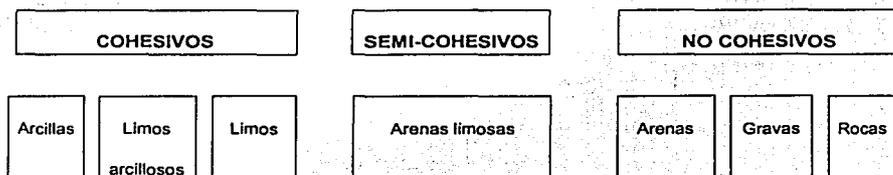
SUBDIVISIONES	SUFIJOS
	Bien graduados, con pocos finos o sin ellos. W
	Bien graduados, con aglomerante arcilloso apropiado. C
Suelos de grano grueso	Uniformemente graduados, con pocos finos o sin ellos. U
	Mal graduados, con pocos finos o sin ellos. P
	Mal graduados, con bastantes finos o bien graduados con exceso de finos. F
Suelos de grano fino.	Alta compresibilidad (LL>50) H
	Compresibilidad media (LL=35-50) I
	Compresibilidad baja (LL<35) L
Suelos fibrosos	Sin subdivisiones.

Los suelos se pueden clasificar también de la siguiente forma:

CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

FINOS

GRUESOS

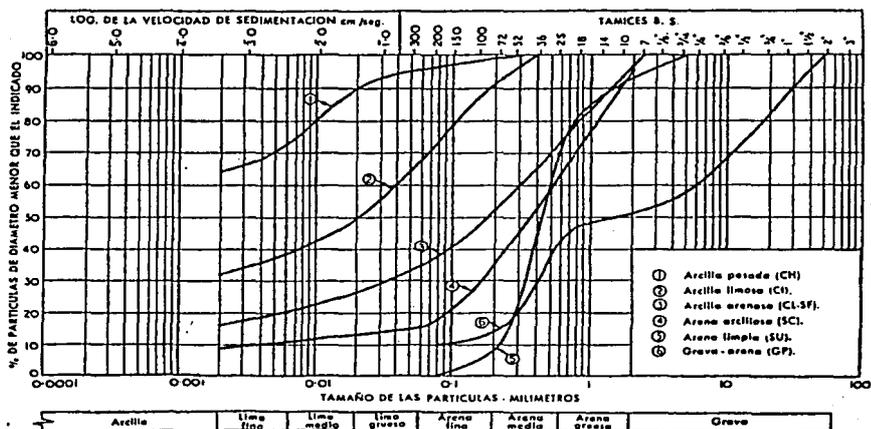


Con la clasificación se puede llegar a la identificación del material con que se va a trabajar y se conocerán sus características con lo que se puede elegir la maquinaria que nos permita mejorar esas características como la resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación.

Granulometría.

La granulometría expresa cuantitativamente las proporciones en peso de las partículas de distintos tamaños que hay en el suelo. En el suelo se encuentra una variedad de tamaños de las partículas muy amplia y es conveniente dividir las fracciones que tengan substancialmente propiedades diferentes. De esta manera las fracciones grava, arena, limo y arcilla se admite que contienen partículas de tamaño decreciente. Las dimensiones reales de las partículas se expresan normalmente en términos de "diámetro equivalente de las partículas". Los resultados se pueden expresar también gráficamente en forma de una curva granulométrica como la siguiente:

CURVAS GRANULOMÉTRICAS TÍPICAS DE DIFERENTES SUELOS



La distribución granulométrica proporciona un criterio de clasificación. Así, la clasificación de Casagrande requiere que se haga un análisis granulométrico en los suelos de grano grueso.

El tamaño de las partículas de tierra es importante para la identificación de los suelos, las muestras tomadas de los suelos se hacen pasar por tamices o cedazos de diversos tamaños para calcular los porcentajes de grava, arena, limo y arcilla que hay en ellas.

La relación de entre la granulometría y la facilidad de compactación no ha podido pasar de una correlación cualitativa, por lo cual en estudios para compactación de suelos poco provecho puede obtenerse de la curva granulométrica.

En cuestión, la granulometría de los suelos nos informa de los tamaños de las partículas que los componen y puede influir en la elección del equipo que se utilizará en la compactación.

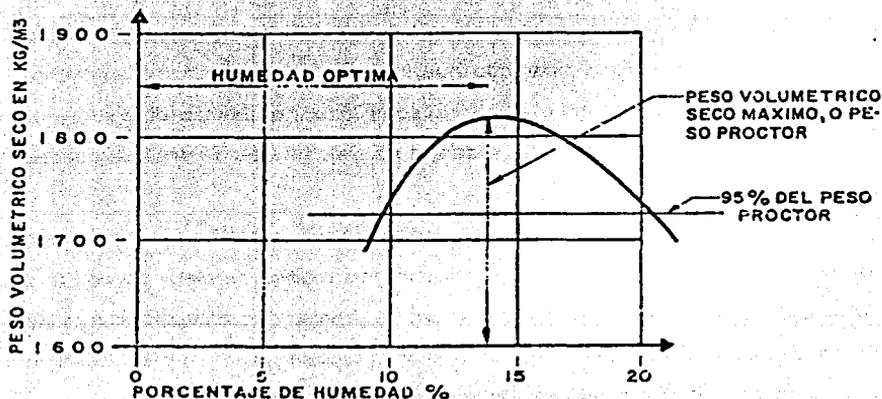
Contenido de Humedad.

El contenido de agua ya se ha mencionado como un porcentaje de la comparación del peso del agua con el peso del suelo seco y como influye en los equipos de excavación carga y acarreo.

En los equipos de compactación el contenido de humedad es un elemento importante ya que hay una dependencia entre la facilidad de compactación y su contenido de agua, la cual se ve en la técnica de ensayo Proctor que relaciona el contenido de humedad, la densidad conseguida en el terraplén y la energía de compactación utilizada.

Sin entrar en detalles del ensayo Proctor, esta claro que el agua siempre que no haya exceso de la misma, facilita el acoplamiento de las partículas del suelo, mientras cuando esta en exceso parte de ésta energía de compactación se pierde en producir la expulsión del agua.

En la siguiente gráfica se ve la relación del peso volumétrico seco y el porcentaje de humedad en la prueba Proctor.



El contenido de humedad como podemos ver influye en decidir los siguientes aspectos para la selección de la maquinaria de compactación:

- Tipo de maquinaria que se usará.
- El peso de la máquina.
- El número de unidades.

Hay una gran variedad de equipos de compactación en el mercado y cada uno cuenta con características básicas y un rango de aplicabilidad lo cual se describirá a continuación.

La maquinaria para compactar se puede clasificar en tres grandes grupos:

- a) de presión estática
- b) de impacto
- c) de vibración.

En la maquinaria de presión estática se encuentran:

- Compactadores de neumáticos, los cuales son muy eficientes y a menudo esenciales para la compactación de sub-bases, bases y carpetas, tienen distinta configuración procurando que los neumáticos estén muy próximos uno a otro para evitar zonas intermedias sin compactación. Existen diversos tipos de compactadores de neumáticos en razón, a su sistema de arrastre, así pueden ser autopropulsados o remolcados.

- Compactadores de rodillos lisos metálicos, se pueden encontrar máquinas con un rodillo, en tandem (dos rodillos paralelos) y con tres rodillos, estas últimas llevan dos atrás y uno al frente. Los compactadores de rodillos lisos metálicos son efectivos para suelos granulares, pero su efectividad se ve mermada en suelos granulo plásticos, y en suelos plásticos o cohesivos no tiene gran aplicación.

- Compactadores de pata de cabra, como su nombre lo dice son rodillos cilíndricos de acero a los que se les ha dotado de dispositivos de apoyo en forma de pata de cabra distribuidos uniformemente sobre la superficie del cilindro. Estos compactadores son utilizados para compactar arcillas.

Como maquinaria de impacto tenemos:

-Rodillos de reja, este compactador fue desarrollado originalmente para disgregar y compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas. El rodillo transita sobre la roca suelta en el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable.

Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en suelos granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que es también eficiente en materiales plásticos, pero como estos materiales suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos y esto reduce su productividad.

- Rodillos de impacto, es un rodillo metálico, diseñado con los principios de los rodillos de reja, en el que se han fijado salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada.

Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, lo que permite una limpieza más fácil, éstas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración. El rodillo de impacto es capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos.

Por último como maquinaria de vibración tenemos:

- Rodillos vibratorios, estos rodillos en general tienen una mejor adaptación a suelos granulares (gravas y arenas), la vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo.

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación con relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación.

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos de pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia.

Como se puede apreciar las diferentes maquinas para compactar tiene un rango de traslape entre ellas y la tabla que se muestra a continuación nos muestra que equipo podemos elegir para diferentes materiales.

Como hemos visto los suelos influyen en gran parte para seleccionar una maquinaria, pero la selección se lleva acabo basándose esencialmente en el aspecto económico, pues al ver las características y los campos de aplicación de los diferentes equipos nos damos cuenta que hay enormes traslapes de los campos de aplicabilidad entre unos equipos y otros.

TIPO DE MATERIAL		RODILLO DE REJA	RODILLO DE IMPACTO	PATA DE CABRA	RODILLO VIBRATORIO	PATA DE CABRA VIBRADOR	RODILLO METALICO	RODILLO NEUMATICO
ACABADOS DE CAMBIOS Y BASES Y SUB-BASES	ACABADOS DE SUPERFICIES ASFALTICAS				*		0	*
	BASES ASFALTICAS				*		X	0
	BASES GRANULARES				*		X	0
	SUB-BASES GRANULARES				*		X	0
ROCCAS	ROCA CON FINOS	*	0		X			
GRAVAS LIMPIAS	GRAVAS BIEN GRADUADAS. MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	*	0		*			
	GRAVAS MAL GRADUADAS. MEZCLAS DE GRAVA Y ARENA CON POCO O NADA DE FINOS	*	0		*			
GRAVAS CON FINOS	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO	*	*		*	*		
	GRAVAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE GRAVA, ARENA Y ARCILLA	0	*		*	0		
ARENAS LIMPIAS	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENA CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS	*	0		*			
	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENA CON GRAVA, CON POCO O NADA DE FINOS	*			*			
ARENAS CON FINOS	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMOS	0	*		0	0	X	0
	ARENAS ARCILLOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y ARCILLA	X	*		0	X	X	0
ARCILLAS Y LIMOS	LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS	X	*		0	*	X	0
	ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS POBRES	X	*	0	X	*	X	*
	LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	X	0	0	X	*	X	*
	LIMOS INORGANICOS, MICACEOS O DIAFOMACEOS, LIMOS ELASTICOS		*	0	X	*	X	0
	ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCAS		*	0	X	*		0
	ARCILLAS ORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD		*	0	X	*		0
	TURBAS Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS							

PRIMERA SELECCION *

SEGUNDA SELECCION

O COMBINACION 0

POSIBLE, REQUEREN

ESTRICTO CONTROL *

CAPITULO 4 APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA DE SISTEMAS DURANTE LA SELECCIÓN DEL EQUIPO

La Ingeniería de Sistemas tiene en cuenta las necesidades de un proyecto y determina la forma de satisfacerlas, con la ayuda de todos los conocimientos, ya sean anteriores o recientes y es una buena herramienta para la selección de equipo. Una manera de lograrlo es por medio de modelos.

Un modelo es una representación o abstracción de la realidad, problemas que no se pueden resolver por medio de soluciones directas debido a su magnitud, complejidad o estructura, a menudo se pueden manejar por medio de modelos para buscar una solución aproximada. Un modelo no puede representar todos los aspectos de la realidad debido a que es solamente una aproximación del objeto real.

Para que un modelo sea representativo de la realidad, todos los hechos significativos deben ser retenidos en el modelo.

Los modelos que son los más fáciles de resolver son también los más fáciles de comprender y aplicar. Sin embargo, si el modelo se simplifica hasta el punto en donde ya no representa el mundo real, proporcionará resultados erróneos o engañosos.

Los modelos se pueden clasificar de varias formas de las cuales mencionamos las siguientes:

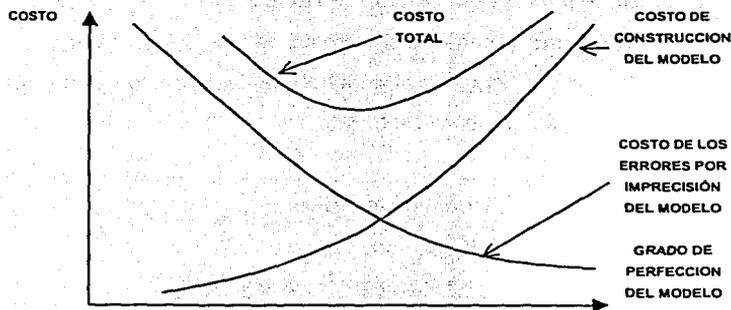
Por su forma de representación.

- Descripción escrita (hablada)
- Económicos
- Lógicos (diagramáticos)
- Analógicos
- Simbólicos (matemáticos)

Por su uso:

- Comunicación
- Análisis
- Predicción
- Control
- Entrenamiento

MODELO VERSUS REALIDAD



Un ejemplo del uso de modelos son los problemas siguientes:

Problema de transporte.

- a) Se tienen n bancos de tierra.
- b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de m^3 de tierra, $a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$.
- c) La tierra se debe transportar a m diferentes destinos.
- d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tierra, $b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_m$.

- e) Se conoce el costo unitario C_{ij} que resulta de obtener un m^3 de tierra en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes.

El problema consiste en:

- f) Determinar la cantidad X_{ij} de m^3 que conviene enviar de cada uno de los orígenes i a cada uno de los destinos j , de tal manera que el costo total del transporte sea mínimo.
- g) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que si el costo de producir y enviar un m^3 de tierra del origen i al destino j es C_{ij} el costo de entregar X_{ij} m^3 de tierra será $C_{ij} * X_{ij}$.

Formulación del modelo matemático.

Variables X_{ij} $i=1,2,\dots,n$
 $j=1,2,\dots,m$ m,n variables.

Función objetivo.

Minimizar

$$\text{Costo total del transporte.} \quad Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Sujeta a las restricciones.

$$\begin{array}{l} \text{Total de disponibilidades} \\ n \\ \sum_{i=1}^n a_i \end{array} = \begin{array}{l} \text{Total de requerimientos} \\ m \\ \sum_{j=1}^m b_j \end{array} \quad (2)$$

Cantidad enviada del origen i a todos los destinos

Cantidad disponible en el origen i

m

$$\sum_{j=1}^m X_{ij}$$

=

$$a_i \text{ para } i=1,2,\dots,n \text{ a } (n+2) \quad (3)$$

Cantidad recibida en el destino j de todos los orígenes

Cantidad requerida en el destino j

n

$$\sum_{i=1}^n X_{ij}$$

=

$$b_j \text{ para } j=1, 2, \dots, m \text{ (n+3) a (n+m+2)}$$

$i=1$

$$X_{ij} \geq 0 \text{ para } i=1, 2, \dots, n \text{ (n+m+3) a (n+m+3+nm)}$$

$$j=1, 2, \dots, m$$

(No tiene sentido físico que las variables adquieran valores negativos)

Destinos.

$b_1=40m^3$

$b_2=50m^3$

$b_3=70m^3$

$b_4=90m^3$

$b_5=90m^3$

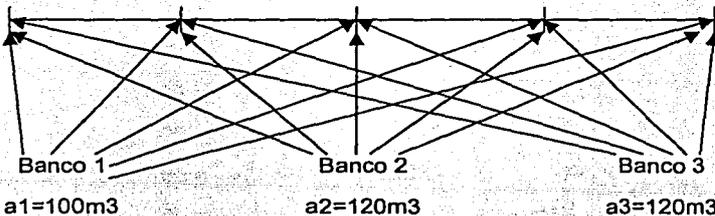
1

2

3

4

5



$a_1=100m^3$

$a_2=120m^3$

$a_3=120m^3$

C_{ij}	C11	C12	C13	C14	C15	C21	C22	C23	C24	C25	C31	C32	C33	C34	C35
	1	2	4	6	9	6	4	3	5	7	8	6	5	4	2

Formulación matemática:

$$\text{Minimizar: } Z = X_{11} + 2X_{12} + 4X_{13} + 6X_{14} + 9X_{15} + 6X_{21} + 4X_{22} + 3X_{23} + 5X_{24} + 7X_{25} + 8X_{31} + 6X_{32} + 5X_{33} + 4X_{34} + 2X_{35}$$

Sujeta a las restricciones.

$$n \quad m$$

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j \quad 100+120+120 = 40+50+70+90+90$$

$$i=1 \quad j=1 \quad 340 = 340 \text{ si cumple}$$

$$X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15} = 100$$

$$X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25} = 120$$

$$X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35} = 120$$

X ₁₁	+X ₂₁	+X ₃₁	=40
X ₁₂	+X ₂₂	+X ₃₂	= 50
X ₁₃	+X ₂₃	+X ₃₃	= 70
X ₁₄	+X ₂₄	+X ₃₄	= 90
X ₁₅	+X ₂₅	+X ₃₅	= 90

Solución factible.

Destinos	1	2	3	4	5	
Orígenes	(40)	(50)	(70)	(90)	(90)	
1 (100)	40	50	10	-	-	180
	1	2	4	6	9	
	40	100	40	-	-	
2 (120)	-	-	60	60	-	480
	6	4	3	5	7	
	-	-	180	300	-	
3 (120)	-	-	-	30	90	300
	8	6	5	4	2	
	-	-	-	120	180	

Costo total = 960

Como podemos observar los modelos matemáticos se pueden adaptar a la situación que se presente y nos arroja resultados que representan la realidad y funcionan como una buena herramienta para tomar decisiones acerca de un proyecto.

Otro ejemplo donde se puede aplicar los modelos matemáticos es, en las terracerías compensadas y para verlo se cuenta con el siguiente ejercicio. En el cual una vez obteniendo el costo del transporte se puede saber qué maquinaria es conveniente utilizar, como pueden ser: tractores, motoescrepas o camiones.

Analizando un problema de movimiento de terracerías podemos observar que puede ser planteado como un problema de transporte de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- a) El artículo que va ser transportado son m^3 de tierra que se encuentran en cada uno de los cortes del camino a construir, así como también en todos los posibles bancos de material con lo que se integran los n orígenes del problema.
- b) Se conoce el volumen de m^3 disponibles tanto en cada uno de los cortes por efectuar, como en cada uno de todos los posibles bancos, esto es, se conocen las cantidades a_i de m^3 disponibles en cada origen i .
- c) Los m^3 de tierra servirán para la construcción de terraplenes, por lo que serán requeridos en cada una de las secciones de terraplén que se presenten en proyecto.
- d) Se conocen las cantidades b_j de m^3 que se necesitan en cada una de las m secciones de terraplén.
- e) Se conoce el costo unitario C_{ij} que resulta de enviar un m^3 de tierra de cada corte i (o sección de corte) a cada una de las secciones de terraplén j y además se conoce el costo de obtención y envío de un m^3 de tierra de cada banco también a cada sección de terraplén.

La solución del problema de movimiento de terracerfas consiste entonces en:

- f) Determinar las cantidades X_{ij} de m^3 de tierra que hay que enviar y/o obtener de cada corte y cada banco de material i , a cada sección de terraplén j
- g) Se busca que el costo de transporte sea mínimo o hacer mínima la función objetivo.

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} X_{ij}$$

Por otra parte, se observa con ciertas tolerancias razonables y de acuerdo con las consideraciones que a continuación se indican, nuestro problema cumple con las hipótesis y restricciones del problema de transporte, esto es:

- h) Dentro de las limitaciones del análisis, podemos considerar que si el costo de enviar un m³ de tierra del origen i al destino j es C_{ij} el costo de enviar X_{ij} m³ será C_{ij} X_{ij}.
- i) Como el total de m³ de tierra disponible en los cortes y en los bancos siempre será superior a los m³ de tierra requeridos para la formación de terraplenes, se crea un terraplén ficticio para lograr que:

$$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$$

Los costos de transporte a ese terraplén son nulos, entonces la cantidad de m³ por enviar a cada origen i será igual a la cantidad a_i disponible y la cantidad recibida en cada sección de terraplén j será igual a la cantidad requerida b_j.

1) Los volúmenes disponibles en los cortes y en el banco, así como los requeridos para el terraplén se muestran en la tabla N° 1, los precios unitarios son conocidos y se proporcionan en la matriz de costos que se muestra en la tabla N° 2; se observa que los costos de transporte asociados al terraplén ficticio son nulos.

TABLA N° 1
VOLUMENES DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS.

UBICACIÓN		CORTE		TERRAPLEN	
		ORIGEN N°	VOLUMEN	DESTINO N°	VOLUMEN
28+880 a	28+900			1	124
28+900	28+920			2	154
28+920	28+940			3	118
28+940	28+960			4	110
28+960	28+980			5	102
28+980	29+000			6	50
29+000	29+020	1	57		
29+020	29+040	2	70		
29+040	29+060	3	2		
29+060	29+080			7	87
29+080	29+100			8	244
29+100	29+120			9	217
29+120	29+140	4	203		
29+140	29+160	5	406		
29+160	29+180	6	392		
29+180	29+200	7	126		
29+200	29+220			10	142
29+220	29+240			11	26
29+240	29+260	8	386		
29+260	29+280	9	344		
29+280	29+300			12	122
29+300	29+320			13	780
29+320	29+340			14	217
29+340	29+360	10	580		
29+360	29+380	11	359		
29+380	29+400			15	985
29+400	29+420			16	849
29+420	29+440	12	161		
29+440	29+460	13	367		
29+460	29+480	14	252		
29+480	29+500	15	201		
29+500	29+520	16	189		
29+520	29+540	17	136		
29+540	29+560	18	34		
29+560	29+580			17	67
29+580	29+600			18	60
29+600	29+620			19	47
29+620	29+640			20	52
Bco. a 500 m cer. de est. 33+000		19	5000		
Terraplén fictico				21	4712
Sumas iguales			9265		9265

TABLA N° 2 Costos unitarios de transporte.

Terrapien	corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	100	138	116	148	156	164	172	196	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	1081
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	228	236	260	267	274	281	288	295	302	1074
3	118	60	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	1067
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	1060
5	102	20	40	60	115	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	1053
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	1046
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	1018
8	244	60	40	20	39	60	80	116	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	244	1011
9	217	80	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	212	220	228	1004
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	969
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	962
12	122	164	156	148	116	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	941
13	780	172	164	156	124	116	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	934
14	217	160	172	164	132	124	118	108	60	40	0	20	80	100	108	116	124	132	140	927
15	985	204	196	186	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	80	100	108	116	906
16	849	212	204	195	164	156	148	140	116	108	40	20	0	19	40	60	80	100	108	899
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	80	60	40	20	0	843
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	118	108	100	80	60	40	20	836
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	156	148	124	116	108	100	80	60	40	829
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	822
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	161	367	252	201	189	136	34	5000

Con los costos unitarios podemos llegar a una solución del

problema de transporte la cual presentamos a continuación.

Terrapien	corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	124	0	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	154	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	118	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	110	0	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	244	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	142	0	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	122	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	780	0	0	0	0	0	0	0	268	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	161	0	160	0	0	103	0	129
16	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	367	92	201	189	0	0	0	0
17	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	34	0	0
18	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4712
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	359	161	367	252	201	189	0	34	5000

Con la tabla de costos unitarios se multiplica por el volumen de la tabla del terraplén y con eso se obtiene la función objetivo de \$433,626.

Si se tienen los costos y la distancia del transporte se puede elegir la maquinaria más apropiada.

Otro tipo de problema de selección de equipo es como el que se presenta a continuación.

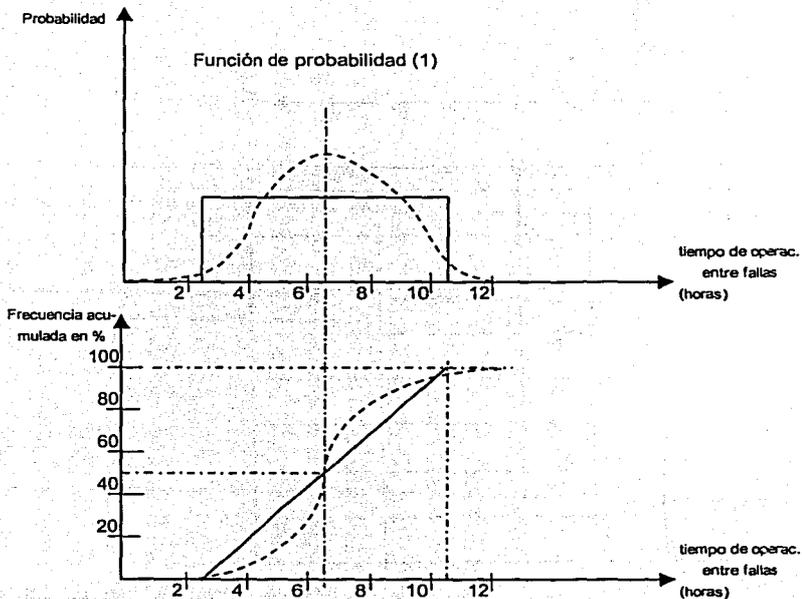
Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m³ de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1200m.

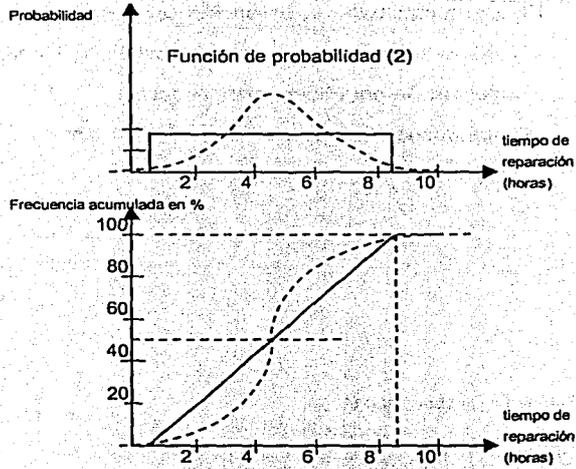
Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 ½ yd³ y 8 camiones fletados, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de \$160.00/hora vs \$200.00/hora del primero.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según la función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según la función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.
- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno esté descompuesto entra el otro en operación.
- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.

- El constructor tiene la obligación con los fleteros de pagar \$60.00/hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por el tiempo de espera.
- El horario laboral es de 8:00 a.m. a 18:00 p.m.





1°	2°	3°	Operación	Reparación
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	3
	S	A	9	7
		S	10	8

CARGADOR	EN OPERACIÓN			EN REPARACIÓN			ESPERA	ESPERA CAMIONES			COSTO
	INICIO	TIEMPO DE OPERACIÓN	SUSPENSIÓN	INICIO	TIEMPO DE REPARACIÓN	TERMINO		INICIO	TERMINO	TIEMPOS DE ESPERA	
A	08.00	5	13.00	13.00	3	16.00					
B	13.00	7	18.00	08.00	5	13.00					
A	08.00	6	14.00	14.00	4	18.00					
B	14.00	3	17.00	17.00	1	18.00	1	17.00	18.00	1 hora	\$60.00
A	08.00	4	12.00	12.00	2	14.00					
B	12.00	4	16.00	16.00	2	18.00					
A	16.00	9	18.00								
A	08.00		15.00	15.00	7	12.00					
B	15.00	8	18.00								
B	08.00		13.00	13.00	3	16.00					
A	13.00	7	18.00								
A	08.00		09.00	09.00	5	14.00					
B	09.00	4	13.00	13.00	2	15.00	2	13.00	14.00	1 hora	\$60.00
A	14.00	8	18.00								
A	08.00		12.00	12.00	3	15.00					
B	12.00	7	18.00								

El análisis de la segunda opción fue para un tiempo de siete días de trabajo, en este tiempo se tuvo dos horas de espera, lo que da un costo de \$960 pesos más sobre el costo horario, ya que son 8 fleteros a \$60.00 la hora.

7 días = 70 horas.

$$160 * 70 = 11200$$

$$11200 + 960 = 12160$$

El costo de la primera opción es de:

$$200 * 70 = 14000$$

Con lo anterior podemos decir que la segunda opción es la más factible ya que el costo es menor.

Después de ver los problemas anteriores y su planteamiento para resolverlos podemos decir, que la Ingeniería de Sistema a través de los modelos nos proporciona las herramientas necesarias para poder representar cualquier problema de selección de maquinaria y llegar a una solución optima.

CAPITULO 5 APLICACIÓN DE LA MAQUINARIA EN EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE TERRACERIAS.

Para este capitulo tomamos en cuenta las siguientes actividades como parte del procedimiento constructivo:

1. - Desmonte.
2. - Despalme.
3. - Excavaciones.
4. - Acarreos.
5. - Compactaciones.

5.1 DESMONTE.

El desmonte es el despeje de la vegetación existente en el derecho de vía y en áreas destinadas a bancos, con el objeto de evitar la presencia de materia vegetal que pueda dañar la obra. Comprende la ejecución de las siguientes operaciones:

- a) Tala, que consiste en cortar los árboles y arbustos.
- b) Roza, que consiste en quitar la maleza, hierba, zacate o residuos de las siembras.
- c) Desenraice, que consiste en sacar los troncos o tocones con raíces o cortando éstas.
- d) Limpia y quema, que consiste en retirar el producto del desmonte, estibarlos y quemar lo no utilizable.

Para llevar acabo esta etapa existe una gran variedad de máquinas de desmonte y de movimiento de tierras que se pueden utilizar; maquinaria como:

- Tractor equipado con hoja topadora; ya sea, recta (bulldozer), angulable (angledozer), ó universal.
- Tractor equipado con hoja limpiadora (fig. 78).
- Tractor equipado con cortadora de raíces (fig. 79).
- Tractor equipado con cortadora de tallos (fig. 80).
- Tractor equipado con empujadora de árboles (fig. 81).
- Tractor equipado con destroncadora (fig. 82).
- Tractor equipado escarificador.
- Tractor equipado con cargadoras – transportadoras de troncos (fig. 83).
- Tractor equipado con rastrillos para, rocas, raíces y/o arbustos.
- Motoniveladora o motoconformadora equipada con hoja conformadora.
- Motoniveladora equipada con hoja empujadora frontal.
- Motoniveladora equipada con escarificador.
- Motoescrepa para la remoción de la capa de tierra superficial.
- Excavadoras para derrumbar árboles y transportar troncos.

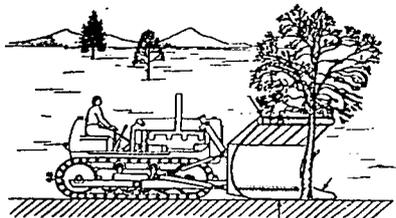


fig. 78 Tractor con hoja limpiadora.

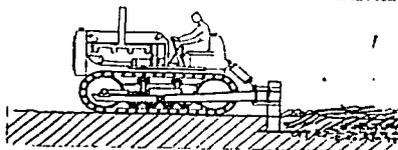


fig. 79 Tractor con cortadora de raíces.

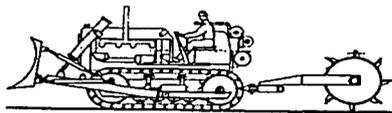


fig. 80 Tractor con cortadora de tallos.

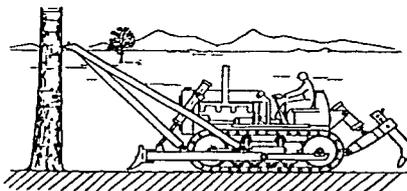


fig. 81 Tractor con empujadora de árboles.

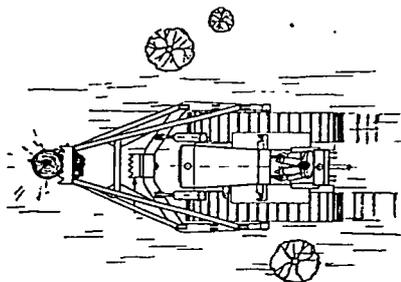


fig. 82 Tractor con destroncadora.

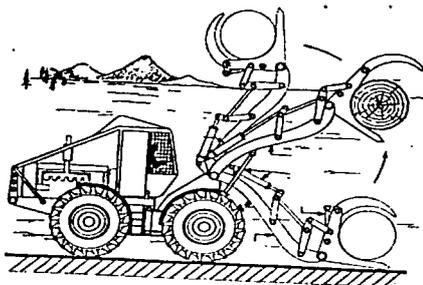


fig. 83 Tractor con cargadora – transportadora de troncos.

5.2 DESPALME.

El despálme se puede definir como la remoción de la parte superior del suelo en un espesor poco profundo.

Esta operación se puede realizar con la siguiente maquinaria:

- Tractor equipado con hoja topadora.
- Tractor equipado con escarificador.
- Motoniveladora equipada con hoja conformadora.
- Motoniveladora equipada con hoja topadora frontal.
- Motoniveladora equipada con escarificador.
- Motoescrepa para la remoción de tierra superficial.
- Cargador de cadenas equipado con hoja topadora y cucharón.
- Retroexcavadora con hoja topadora.

Como se denota las operaciones de desmonte y despálme se realizan conjuntamente y en un proyecto abarcan un solo concepto, ya que están íntimamente ligadas. Aunque para el desmonte se utilicen más aditamentos y en ciertos casos se necesita de otras máquinas para llevarlo a cabo, como es el caso de la remoción de troncos grandes, lo cual se puede realizar con una retroexcavadora con hoja topadora.

5.3 EXCAVACIONES.

Las excavaciones se definen como la extracción de material de un terreno, por procedimientos mecánicos o manuales.

La naturaleza del terreno influye considerablemente en esta operación, por que resulta obvio que los costos de excavación de materiales que requieren de explosivos, como la roca sólida, en general serán mayores que la excavación ordinaria de tierra.

Desde el punto de vista de las posibilidades de extracción, se distinguen dos grandes categorías de terrenos: los terrenos sueltos y los rocosos.

Los terrenos sueltos son los que pueden extraerse sin disgregación previa, los terrenos rocosos deben sufrir antes de su extracción una disgregación destinada a romperlos.

Las excavaciones en las terracerías se clasifican en dos, las excavaciones en corte y excavaciones en préstamo.

Las excavaciones en corte son aquellas que se realizan dentro del derecho de vía y sirven para la construcción y acabado de los terraplenes y otros elementos, mientras que las de préstamo se hacen cuando la excavación realizada dentro de los límites del derecho de vía no es suficiente, para la formación de terraplenes y otros elementos de las terracerías, por lo general se toma material adecuado de un banco de préstamo.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes en sus Normas para construcción e instalación de terracerías para carreteras y aeropuertos define los cortes y prestamos de la siguiente manera:

Cortes: Excavaciones ejecutadas a cielo abierto en el terreno natural, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes en la corona de cortes y/o terraplenes existentes, en derrumbes, en escalones y despalmes de

cortes o para el desplante de terraplenes, con el objeto de preparar y/o formar la sección de la obra.

Préstamos: Excavaciones ejecutadas en los lugares fijados en el proyecto, a fin de obtener los materiales para formar los terraplenes, los cuales pueden ser, laterales y de banco.

Los préstamos laterales son ejecutados en uno o en ambos lados del eje de las terracerías, con anchos determinados en el proyecto, cuyos materiales se utilizan exclusivamente en la formación de aquellos terraplenes situados lateralmente a dichos préstamos.

Los préstamos de banco son ejecutados fuera de una faja de cien metros de ancho. También se considerarán como préstamos de banco, las excavaciones ejecutadas dentro de los préstamos laterales, cuyos materiales se emplean en la construcción de terraplenes que no están situados lateralmente a dichos préstamos.

Para las excavaciones en corte se puede utilizar la siguiente maquinaria:

- Tractores con hoja topadora ya sea, recta, angulable ó universal.
- Tractores equipados con desgarrador.
- Motoniveladora con hoja topadora frontal y/o hoja conformadora.
- Motoescrepa con cuchilla (doble motor), en excavaciones largas y de suelos sueltos.
- Motoescrepa con cuchilla (remolcada por tractor), en excavaciones largas y de suelos sueltos.

- Excavadoras y retroexcavadoras con cucharón y martillo hidráulico.

En las excavaciones de préstamo se puede utilizar la siguiente maquinaria:

- Tractor con hoja topadora.
- Retroexcavadoras equipadas con cucharón estándar o con cucharón de almeja.
- Motoescrepa para excavaciones largas y en suelos sueltos.

5.4 ACARREOS.

Los acarreos se definen como el transporte del material producto de: cortes, excavaciones adicionales debajo de la subrasante, ampliación y/o abatimiento de taludes, rebaje de la corona de cortes y/o terraplenes existentes, escalones, despalmes, préstamos, derrumbes y canales, para construir un terraplén o efectuar un desperdicio; así como el transporte del agua empleada en la compactación de terracerías.

En los acarreos hay aspectos que deben de tomarse en cuenta para poderse realizar y uno de ellos es la distancia ya que los acarreos se pueden dividir en tres tipos basados en la distancia que recorren, en acarreos cortos que pueden ser de 0 hasta 100 metros, medios de 100 a 500 metros y largos que son de más de 500 metros.

Para llevar a cabo los acarreos cortos se puede utilizar la siguiente maquinaria:

- Tractor con hoja topadora recta.
- Cargador sobre orugas.
- Cargador sobre neumáticos.
- Motoescrepa remolcada por tractor.
- Motoescrepa autocargable (solo en pendientes suaves).

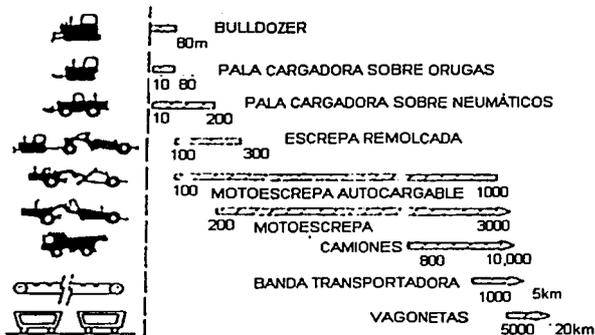
Para los acarreos medios se pueden utilizar:

- Cargador sobre neumáticos.
- Cargador y camiones
- Motoescrepa remolcada por tractor.
- Motoescrepa autocargable doble motor.

Para los acarrees largos tenemos:

- Motoescropa autocargable doble motor.
- Motoescropa de tiro y empuje, también conocida como push – pull.
- Camiones de volteo y/o fuera de carretera.
- Volquetes rígidos y/o articulados.

La siguiente gráfica nos da una idea de la maquinaria que se puede utilizar para ciertas distancias.



Otro aspecto básico que se toma en cuenta en los acarrees es el tipo de material y la topografía del camino, esto es no es lo mismo acarrear roca que tierra suelta, ya que la roca puede estar en tamaños demasiado grandes, tanto que su transportación se reduce solo a algunos vehículos. También no es lo mismo acarrear con pendientes suaves que con pendientes prolongadas.

Para terrenos sueltos se utiliza la siguiente maquinaria:

- Tractor con hoja topadora.
- Cargador sobre orugas.
- Cargador sobre neumáticos.
- Motoescrepa remolcada.
- Motoescrepa autocargable.
- Camiones de volteo y/o fuera de carretera.

Para los terrenos rocosos tenemos:

- Cargador sobre orugas.
- Cargador sobre neumáticos.
- Camiones de volteo y/o fuera de carretera.

Para caminos con pendientes suaves.

- Motoescrepa remolcada.
- Motoescrepa autocargable.
- Motoescrepa autocargable doble motor.
- Motoescrepa de tiro y empuje.
- Camiones de volteo y/o fuera de carretera.

Para caminos con pendientes prolongadas.

- Cargador sobre orugas.
- Cargador sobre neumáticos.
- Camiones de volteo y/o fuera de carretera.

Por lo general en los acarreos largos y en terrenos rocosos se utiliza más el camión ya sea de volteo o fuera de carretera, ya que al aumentar el tamaño del camión el tiempo de espera de la excavadora se reduce y los grandes

fragmentos de roca pueden ser transportados, evitando el costo de romperlos en fragmentos más pequeños.

Por lo anterior se visualiza que no se puede establecer una regla general en cuanto al equipo adecuado para acarrear material con relación a, la distancia de acarreo, tipo de material o topografía del camino; en todos los casos es importante hacer el análisis económico correspondiente.

5.5 COMPACTACIONES.

Se entiende por compactación de los suelos el mejoramiento artificial de sus propiedades mecánicas por medios mecánicos esto es, aumenta su resistencia y disminuye la capacidad de deformación.

En la figura 84 se muestra la aplicación de los diferentes compactadores, en los renglones 4 y 5 los diferentes materiales y su respectivo tamaño en mm. En el renglón 3 se clasifican en suelos cohesivos, semicohesivos y no cohesivos, (los más finos son cohesivos y los granulares no cohesivos) en los renglones 1 y 2 se indica su uso más frecuente:

- 1) Sub-bases, bases y carpetas: siempre materiales no cohesivos (arenas y gravas).
- 2) Terracerías: normalmente materiales cohesivos y semicohesivos, a veces no cohesivos.

En el renglón 6: la compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos) se utiliza en todos los suelos. Limitación: bajo rendimiento, excepto en los compactadores neumáticos grandes.

En el renglón 7: la compactación por amasamiento (rodillo pata de cabra estática y pata de cabra vibratoria) se aplica en suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y algo en arenas limosas). Limitación: alto costo de pata de cabra estática.

En el renglón 8: la compactación por impacto (rodillo de impacto y rodillo de reja) se utiliza en toda clase de suelos, pero el mal acabado que dan a la capa sólo permite aplicarlos en terracerías, normalmente arcillas y limos, a veces arenas. Limitación: el rodillo de reja se atasca en materiales cohesivos y hay que parar frecuentemente para limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de reja es extraordinario en terracerías que necesitan disgregado.

En el renglón 9: la compactación por vibración (rodillo liso vibratorio) es aplicable en suelos no cohesivos (arenas y gravas) y a veces en algunos semicohesivos (arenas limosas).

En conclusión diremos que:

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto, (Línea A).
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio, (Línea B).
- c) Para todos los suelos: rodillo neumático.

Como podemos apreciar existe una gran variedad de suelos por lo que se han diseñado también diferentes equipos de compactación.

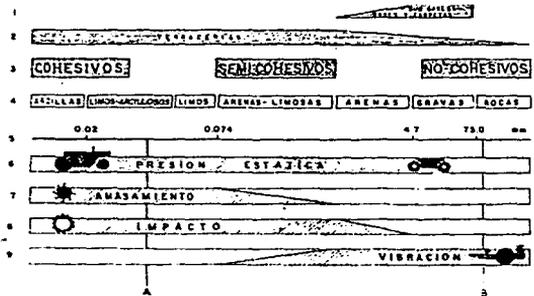
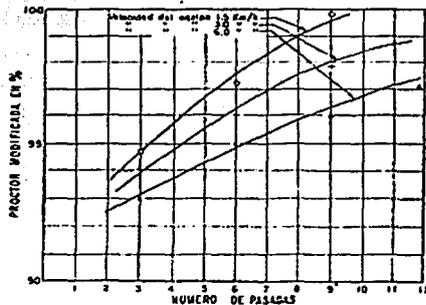


fig 84

Los rodillos de compactación se utilizan también por el espesor de la capa y el número de pasadas. La siguiente tabla nos da una idea de la aplicación de los rodillos de compactación.

Equipo	Profundidad de La capa (cm)	N° de pasadas Para 90%	N° de pasadas Para 95%
Rodillo metálico	10 a 20	7 a 9	10 a 12
Neumático ligero	15 a 20	5 a 6	8 a 9
Neumático pesado	Hasta 70	4 a 5	6 a 8
Rodillo de impacto	20 a 30	5 a 6	6 a 8
Rodillo de reja	20 a 25	6 a 7	7 a 9
Pata de cabra vibratoria	20 a 30	3 a 5	6 a 7
Liso vibratorio	20 a 30	Ver gráfica siguiente	Ver gráfica siguiente

Relación entre el grado de compactación y número de pasadas del equipo liso - vibratorio.



CAPITULO 6 CONCLUSIONES.

Analizando lo que se menciona en los capítulos anteriores acerca de la maquinaria diremos que el diseño de ésta en un principio fue para disminuir el esfuerzo y el número de trabajadores utilizados en una obra, pero con el tiempo se encontraron algunas situaciones que se tenían que mejorar en el diseño de las máquinas; para perfeccionar lo correspondiente a la productividad y rendimiento, se ha llegado a construir máquinas más grandes y potentes, con mayor comodidad para el operador y más precisión.

Pero no sólo se mejoró la maquinaria en lo que se refiere al tamaño y capacidad, también sus componentes tuvieron cambios y progresos, así que las máquinas recientes cuentan con componentes electrónicos y más durables.

Por lo que se advierte en la evolución y la situación actual de la maquinaria, el avance tecnológico no se detiene y continuamente desarrolla cosas nuevas, esto ha logrado que las máquinas sean más versátiles y cuenten con un rango de aplicación amplio, lo que ayuda a la economía y productividad de una obra.

Pero el avance no solo se ha enfocado a la versatilidad y tamaño de la maquinaria, es tal el grado de evolución de ésta, que ya se encuentran en el mercado máquinas que se pueden manejar a control remoto y con sistemas electrónicos de diagnóstico. Esto nos lleva a visualizar que en un futuro no muy lejano, la maquinaria será automatizada por completo.

En los capítulos tres y cuatro se trató lo relativo a la forma de elegir una máquina para un cierto trabajo. Si se toman en cuenta varias ramas de la Ingeniería Civil podremos establecer una relación entre dichas ramas y el resultado de la elección; esto es, entre más amplio sea el análisis y mayor sea el

número de elementos que se estudien el resultado de la selección será mejor, tanto en el aspecto económico como en el productivo.

Por lo que se refiere al rango de aplicación de la maquinaria, en trabajos de terracerías se puede apreciar que éste ha crecido; ya que ahora se cuenta con máquinas que han sido diseñadas para efectuar una gran variedad de trabajos, lo que hace que su rango de utilidad sea más amplio.

Así pues una máquina que antes estaba destinada a realizar un solo trabajo, ahora puede realizar varios utilizando algunos accesorios con los que antes no contaban.

Con los antecedentes preliminares podemos concluir que las máquinas, aunque cuenten con una tecnología avanzada y gran rango de aplicación, no producirán su mayor potencial si el operador no cuenta con los conocimientos apropiados.

Por lo anterior, los operadores deben contar con una enseñanza adecuada para el manejo de las máquinas, estos conocimientos los pueden adquirir en escuelas especializadas en la operación de maquinaria pesada como lo es el "Instituto Tecnológico de la Construcción".

Las escuelas dedicadas a la instrucción de los operadores tendrán que contar con una capacitación tanto en el aspecto mecánico, como en el operacional y preparar a sus egresados a enfrentarse a las necesidades que puedan tener en la práctica; ya que la tecnología que utiliza la mayoría de las máquinas es extranjera y gran parte de sus componentes son importados, por lo que los mecánicos deben estar preparados para solucionar los problemas que se les presenten con los recursos que se cuentan en el país; de otro modo si se espera a pedir el componente del lugar de procedencia de la máquina, ésta permanecería parada demasiado tiempo.

Este problema ha existido desde hace mucho tiempo y hasta nuestros días el ingenio de los mecánicos es el que ha sacado adelante a la maquinaria que sufre una avería en una obra.

También las escuelas dedicadas a la enseñanza de la operación de maquinaria pesada tienen que estar actualizadas en lo que se refiere a los avances tecnológicos que se han desarrollado, para que sus operadores los conozcan y puedan operar las máquinas recientes.

Por otro lado, la maquinaria para terracerías está pasando por una temporada de desocupación; causada por la pronunciada recesión de la economía y la industria de la construcción, lo que provocó que las constructoras tengan su maquinaria parada o recurran a la venta de su maquinaria y equipo para solventar sus compromisos financieros. Desde marzo de 1995 al 20 de mayo de 1999, se han desarrollado 18 subastas de maquinaria, con una venta de 5 mil máquinas, equivalente a un valor de 150 millones de dólares. Más ventas directas de las empresas gigantes (1,500 máquinas con un valor de 50 millones de dólares), suman una venta total de 200 millones de dólares. El costo de reposición actual sería de 300 millones de dólares. Este activo costó muchos años adquirirlo y costará muchos años reponerlo.

Una de las variables económicas que ha afectado gravemente e influyó para que las constructoras tomaran la decisión de subastar su maquinaria ha sido el tipo de cambio. Los cambios abruptos que se han registrado en esta variable como lo sucedido en 1983, 1987 y 1995, que son los ejemplos más significativos, han provocado pronunciadas caídas en la actividad de la construcción.

Las empresas que tenían deudas en moneda extranjera multiplicaron su deuda, además las tasas de interés locales se incrementaron, lo que dificultó la ejecución de proyectos y retrasó o suspendió el inicio de otros.

La crisis financiera afectó la capacidad de pago de los acreditados, por lo que el financiamiento se redujo drásticamente. De 1995 a la fecha, el financiamiento bancario se redujo en 75%, mientras en economías como Canadá o Estados Unidos llega a un 80%.

Otra variable que ha influido es el TLC con América del Norte y los acuerdos comerciales firmados con treinta y dos naciones de tres continentes. México se encontraba en desventaja en capital y tecnología frente a la incursión de empresas extranjeras con mayor capacidad tecnológica y capitales consolidados, lo que provocó la desaparición de prestigiadas empresas de reconocida trayectoria. Debimos aprovechar los tratados internacionales para fortalecer y acrecentar la base tecnológica.

Como se observa la economía del país influye directamente sobre la adquisición de maquinaria y sobre su utilización, ya que si un país no cuenta con los recursos suficientes para promover su infraestructura, no habrá proyectos que realizar y por lo tanto, muchas constructoras se encontrarán sin trabajo.

BIBLIOGRAFIA**MOVIMIENTO DE TIERRAS.**

Manual de excavaciones.

Hervert L. Nichols, Jr.

Traducción de la segunda edición en inglés.

Compania Editorial Continental, S.A.

México – España – Argentina - Chile

MOVIMIENTO DE TIERRAS, TOMO I.

Ing. Rafael Aburto Valdés.

Ing. Carlos M. Chavarri Maldonado.

Fundación para la enseñanza de la construcción A.C.

Departamento de Construcción.

División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica.

Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional Autónoma de México.

CD. Universitaria, México, D.F.

MOVIMIENTO DE TIERRAS, TOMO II.

Ing. Rafael Aburto Valdés.

Ing. Carlos M. Chavarri Maldonado.

Fundación para la enseñanza de la construcción A.C.

Departamento de Construcción.

División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica.

Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional Autónoma de México.

CD. Universitaria, México, D.F.

MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Excavaciones y Terracerías.

Ing. José Piña Garza.

Centro de Educación Continúa División de Estudios Superiores.

Universidad Nacional Autónoma de México, 1977.

MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION.

Ing. Rafael Aburto Valdés.

Fundación para la Enseñanza de la Construcción, A.C.

Departamento de Construcción.

División de Ingeniería Civil, Topográfica y Geodésica.

Facultad de Ingeniería.

Universidad Nacional Autónoma de México.

CD. Universitaria, México, D.F.

Primera Edición: Mayo de 1990.

MAQUINARIA PARA CONSTRUCCION.
Profesor de Ingeniería Civil: David A. Day.
Universidad de Denver.
Editorial LIMUSA.
México 1982.

MAQUINARIA DE CONSTRUCCION.
Tercera Edición totalmente actualizada.
Dr. Ing. Manuel Díaz del Río.
Septiembre, 1996.
COMPYCOM, S.L.

**MAQUINARIA Y METODOS MODERNOS EN
CONSTRUCCION.**
Ing. Frank Harris.
Traducido por: Ing. Gonzalo Navacerrada Farias.
Editorial Bellisco e Hijos.
Madrid 1992.

DESMONTE Y MOVIMIENTO DE TIERRAS.
Johan D. Berlijn.
Editorial Trillas, S.A. de C.V.
Sexta impresión, Agosto 1993.
Impreso en México.

MECANICA DE SUELOS, TOMO I.
Fundamentos de la mecánica de suelos.
Eulalio Juárez Badillo.
Alfonso Rico Rodríguez.
Tercera Edición.
Editorial LIMUSA.
México, 1990.

MECANICA DEL SUELO.
Para Ingenieros de carreteras y aeropuertos.
Traducción de: Luis Valero Alonso.
Centro Bibliográfico.
Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas.
Madrid, 1963.

**La Ingeniería de los Suelos en las Vías Terrestres
Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas Volumen I**
M.I. Alfonso Rico Rodríguez.
Ing. Hermilo del Castillo.
Editorial LIMUSA.
México, 1978.

Ingeniería de Sistemas.
Eduardo A. Arbones Malisani.
Marcombo.
BOIXAREV Editores.
España, 1991.

Ingeniería de Sistemas.
Filosofía y técnicas.
Dr. Miguel Angel Cárdenas.
Editorial LIMUSA.
Primera reimpresión.
México, 1978.

PAGINAS DE INTERNET VISITADAS.

[www. Caterpillar.com](http://www.Caterpillar.com)
[www. Volvo.com](http://www.Volvo.com)
[www. Komatsu.com](http://www.Komatsu.com)
[www. Case.com](http://www.Case.com)

PUBLICACIONES.

Revista Mexicana de la Construcción.
Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción.
Octubre, Noviembre y Diciembre del 2001.