



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA VII. EQUIPO DE COMPACTACION

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO.

## C A P I T U L O

### I N T R O D U C C I O N

La palabra "Compactación" resulta de sustantivar el Adjetivo "compacto" que deriva del latín "compactus", participio pasivo de "compingere" que quiere decir unir, juntar.

Desde tiempos antiguos se ha reconocido la conveniencia de compactar los terraplenes de los caminos. Los métodos primitivos incluían llevar -- borregos de un lado para otro del terraplén y arrastrar con caballos aplanadoras pesadas de madera.

Hasta hace pocos años se podía contar con la compactación hecha por las unidades de transporte y por aplanadoras casuales, junto con los asentamientos naturales, para estabilizar los terraplenes, de modo que retuvieran su forma y soportaran las cargas que se colocaran sobre ellos.

En los últimos quince años ha habido un gran progreso en la ciencia de la compactación de los suelos. Los estudios de laboratorio han resuelto muchos problemas del comportamiento del suelo, y los fabricantes han -- diseñado una amplia variedad de equipo para producir el máximo de compactación con el máximo de economía.

La compactación de los suelos debe ejecutarse de la forma mas adecuada, ya que a excepción de unas correctas características de drenaje, es el factor que tiene mayor influencia en las condiciones funcionales de cualquier obra civil, como pueden ser terraplenes, Sub-bases, bases y superficies de rodamiento.

Se desprende de la anterior, que la vida útil de una obra, en la que interviene la compactación, dependerá en gran parte del grado de compactación especificado, el cual deberá ser estrictamente controlado.

La realización de proyectos cada vez más ambiciosos y de programas mas agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

Se han introducido mejoras como: Poderosos sistemas hidráulicos, sensores electrónicos confiables, diseños mas funcionales, mayor versatilidad en su uso, transmisiones rápidas, potentes motores, etc., las cuales se han traducido en una mayor producción de los equipos.

Con objeto de poder cumplir con plazos cada vez menores en la ejecución de obras cada vez mayores, se ha llegado a la necesidad de utilizar equipos de gran producción.

Los grandes equipos de carga, acarreo y tiro de material, han obligado a los fabricantes de equipo de compactación a diseñar máquinas compactadoras capaces de balancear al tiro con la compactación, para evitar interferencia de actividades y pérdida de tiempo, lo que da por resultado un proyecto antieconómico.

## C A P I T U L O    I I

### CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Para poder clasificar los suelos nos basaremos en el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" S.U.C.S.

Este sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo - ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino; si más la mitad de sus partículas, en peso son finas.

#### i) SUELOS GRUESOS.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, - que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos-- de ese grupo.

G (Gravel)    Gravas y suelos en que predominen estas.

S (Sand)      Arenas y suelos arenosos.

Las gravas y las arenas se separan con la malla No. 4, de manera - que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50 % de su frac--

ción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa la malla No. 4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

- a) Material prácticamente limpio de finos, bien graduado. Símbolo W (well graded). En combinación con los símbolos genéricos, se obtienen los grupos GW y SW.
- b) Material prácticamente limpio de finos, mal graduado. Símbolo P (poorly graded). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GP y SP.
- c) Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Símbolo M (del Sueco Mo y Mjala). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GM y SM.
- d) Material con cantidad apreciable de finos plásticos. Símbolo C (Clay). En combinación con los símbolos genéricos, da lugar a los grupos GC y SC.

## 2) SUELOS FINOS.

También en este caso el Sistema considera a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos, y dando lugar a las siguientes divisiones:

M (Del Sueco Mo y Mjala) Limos inorgánicos.

C (Clay) Arcillas Inorgánicas.

O (Organic) Limos y Arcillas Orgánicas.

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido, en dos grupos. Si este es menor del 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L (Low Compressibility), obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor del 50%, o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra ---

H (High Compressibility), teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

Al final de este capítulo aparece una tabla general del "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos".

Los materiales friccionantes son principalmente gravas y arenas; - entendiéndose por fricción interna a la resistencia al desplazamiento entre las partículas internas del material.

Los materiales cohesivos son arcillas y limos arcillosos; cohesión podemos definirla como la atracción mutua de las partículas de un suelo - debido a fuerzas moleculares y a la presencia de humedad.

## SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

| PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO<br>(Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm (3") y basando las fracciones, en pesos estimados)   |   |  |   | SIMBOLOS DEL GRUPO<br>(#)                             | NOMBRES TÍPICOS   | INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS   |   |  |
|--|---|--|---|---|---|---|---|--|
| <b>SUELOS DE PARTICULAS GROSAS</b><br>Más de la mitad del material es retenido en la malla N° 200 (♦)<br>[Se aproximan las más pequeñas visibles a simple vista]   | <b>GRAVAS</b><br>Más de la mitad de la fracción gruesa es retenido en la malla N° 4<br>[Para clasificación, usar malla N° 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla N° 4] | GRAVAS LIMPIAS<br>(Poco o nada de partículas finas)            | Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios    | GW  | Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finas | Dese el nombre típico, indiquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la superficie y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre parentesis<br><br>Para los suelos inalterados agréguense — información sobre estratificación, compactación, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje<br><br><b>EJEMPLO:</b><br>Arena limosa con grava, como un 20% de grava de partículas duras, angulosas y de 1.5 cm de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas a subangulosas; — alrededor de 15% de finas no plásticas de baja resistencia en estado seco, compacta y húmeda en el lugar, arena aluvial, (ISM) |   |  |
|  |   |  | Predomina de un tamaño a un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios                  | GP  | Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finas  |   |   |  |
|  |   |  | Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)                             | GM  | Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo                            |   |   |  |
|  |   |  | Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)   | GC  | Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla                      |   |   |  |
|  | <b>ARENAS</b><br>Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla N° 4<br>[Para clasificación, usar malla N° 1/2 cm como equivalente a la abertura de la malla N° 4]           | ARENAS LIMPIAS<br>(Poco o nada de partículas finas)            | Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios    | SW  | Árenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finas         |   |   |  |
|  |   |  | Predomina de un tamaño a un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios                  | SP  | Árenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finas          |   |   |  |
|  |   |  | Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)                             | SM  | Árenas limosas, mezclas de arena y limo                                   |   |   |  |
|  |   |  | Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)   | SC  | Árenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla                             |   |   |  |
| <b>SUELOS DE PARTICULAS FINAS</b><br>Más de la mitad del material pasa la malla N° 200<br>(Las partículas de 0.075 mm de diámetro (malla N° 200) son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista) | PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N° 40  |  |   |   |   |   |   |  |
|  | <b>LIMOS Y ARCILLAS</b><br>Límite líquido menor de 50   | RESISTENCIA EN ESTADO SECO<br>(Características al rompimiento) | DILATANCIA<br>(Reacción al agitado)   | TENACIDAD<br>(Consistencia cerca del límite plástico) |   |   | Dese el nombre típico, indiquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad máxima de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre parentesis<br><br>Para los suelos inalterados agréguense — información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje<br><br><b>EJEMPLO:</b><br>Limo arcilloso, café, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arena fina, numerosas agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar, (Ips), (ML) |  |
|  |   | Nula o ligera  | Rápida a lenta  | Nula  | ML  | Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos   |   |  |
|  |   | Media o alta   | Nula a muy lenta  | Media   | CL  | Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres  |   |  |
|  | <b>LIMOS Y ARCILLAS</b><br>Límite líquido mayor de 50   | Ligera o media   | Lenta   | Ligera  | OL  | Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad  |   |  |
|  |   | Ligera o media   | Lento a nula  | Ligera a media  | MH  | Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomeos, limos elásticos  |   |  |
|  |   | Alta a muy alta  | Nula  | Alta  | CH  | Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas  |   |  |
|  |   | Media o alta   | Nula a muy lenta  | Ligera a media  | OH  | Arcillas orgánicas de medio a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad  |   |  |
|  | SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS  |  | Facilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa |   | PI  | Turba y otros suelos altamente orgánicos  |   |  |

(♦) Clasificaciones de frontera — Los suelos que posean las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos  
 (♦) Todos los tamaños de los mallas en esta carta son los U.S. Standard

# C A P I T U L O III

## COMPACTACION

### 1. D E F I N I C I O N .

En la terminología de Mecánica de Suelos, la reducción de los vacíos de un suelo recibe varios nombres: Consolidación, Compactación, Densificación, etc., existen ligeras diferencias en el significado de los dos primeros.

Consolidación, se usa para la reducción de vacíos, relativamente lenta, debida a la aplicación de una carga estática, usualmente acompañada de expulsión de agua del suelo, por ejemplo la reducción de vacíos en el suelo bajo un edificio.

El término Compactación se usa para la reducción de vacíos, más ó menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 3.1)

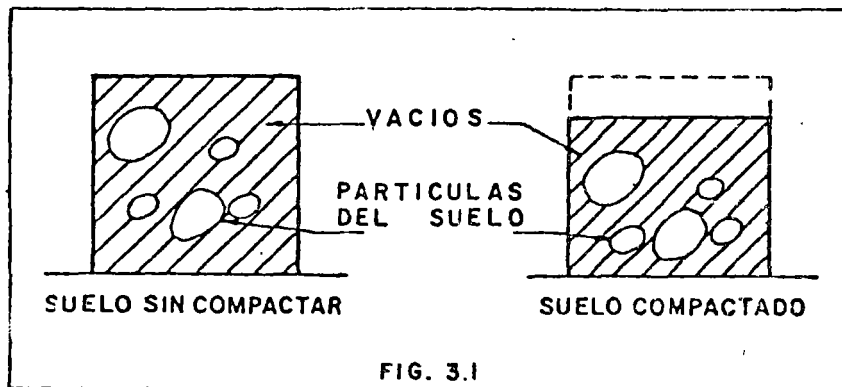


FIG. 3.1



Al reducirse los vacíos del suelo hay un incremento del peso volumétrico del material, de donde se puede dar la siguiente definición.

Compactación: Es el aumento artificial, por medios mecánicos, del peso volumétrico de un suelo, esto se logra a costa de la reducción de los vacíos del mismo al conseguir un mejor acomodo de las partículas que los forman mediante la expulsión de aire y/o agua del material.

## 2.- PROPOSITO E IMPORTANCIA.

La compactación mejora las características de un suelo en lo que se refiere a:

- a) Resistencia mecánica.
- b) Resistencia a los asentamientos bajo cargas futuras.
- c) Impermeabilidad.

Entre las obras que requieren compactación se pueden señalar como más importantes las carreteras, las aeropistas y las presas de tierra.

Estas estructuras deberán ser capaces de soportar su propio peso y el peso de las cargas super-impuestas, si falla, el costo de la reparación puede ser muy elevado.

Desde el punto de vista del constructor el problema es obtener la densidad especificada por el diseñador. Obtenida esta densidad se asegura que la resistencia a futuros asentamientos y la impermeabilidad sean las supuestas por el diseñador, sin embargo la obtención de la densidad de diseño no necesariamente asegura la resistencia mecánica supuesta, ya que ésta depende, en muchos suelos, de la humedad a la cual fué compactado. Es necesario entonces que la compactación sea efectuada a la humedad especificada, especialmente para suelos cohesivos.

Se hace notar que compactar a mayores grados del especificado no es conveniente, es decir, compactar de más, puede resultar perjudicial al proyecto.

La falla de algunas obras han obligado a que las especificaciones de compactación sean cada vez más estrictas; las tolerancias en más ó en menos, del grado de compactación especificado, son generalmente fijadas desde el inicio de la obra.

### 3.- PRUEBAS DE COMPACTACION .

En la construcción de terraplenes sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resistencia necesaria, pero el equipo para medir esta resistencia (especialmente a esfuerzos de compresión y cortante) es difícil de manejar, es caro y no es aplicable a todos los suelos, por lo tanto se han preparado las siguientes pruebas de laboratorio.

- A) P r o c t o r
- B) Proctor Modificada
- C) P o r t e r .

A).- Proctor: R.R. Proctor estableció que hay una correspondencia entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. El equipo para hacer pruebas de compactación en la obra es un equipo económico y sencillo. Proctor desarrolló una prueba que consiste en:

- a) Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.
- b) Se toma un cilindro de 4" de diámetro x 4½" de altura, se llena en tres capas aproximadamente iguales con material de prueba.
- c) Cada capa se compacta con 25 golpes de un martillo de 2.5 Kg. - con un área de contacto de 20 cm<sup>2</sup>., el que se deja caer de 35 cm. de altura. (Fig. 3.2) Todo esto con el objeto de siempre dar al material la misma energía de compactación.

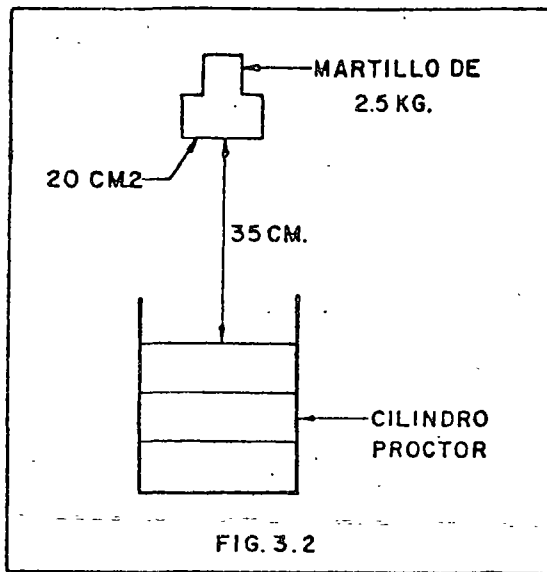


FIG. 3.2

- d) Se pesa el material y como el volumen es conocido se calcula el peso volumétrico húmedo, simplemente dividiendo el peso del material entre su volumen. Como la humedad es conocida, se resta el peso del agua y se obtiene el peso volumétrico seco para esa humedad.
- e) Se repite la prueba varias veces, variando cada vez el grado de humedad, con lo que se obtienen pares de valores Humedad-Peso - Volumétrico seco.

Con estos pares de valores se dibuja la siguiente gráfica. (Fig.3.3)

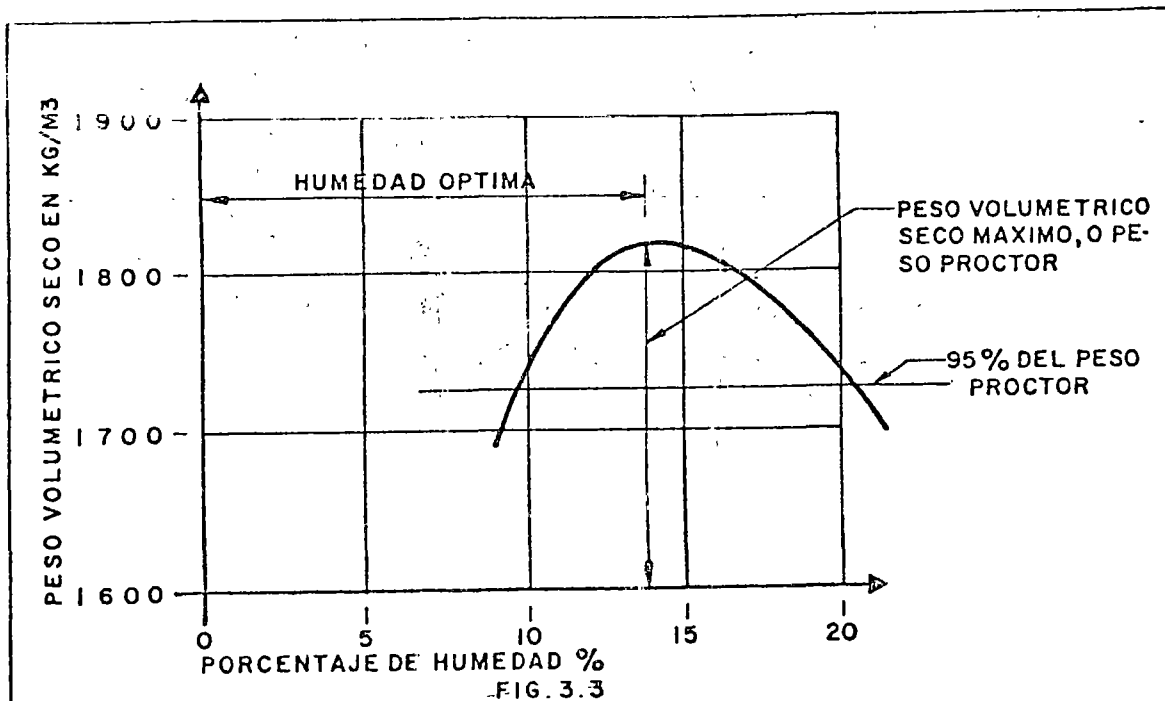


FIG. 3.3

Puede observarse que hay un cierto contenido de humedad para el cual el peso volumétrico es máximo, este peso se conoce como: "Peso volumétrico Seco Máximo" (P.V.S.M.), ó peso proctor, y el contenido de humedad como humedad óptima.

El diseñador entonces especifica el porcentaje del peso proctor que debe obtenerse en la construcción del terraplén y la humedad óptima.

Por ejemplo: Si el proyectista especifica 95% Proctor en el caso de la gráfica, tenemos: P.V.S.M. = 1820 Kg/M<sup>3</sup>.

$$95 \% \text{ de P.V.S.M.} = 0.95 \times 1820 = 1729 \text{ Kg/M}^3.$$

es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de 1729 Kg/M<sup>3</sup> en ese material.

La razón de la existencia de un peso volumétrico máximo es que en todos los suelos, al incrementarse su humedad, se les proporciona un medio lubricante entre sus partículas, que permite un cierto acomodo de estas cuando se sujetan a un cierto trabajo de compactación. Si se sigue aumentando la humedad, con el mismo trabajo de compactación, se llega a obtener un mejor acomodo de sus partículas y en consecuencia un mayor peso volumétrico, si se aumenta más la humedad todavía, el agua empieza a ocupar el espacio que deberían ocupar las partículas del suelo y por lo tanto comienza a bajar el peso volumétrico del material, para el mismo trabajo de compactación.

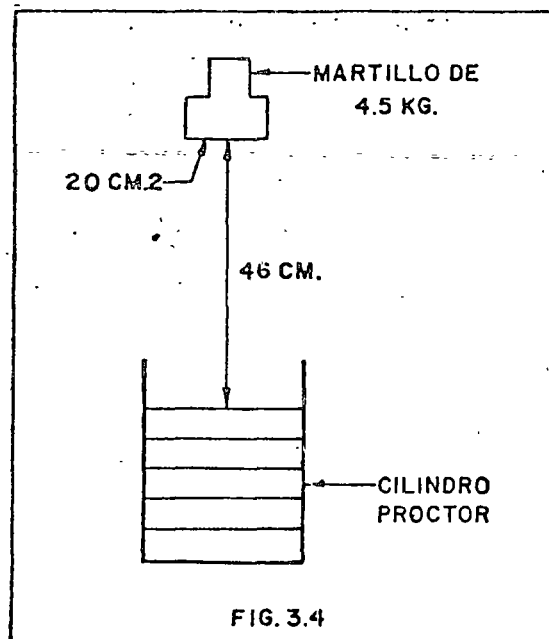
Por lo tanto, si se aumenta ó disminuye la humedad será necesario aumentar el trabajo del equipo de compactación, lo que, en general, no es económico.

B).- Proctor Modificada: Conforme fueron aumentando las cargas sobre las terracerías por el uso de camiones y aeroplanos cada vez más pesados, se vió la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón

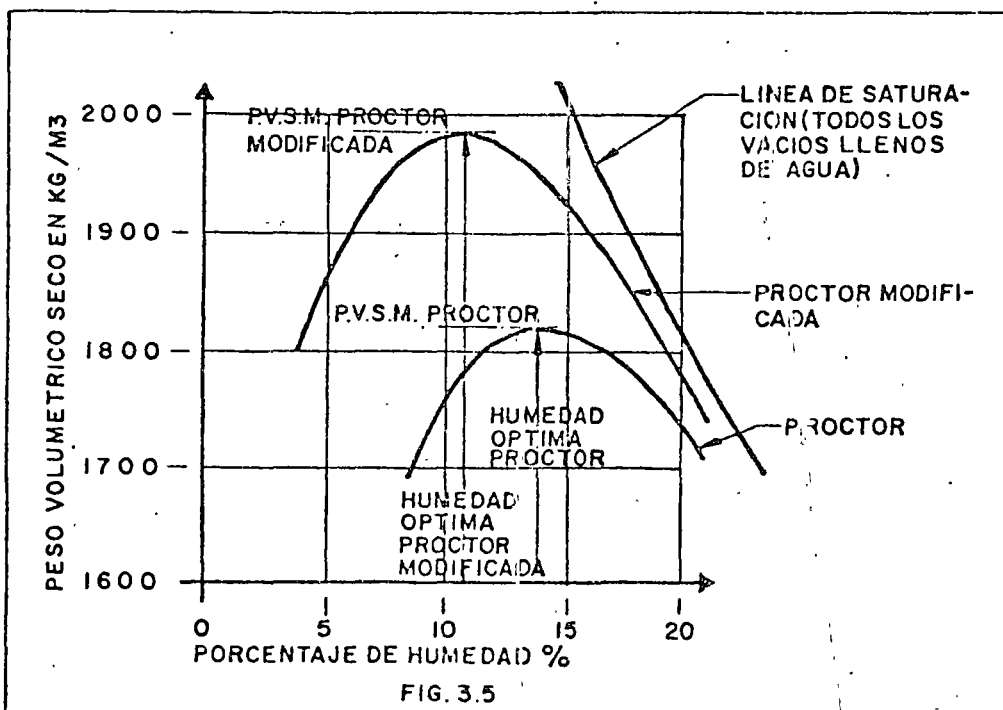
se desarrolló la prueba Proctor modificada.

Para esta prueba se usa el mismo cilindro proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 Kg. y cayendo de una altura de 46 cm., dando 25 golpes por capa. (Fig. 3.4)

En todos los aspectos las dos pruebas son semejantes, únicamente el trabajo de compactación se ha incrementado aproximadamente 4.5 veces.



La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material. (Fig. 3.5)



Obsérvese en esta gráfica que aunque el trabajo de compactación se ha incrementado 4.5 veces, la densidad solamente se incrementó 9%, y que la humedad óptima disminuyó 3%. Esto último es invariablemente cierto.

c).- Porters: Tanto la prueba Proctor como la Proctor modificada han dado muy buen resultado en suelos cuyos tamaños máximos son de 10 mm. (3/8"), en suelos con partículas mayores el golpe del martillo no resulta uniforme y por lo tanto la prueba puede variar de resultados en un mismo material.

Para obviar esta dificultad se ideó la prueba Porter, que consiste en lo siguiente:

- a) Se toma una muestra del material a probar y se seca.
- b) Se pasa por la malla de 25 mm. (1") y se determina el porcentaje, en peso, retenido en la malla, si el porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% se prepara, del material original, una muestra que pase la malla de 1" y que sea retenida en la malla No. 4, de esta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el que se agrega al material que pasó la malla de 1", con este nuevo material se procede a la prueba.
- c) A 4 Kg. de la muestra así preparada se le incorpora una cantidad de agua conocida; y se homogeniza con el material.
- d) Con este material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm.) de diámetro por 30 cm. de longitud con punta de bala.
- e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, y se mete el molde en una prensa de 30 tons.
- f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 Kg/cm<sup>2</sup>., la cual debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gradual durante un minuto.

Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde, la humedad ensayada es inferior a la óptima.

g) Se prosigue por tanteos hasta que la base del molde se humedezca al alcanzar la carga máxima. La humedad de esta prueba es la humedad óptima. Se determina entonces el peso volumétrico seco de la muestra dentro del cilindro, a este peso se le conoce como el "Peso Volumétrico seco Máximo Porter", y que será el peso comparativo para el trabajo de campo.

Por ejemplo: si en la prueba Porter obtuvimos un "Peso Volumétrico-seco Máximo" de  $2,000 \text{ Kg/m}^3$ , y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de:  $0.95 \times 2,000 = 1,900 \text{ Kg/m}^3$ .

#### 4.- METODOS DE CONTROL .

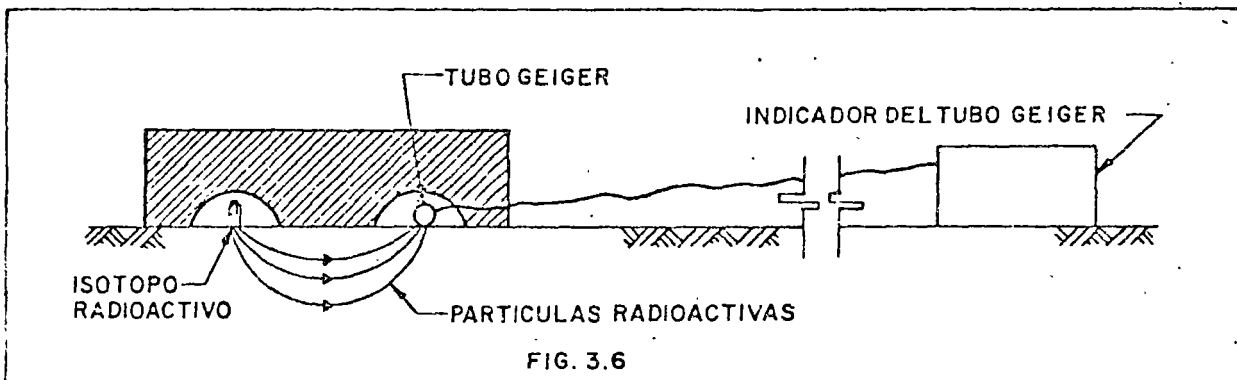
Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado hay varios métodos:

- A) Medida física de peso y volumen.
- B) Mediciones nucleares.
- C) O t r o s .

A).- Medida Física de Peso y Volumen: En cualquiera de los métodos-existentes el principal problema radica en la determinación de la humedad-para poder calcular el peso volumétrico seco en función del peso volumétrico húmedo que es el que se obtiene en las pruebas de campo. Normalmente -se calienta una parte del material hasta secarlo y por diferencia se obtiene la humedad, pero este método es lento y peligroso porque en algunos suelos se altera el peso volumétrico con el calentamiento, debido a la evaporación de partes orgánicas principalmente. Nunca debe llegarse a la calcinación que también puede alterar el peso volumétrico, este método consiste en:

- a) Se excava un agujero de 10 a 15 cm. de diámetro, ó un cuadrado de 15 cm por lado, a la misma profundidad de la capa por probar.
- b) El material excavado es cuidadosamente recogido y pesado. Se seca para determinar la humedad y el peso volumétrico seco.
- c) El volumen del agujero es medido. El método usado generalmente es llenándolo con una arena de peso volumétrico constante que se tiene en un recipiente graduado.
- d) Conocidos el peso seco de la muestra y el volumen del agujero, se calcula el peso volumétrico seco de la muestra, que debe ser igual ó mayor que el peso volumétrico seco especificado.

B).- Prueba de Medición Nuclear: Para evitar el tiempo y costo que significa la prueba anterior se han ideado varios métodos, uno de ellos es el Método nuclear, que consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo radioactivo y un tubo geiger. (Fig. 3.6)



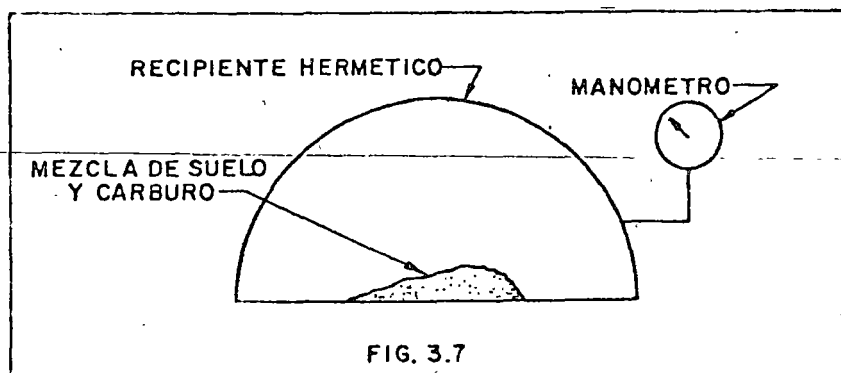
El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del material que tienen que atravesar, es decir, es función del peso volumétrico, entonces la medida del indicador debe compararse con otra medida hecha en una capa que tenga el peso volumétrico especificado.

Estos aparatos necesitan frecuente calibración, no siempre hay una indicación clara cuando el aparato no funciona bien y su exactitud varía con el tipo de suelo.



Estas desventajas, sin embargo son despreciadas por los constructores en grandes trabajos de terracerías, pues el aparato le permite asegurar que una cierta capa ha sido compactada, con un alto grado de confiabilidad, prosiguiendo el trabajo de inmediato con la siguiente capa.

C).- Otros: Como el problema principal es la determinación de la humedad se han desarrollado últimamente algunos métodos entre los que destaca principalmente el denominado "Speedy" (Fig. 3.7), que consiste en colocar un peso conocido de suelo mezclado con carburo de calcio dentro de un recipiente hermético provisto de un manómetro. El carburo reacciona con la humedad del suelo, produciendo gas acetileno y por lo tanto una presión que es registrada en el manómetro el que se puede inclusive graduar en gramos de agua, determinándose rápidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco.

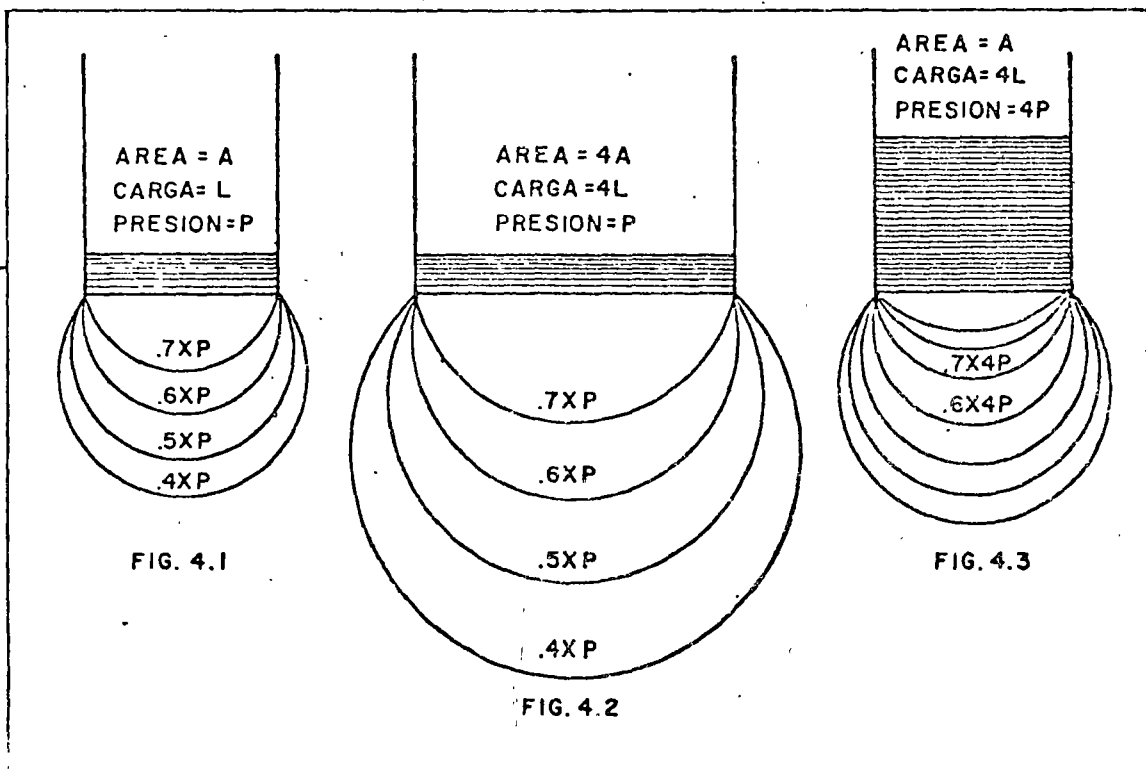


# C A P I T U L O IV

## TRABAJO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compresión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", - colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga "L", dando una presión de contacto "p". (Fig. 4.1)

En el suelo se desarrollan presiones, si unimos los puntos de igual presión, obtendremos superficies llamadas, bulbos de presión.



Obsérvese lo siguiente:

- a) Si aumenta el tamaño de la placa pero la presión permanece constante, incrementando la carga: la profundidad del bulbo de presión aumenta. (Fig. 4.2)
- b) Si aumenta la presión, y el área permanece constante. (Fig. 4.3) la profundidad del bulbo no aumenta significativamente, pero la presión, y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando capas de un determinado espesor:

De (a) y (b) se deduce que es necesario controlar el espesor de las capas para tener suficiente presión en el suelo para obtener la compactación deseada.

De (b) se deduce que no podemos aumentar significativamente el espesor de la capa de compactación simplemente lastrando excesivamente el equipo.

De (a) se deduce que para aumentar el espesor de la capa, debemos cambiar el equipo por otro que tenga mayor superficie de contacto, aunque la presión permanezca constante.

La Teoría de los bulbos de presión fué desarrollada por Boussinesq para un medio elástico. Para fines prácticos todos los suelos son elásticos y la teoría es razonablemente cierta aún para suelos granulares.

Los esfuerzos mecánicos empleados en la compactación, son una combinación de uno ó más de los siguientes efectos:

- 1).- PRESION ESTÁTICA: La aplicación de una fuerza por unidad de área.
- 2).- IMPACTO: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.
- 3).- VIBRACION: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia, baja amplitud.

4).- AMASAMIENTO: Acción de amasado, reorientación de partículas--  
próximas, causando una reducción de vacíos.

5).- CON AYUDA DE ENZIMAS.

#### 1.- COMPACTACION POR PRESION ESTATICA .

Este principio se basa en la aplicación de pesos más o menos grandes sobre la superficie del suelo.

La acción de este principio de compactación es de arriba hacia abajo, es decir, las capas superiores alcanzan primero mayores densidades que las de abajo.

Este principio de compactación tiene dos inconvenientes en la obtención de una rápida densificación:

A).- Su Acción de Arriba hacia Abajo: El inconveniente de que la parte superior se compacte primero que la de abajo, es que el esfuerzo compactivo debe atravesar la parte ya compactada, para poder compactar la inferior. Se consume por lo tanto mayor energía de compactación.

También suele suceder que las características granulométricas del material varíen, debido a la sobrecompactación de la porción superior de la capa; dicha sobrecompactación ó exceso de energía compactiva produce -- una fragmentación de partículas.

B).- Fomentar la resistencia de la fricción interna del material, durante la compactación: Definiendo como fricción interna a la resistencia de las partículas de un suelo para deslizarse dentro de la masa del mismo, se puede juzgar este segundo inconveniente.

Si llamamos (F) a la fuerza aplicada por el compactador y (n) al coeficiente de fricción interna del material, se puede deducir la reacción (R) de las partículas para deslizarse dentro de la masa de suelo.

$$R = nF$$

A mayor fuerza aplicada mayor la reacción de la fricción interna -- del material, aquí es donde el papel que juega el agua resulta muy impor-- tante, ya que, tendrá efectos lubricantes entre las partículas reduciendo-- (n) y por consecuencia a (R).

Para este tipo de compactación es necesario hacer riegos intensivos de agua cuando el material así lo soporte.

## 2.- COMPACTACION POR IMPACTO .

La compactación por medio de impacto se logra haciendo caer repeti-- damente un peso desde una cierta altura.

Cuando una unidad compactadora tiene una frecuencia baja y una am-- plitud grande, la unidad cae dentro de este tipo de compactación.

El principio en que se basa este tipo de compactación es que, cuan-- do un cuerpo se levanta una cierta distancia sobre una superficie y se de-- ja caer, la presión que ejerce sobre ésta, es varias veces mayor que la -- presión que ejerce el mismo cuerpo estando apoyado estáticamente sobre di-- cha superficie.

## 3.- COMPACTACION POR VIBRACION .

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido ma-- yor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compac-- tar.

En la mayoría de los tipos de material, la compactación dinámica ó vibratoria, supera en eficiencia a los compactadores estáticos.

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de com-- pactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se so-- mete al material a rápidos y fuertes impactos ó vibraciones, entre 700 y - 4,000 dependiendo del compactador.

Debido a las vibraciones producidas por el equipo sobre el material, la fricción interna de éste, desaparece momentáneamente, propiciando el --

acomodo de las partículas.

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar una perforadora de álabes dentro de un recipiente que contenga arena ó grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria.

La vibración multiplica la movilidad interna del material en forma contundente; en suelos de granulometría gruesa la movilidad dinámica es de 10 a 30 veces mayor que la movilidad estática.

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla:

| Material | Contenido de agua<br>% | Momento Resistivo (Kg-cm) |                 |
|----------|------------------------|---------------------------|-----------------|
|          |                        | En Reposo                 | Con Vibraciones |
| Grava    | 0                      | 1700                      | 40              |
| Arena    | 10                     | 600                       | 45              |
| Limo     | 12                     | 150                       | 25              |

La compactación por vibración tiene un efecto de penetración como el sonido, el cual también es dinámico, pero tiene una frecuencia mayor y audible; este tipo de compactación evita los efectos de arco y disminuye la fricción interna del material permitiendo que las fuerzas compactivas trabajen a mayor profundidad y a mayor anchura.

Con este principio de compactación las partículas de material se ven sujetas a presión estática y a impulsos dinámicos de las fuerzas vibratorias, con lo cual se logra una compactación con menor esfuerzo.

La densificación de un material por medio de compactadores vibratorios es de abajo hacia arriba.

#### VENTAJAS DE LA COMPACTACION POR VIBRACION.

- a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita la obtención de los últimos porcentos del grado de compactación que son tan difíciles de obtener, y a veces imposibles de obtener, con.

compactadores estáticos.

- b) Permite el uso de compactadores más pequeños.
- c) Se puede trabajar sobre capas de material de mayor espesor.
- d) Permite hacer trabajos más rápidos por menor número de pasadas.
- e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan más económicos.

#### 4.- COMPACTACION POR AMASAMIENTO .

Amasar en este caso puede confundirse con exprimir, es decir el efecto de una pata de cabra al penetrar en un material ejerce presión hacia todos lados, obligando al agua y/o al aire a salir por la superficie.

La compactación por este principio se lleva a cabo de abajo hacia arriba; es decir las capas inferiores se densifican primero y las superiores posteriormente. Por esto se dice que un rodillo pata de cabra emerge o sale cuando el material se encuentra compactado debidamente.

Los rodillos pata de cabra se emplean fundamentalmente en materiales cohesivos; en cambio su efectividad es casi nula en materiales granulares.

#### 5.- COMPACTACION CON LA AYUDA DE ENZIMAS .

Mediante la adición de productos enzimáticos en el agua de compactación, se ha pretendido obtener, en combinación con algún otro esfuerzo compactador mecánico, la densificación más rápida de los materiales.

Según la definición de Sumner o Somers una enzima es: "cierta sustancia química-orgánica que está formada por plantas, animales y microorganismos, capaz de incrementar la velocidad de transformación química del medio donde se encuentra, sin que sea consumida por ello en este proceso, -- llegando a formar parte del conjunto".

Según los fabricantes de enzimas para compactación, esta se logra mediante una reacción química de ionización de los componentes orgánicos e inorgánicos del terreno, permitiendo que esta reacción origine una fusión-

molecular progresiva, lo que trae por consecuencia que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

Se hace hincapié en que el agregar productos enzimáticos al agua de compactación no densificará al material tratado, sino que es necesario --- aplicar esfuerzo compactivo adicional; es decir, se usará algún equipo compactador y agua con enzimas, con lo cual puede reducirse el tiempo de compactación.



## C A P I T U L O V

### EQUIPO DE COMPACTACION

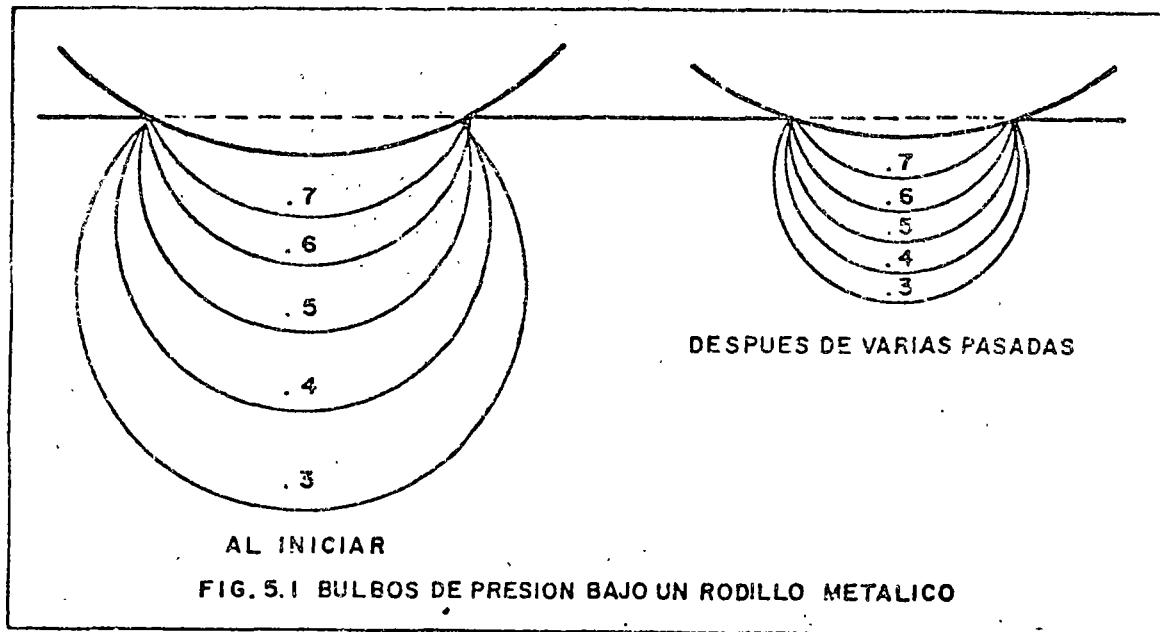
#### TIPOS DE COMPACTADORES.

Hay una gran variedad de equipos de compactación, se describirán--- sus características básicas:

#### 1- RODILLOS METALICOS.

Un rodillo metálico utiliza solamente presión estática con un mínimo de manipulación en materiales plásticos.

Quando estos rodillos inician la compactación de una capa el área de contacto es más ó menos ancha y se forma un bulbo de presión de una --- cierta profundidad, conforme avanza la compactación, el ancho del área de contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del -- bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercana de la superficie. (Fig. 5.1). Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente -- causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpeta-- miento).



Si a esto se agrega la costumbre de hacer riegos adicionales durante la compactación, para compensar la evaporación, en una capa en donde la penetración del agua es difícil por la misma compacidad del material llegamos a un estado de estratificación de la humedad, en este momento la formación de la costra es inevitable.

También es costumbre más ó menos generalizada, el sobre lastrar estos equipos cuando no se está obteniendo la compactación, para aumentar la penetración y la profundidad del bulbo de presión, esto generalmente tiene como consecuencia el sobre esforzar la superficie.

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas suaves, debido a -- que la rigidez de la rueda las puntea, estas áreas suaves se presentan -- con frecuencia en terracerías debido a la irregularidad de la capa.

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente:

A) Planchas Tandem.- Son aquellas que tienen dos o tres rodillos -- metálicos paralelos. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente. (Fig. 5.2)

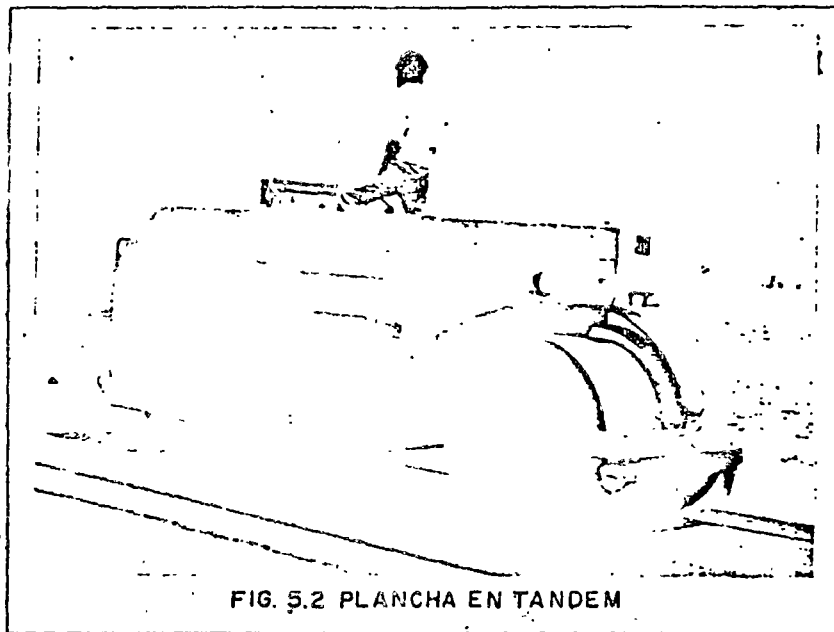


FIG. 5.2 PLANCHA EN TANDEM

B) Planchas de Tres Ruedas.-- Son quizás las de más antiguo diseño; estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda delantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas ó formadas por placas de acero roladas con atiesadores. (Fig. 5.3)

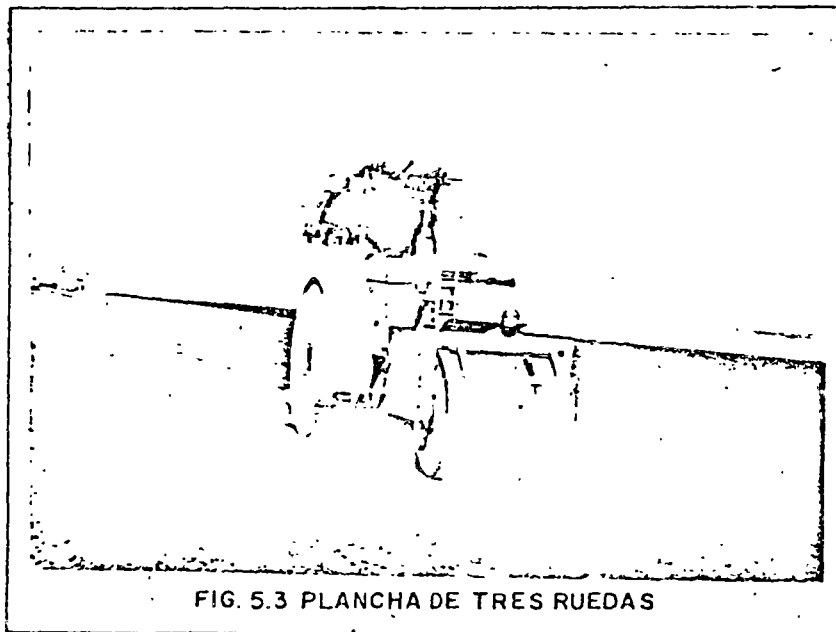


FIG. 5.3 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro ---

lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

Tanto las planchas tandem como las de tres rodillos, tienen bajas velocidades de operación y poca seguridad al compactar las orillas de terraplenes altos.

Son efectivas en suelos de naturaleza granular donde su efecto triturador puede ser necesario; su efectividad se ve mermada en materiales granulo plásticos, donde se tiende a un encarpetaamiento; en materiales plásticos o cohesivos no tienen gran aplicación.

Resumiendo, puede decirse que estas máquinas por su lentitud y poca profundidad de acción, han perdido terreno en la compactación de grandes movimientos de tierra; también en algunas aplicaciones específicas que tienen estos equipos como la compactación de carpetas asfálticas, van siendo desplazadas por otras máquinas compactadoras.

## 2.- RODILLOS NEUMATICOS .

Los rodillos neumáticos son muy eficientes y a menudo esenciales para la compactación de sub-bases, bases y carpetas, sus bulbos de presión son semejantes a los de los rodillos metálicos, pero el área de contacto permanece constante por lo que no se produce el efecto de reducción del bulbo. Por otra parte, el efecto de puenteo del rodillo metálico, sobre zonas suaves, se elimina con llantas de suspensión independiente.

Estos compactadores pueden ser jalados ó autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

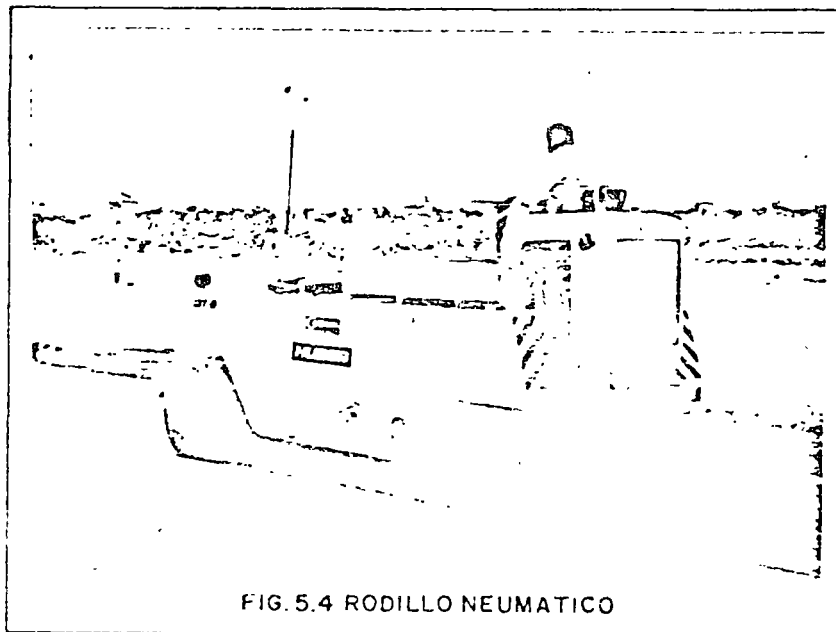
- A) De llantas pequeñas
- B) De llantas grandes.

A) DE LLANTAS PEQUEÑAS.- Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas

es tal que las traseras traslapan con las delanteras. (Fig. 5.4)

Algunos de estos compactadores tienen montadas sus ruedas en forma tal que oscilan o "bailan" al rodar, lo que aumenta su efecto de amasamiento.

Estos compactadores proporcionan una presión de contacto semejante a la proporcionada por equipos de mayor peso y llantas grandes, tienen mayor maniobrabilidad, no empujan mucho material adelante de ellos, tienen poca profundidad de acción y poca flotación en materiales sueltos.



B) DE LLANTAS GRANDES.- Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 tons. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje. Su costo horario es generalmente caro por el tipo de tractor que se utiliza para arrastrarlos.

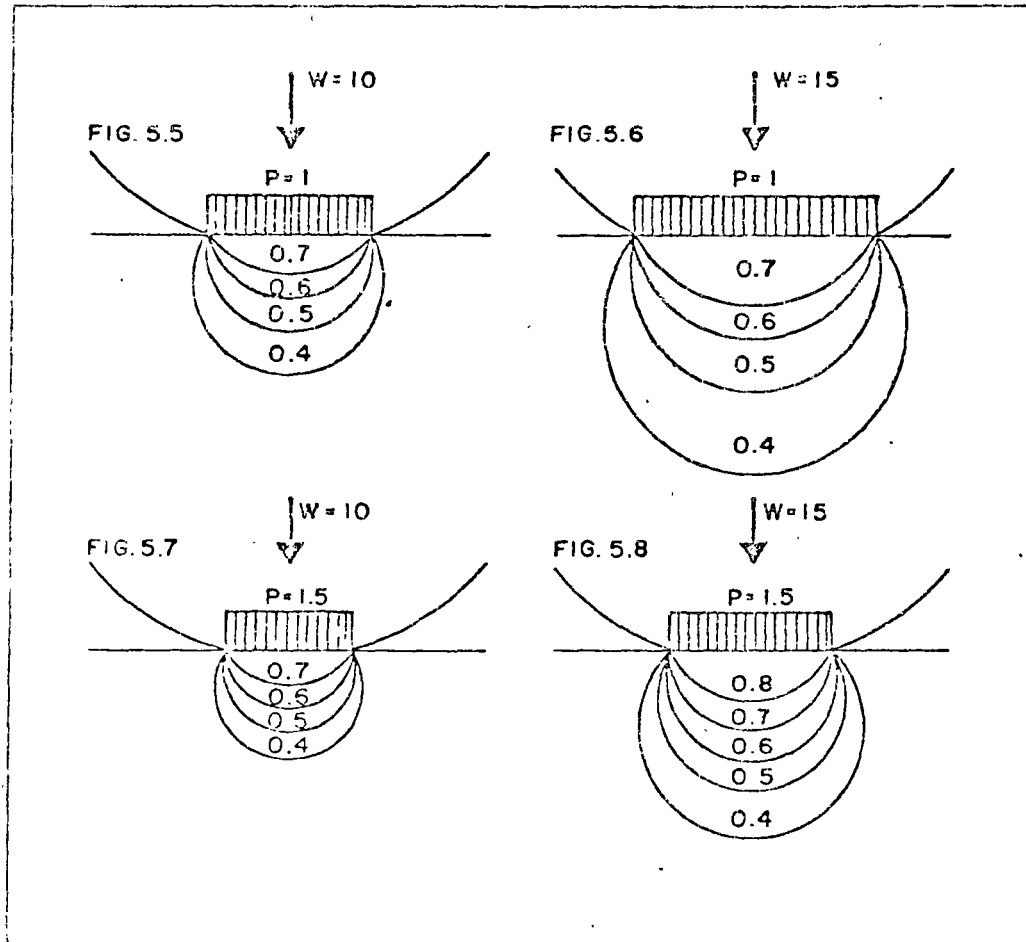
Su mejor aplicación es usarlos como compactadores de prueba.

Los dos factores más importantes que intervienen en este tipo de compactadores son:

a) Peso total.- Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplica

da por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

b) La presión de inflado es importante, pero está ligada íntimamente a la carga de la llanta. Si "W" es el peso del compactador, y "p" es la presión de contacto: (Fig. 5.5)



Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 5.6), aumentamos la profundidad del bulbo de presión, pero no aumentamos la presión, ésto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el -- aumento de eficiencia es casi nulo, y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de la llanta.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 5.7) disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa. Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en --

bases y sub-bases.

Si aumentamos el peso y la presión, (Fig. 5.8) estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo.

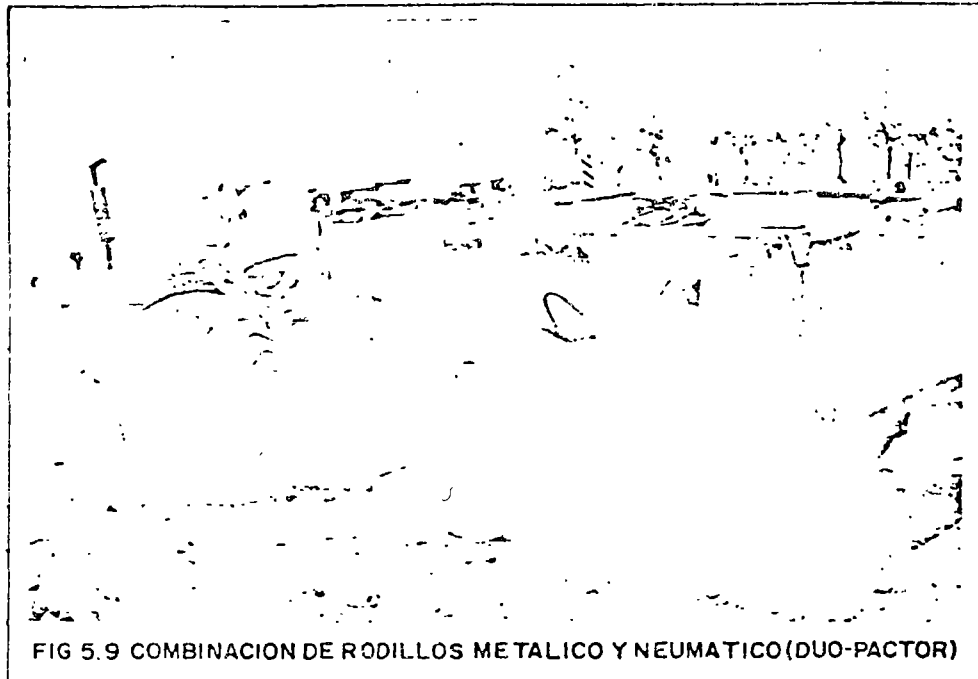
En el concepto moderno de un compactador neumático la carga sobre la llanta y la presión de inflado, deben ser las adecuadas para dar la presión de contacto suficiente para ejercer el esfuerzo requerido de compactación (es aconsejable no alejarse mucho de las recomendaciones del fabricante).

Por la razón anterior los fabricantes de equipo progresistas han provisto, a sus máquinas con implementos para variar rápidamente la presión de inflado de sus equipos.

Las presiones de inflado usuales son del orden de 50 psi, para compactadores pequeños (hasta 10 tons) y puedan llegar hasta 80 psi en compactadores grandes. (de 10 a 60 tons.)

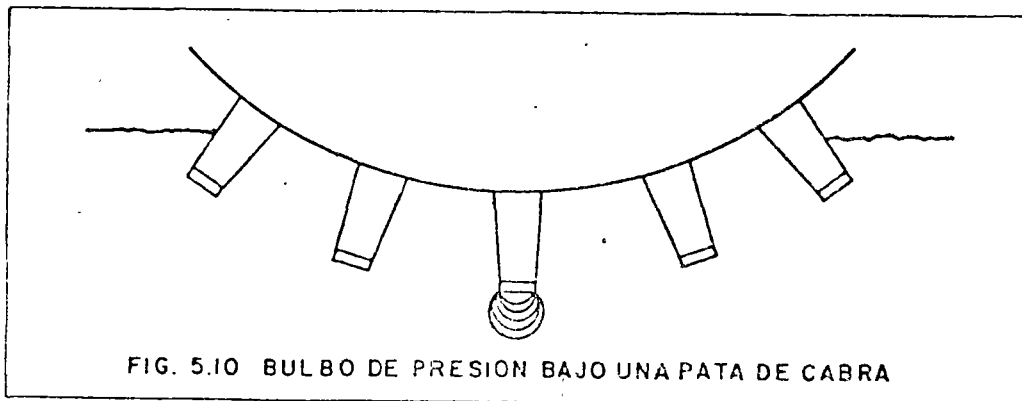
La presión de inflado no es igual a la de contacto ya que interviene (en mucho) la rigidez de la llanta inflada.

Tienen aplicaciones especializadas como la compactación del terreno natural en aeropuertos (grandes extensiones, terreno plano, alto grado de compactación, fácil acceso, etc.), tienen gran utilidad para sellar las capas superiores, con lo que se logra una buena impermeabilidad.



### 3.- RODILLOS PATA DE CABRA .

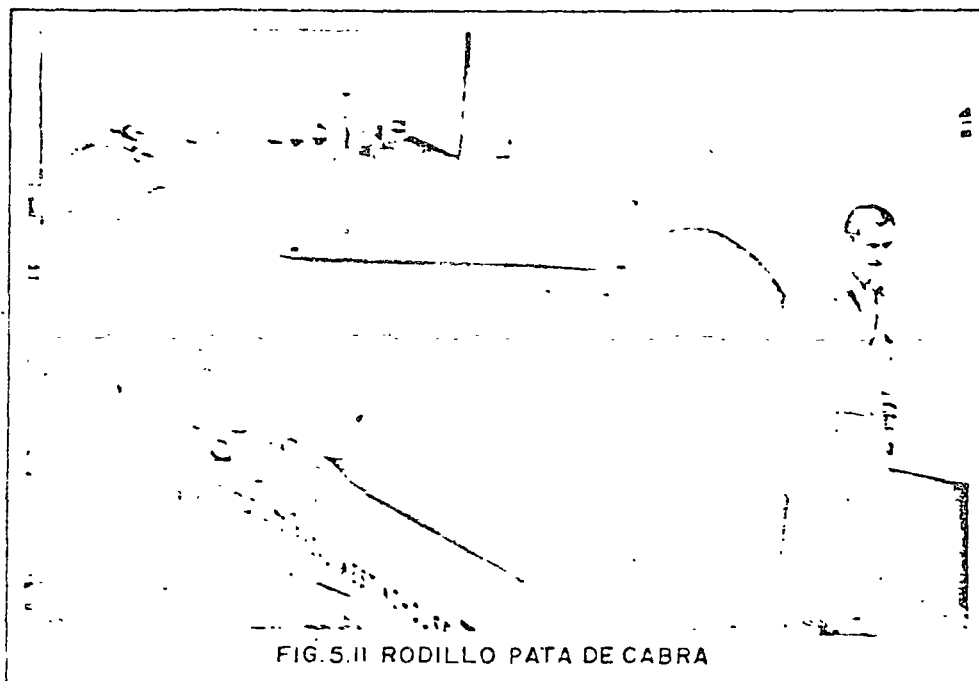
Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde las estratificación debe ser eliminada como en el corazón impermeable de una presa. Debido a la pequeña área de contacto de una pata y al alto peso de éstos equipos el bulbo de presión es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más - que por efecto del bulbo de presión. (Fig. 5.10)



Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia. Este equipo es todavía



pedido en especificaciones algunas veces pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente por unidad de volumen compactado. (Fig. 5.11)



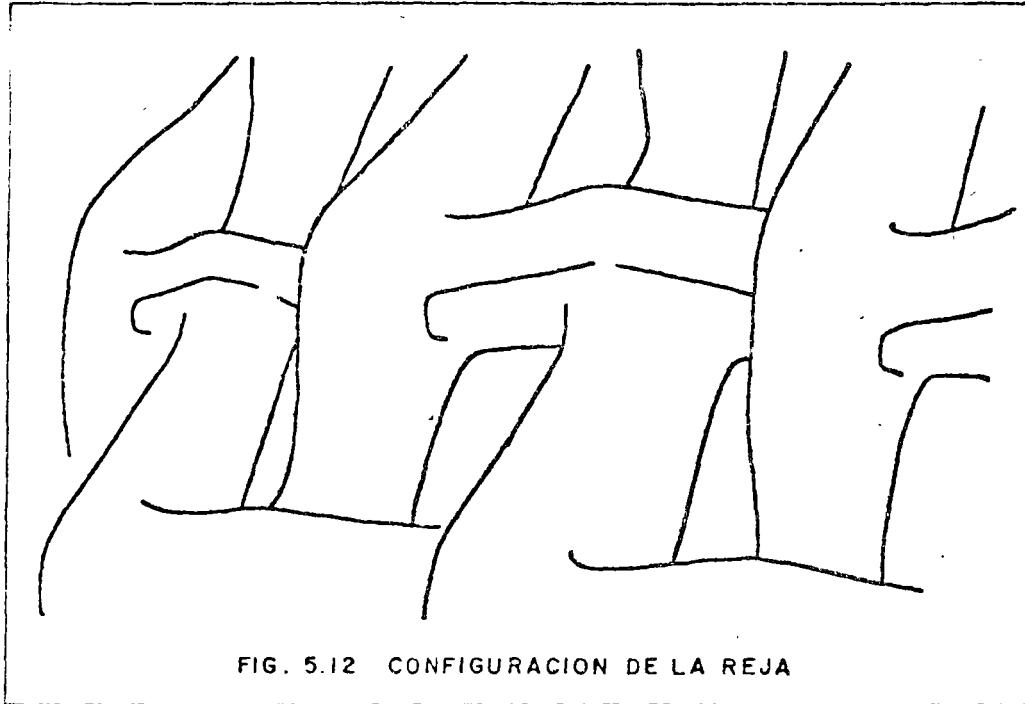
#### 4.- RODILLO DE REJA .

Este compactador fué desarrollado originalmente para disgregar y -- compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas, para hacer caminos de penetración transitables todo el año.

El rodillo transita sobre la roca suelta sobre el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable. Como una gufa la roca que se puede escarificar también se puede disgregar.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que

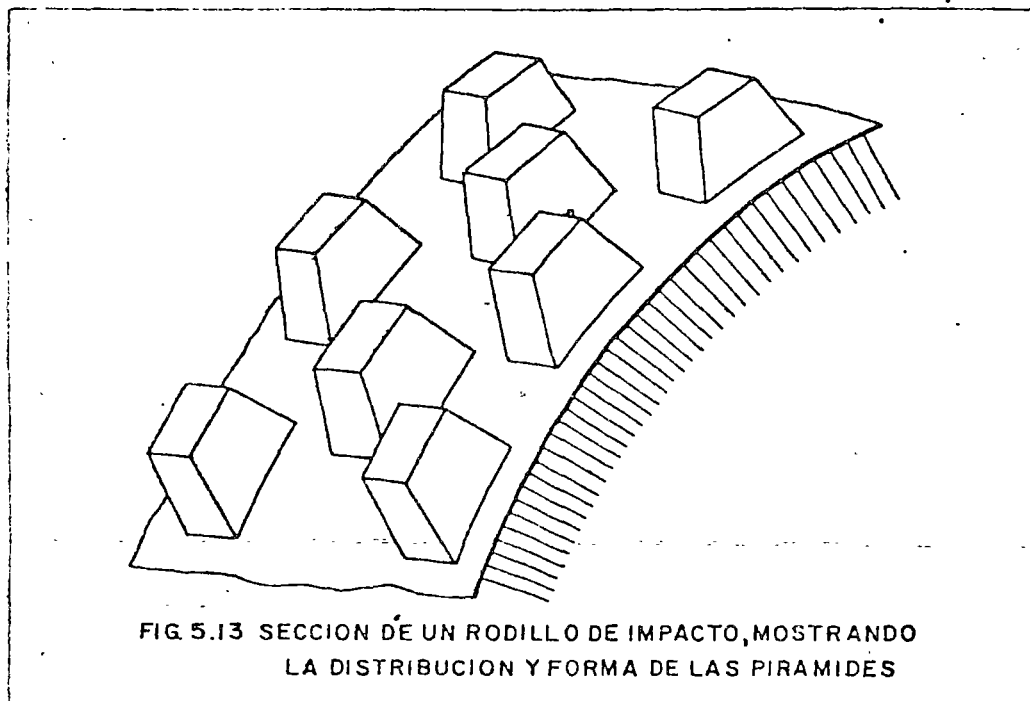
este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente, como los materiales plásticos suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia. (Fig. 5.12)



Estos rodillos, debido a su misma configuración no pueden dejar una superficie tersa como puede ser una base de una carretera.

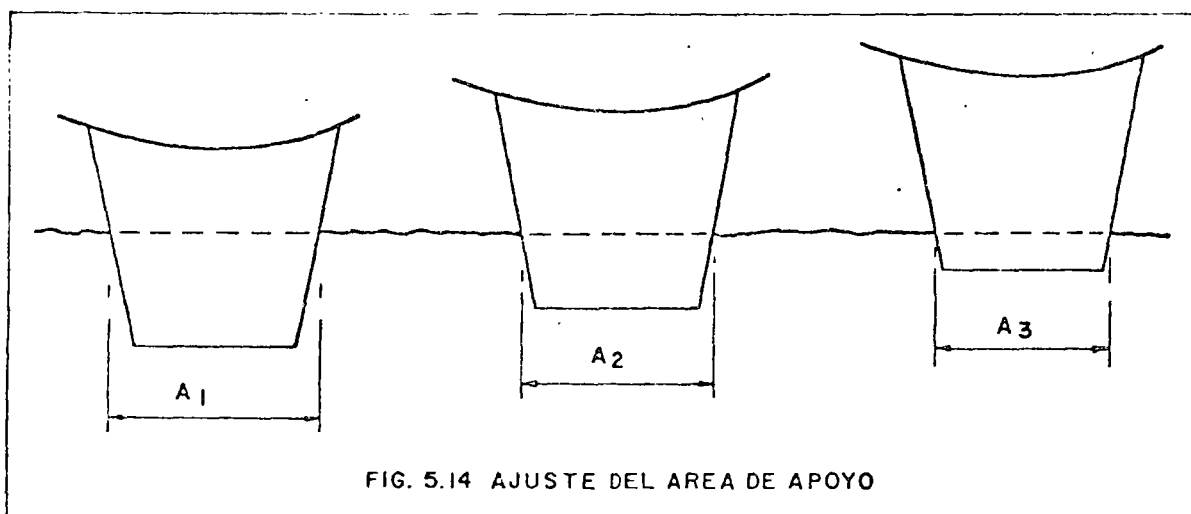
#### 5.- RODILLO DE IMPACTO. ( TAMPING ROLLER ).

A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: el rodillo de impacto, este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma -- aproximada de una pirámide rectangular truncada. (Fig. 5.13)



Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas-- que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de re-- ja, esto le dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por me-- dio de dientes sujetos al marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de con-- tacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la pre-- sión a la resistencia del suelo compactado. (Fig. 5.14)

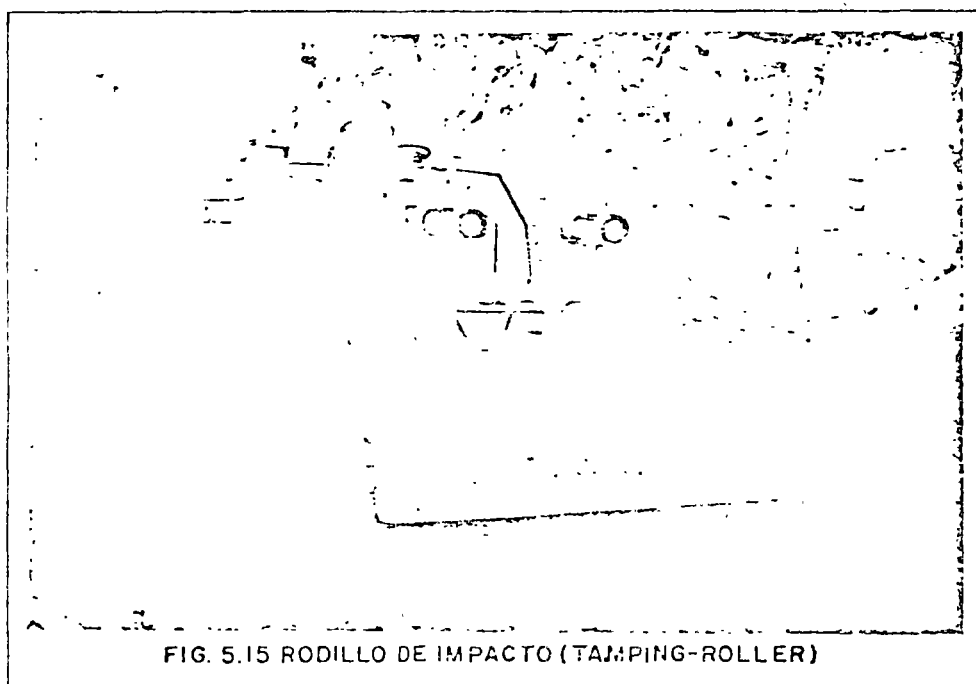


El diseño contempla también una fácil entrada y salida a la capa, lo que disminuye la resistencia al rodamiento.

Estos rodillos han probado ser muy eficientes y eliminan estratificación en los terraplenes, esto es importante en corazones impermeables de presas.

Cuando un rodillo de impacto empieza una nueva capa, que no sea mayor de 30 cm. los bulbos de presión y las ondas de impacto proveen suficiente amasamiento con la capa inferior para eliminar la estratificación que ocurre con cualquier otro compactador excepto la pata de cabra.

El rodillo de impacto ha probado ser uno de los más versátiles y económicos compactadores en terracerías, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos. (Fig. 5.15)



## 6.- RODILLOS VIBRATORIOS .

Estos rodillos funcionan disminuyendo temporalmente la fricción interna del suelo. Como en los suelos granulares (gravas y arenas) su resistencia depende principalmente de la fricción interna (en los suelos plásticos depende de la cohesión), la eficiencia de estos rodillos está casi li-

mitada a suelos granulares.

La vibración provoca un reacomodo de las partículas del suelo que resulta en un incremento del peso volumétrico, pudiendo alcanzar espesores grandes de la capa (0.80 m).

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación. (Fig. 5.16)

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos pata de cabra vibratorios, en los que la fuerza y la amplitud de la vibración se han aumentado, y se ha disminuido la frecuencia. Con el mismo objeto se han acoplado dos rodillos vibratorios, "fuera de fase", a un marco rígido para obtener efecto de amasamiento.

Estos rodillos se clasifican por su tamaño, pequeños hasta 9,000 kg. de fuerza dinámica y grandes de más de 9,000, pudiendo llegar hasta 20,000 Kg. ó más. Los grandes pueden llegar a sobreesforzar suelos débiles por lo que hay que manejarlos con cuidado.

Todos los vibradores deben de manejarse a velocidades de 2.5 a 5 Km/h. Velocidades mayores no incrementan la producción, y con frecuencia no se obtiene la compactación.

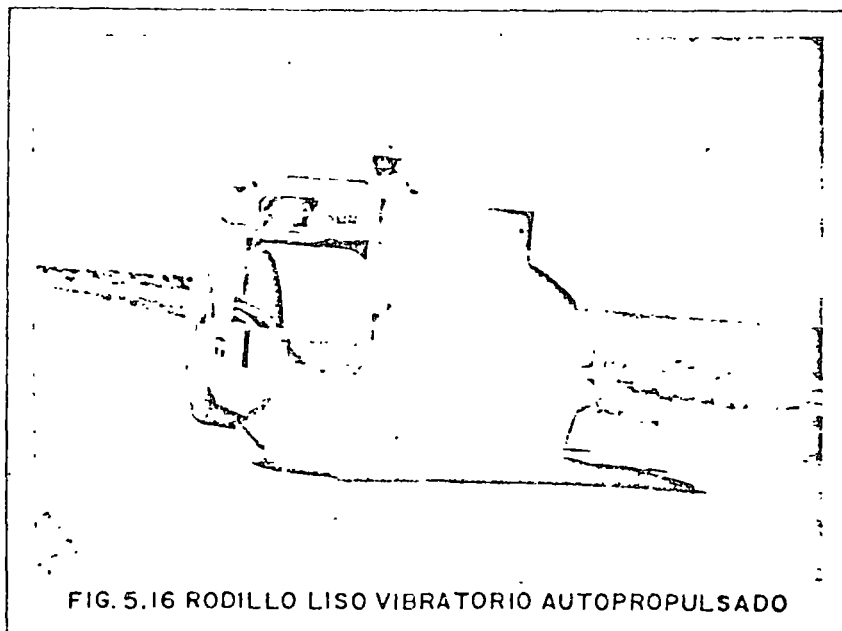


FIG. 5.16 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

## C A P I T U L O VI

### FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION

Los factores que primordialmente influyen en la obtención de una compactación económica son:

- 1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
- 2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
- 3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
- 4) PESO DEL COMPACTADOR
- 5) PRESION DE CONTACTO
- 6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
- 7) ESPESOR DE CAPA.

1) CONTENIDO DE HUMEDAD. El agua tiene en el proceso de compactación, el papel de lubricante entre las partículas del material. Una falta de humedad exigirá mayor esfuerzo compactivo, así como también lo exigirá un exceso de la misma.

Debe recordarse que todo material tiene un contenido óptimo de humedad, para el cual se obtiene, bajo una cierta energía de compactación, una densidad máxima.

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

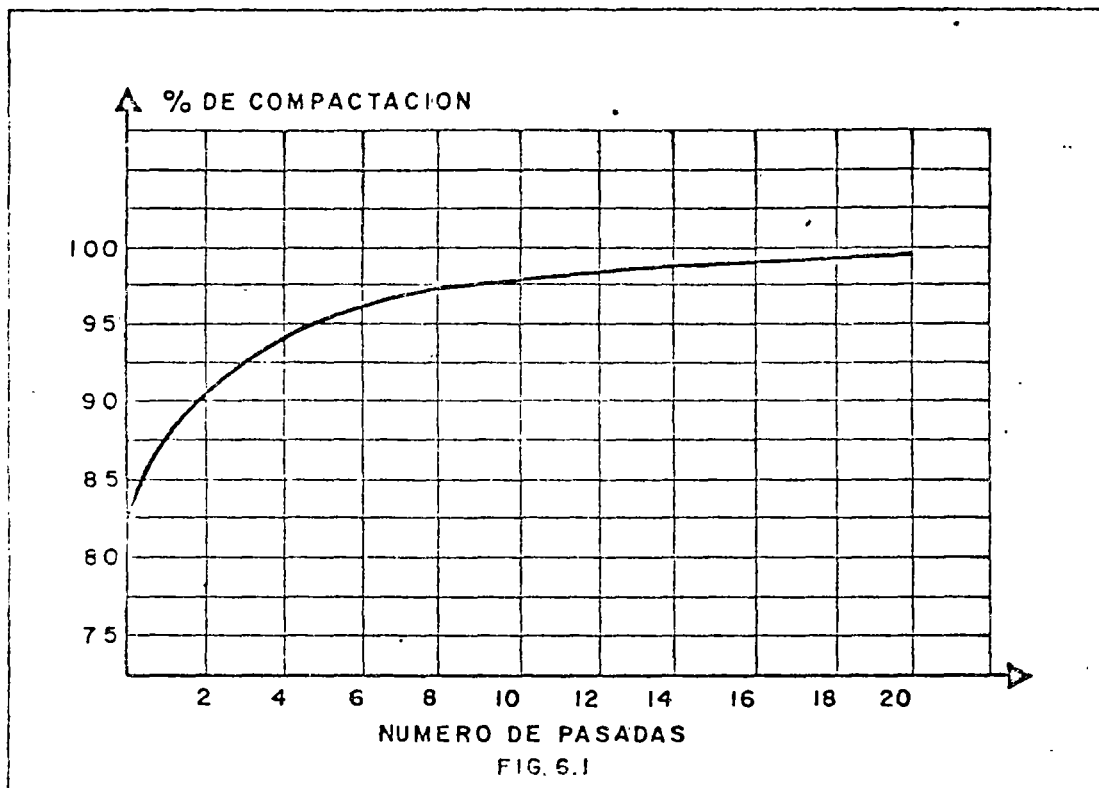
2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

Un material que contenga partículas de un solo tamaño será difícilmente compactado; sólo a través de un enérgico esfuerzo de compactación, el que provocará la fragmentación de las partículas, podrá ser densificado.

Es oportuno hacer notar aquí, que la forma de las partículas también tiene importancia en la compactación. Materiales con partículas de forma angulosa son generalmente más fácilmente compactados por sus acunamiento, que materiales con partículas redondeadas.

3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de: (Fig. 6.1).

- A) Tipo de compactador
- B) Tipo de material
- C) Contenido de humedad
- D) Forma en que se aplique la presión al material.
- E) Maniobrabilidad del equipo.



4) PESO DEL COMPACTADOR. La presión ejercida sobre el material dependerá, en parte, del peso del equipo de compactación.

5) PRESION DE CONTACTO. Más que el peso del compactador importa la presión de contacto; ésta depende de:

- A) Tipo de material
- B) Estado del material (Suelto ó Semicompacto).
- C) Area expuesta por el compactador
- D) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos.
- E) Peso del compactador.
- F) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

Los fabricantes de equipo de compactación se han preocupado por que sus máquinas ejerzan presiones de contacto uniformes, lo cual han logrado mediante suspensiones isostáticas.

Es necesario hacer hincapié, que resulta de mayor importancia la presión de contacto de un compactador, que el peso del mismo.



Por ejemplo un compactador muy pesado necesita de un mayor número de llantas ó de llantas más grandes, con lo cual, el área de contacto entre el compactador y el material se incrementa, resultando la presión de contacto, similar a la de un compactador normal con menos llantas o llantas menores.

6) VELOCIDAD DEL EQUIPO. De la velocidad de traslación del compactador y del número de pasadas, dependerá la habilidad de producción de un determinado equipo.

El equipo de compactación debe ser de una eficiencia tal, que no interfiera con el veloz equipo de depósito de material.

En virtud de que el equipo para movimiento de tierras se ha mejorado en tamaño, rapidez y eficiencia, así también los equipos de compactación se han modificado para poder mantenerse a un nivel de producción semejante.

La maniobrabilidad de un equipo compactador influye definitivamente en la velocidad del equipo.

7) ESPESOR DE CAPA. El espesor de capa por compactar dependerá esencialmente de:

- A) Tipo de material
- B) Humedad en el material
- C) Tipo de compactador
- D) Grado de compactación especificado.

Para determinar cual es el espesor de capa, de un cierto material, que puede compactar un equipo determinado, se puede uno referir al método del bulbo de presión.

Suponiendo que se quiere compactar, con un determinado equipo, un material que con una presión de  $2.7 \text{ Kg/cm}^2$ . se densifica correctamente, tratemos de encontrar el espesor de capa.

$$\text{presión} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}}$$

Se supone una área circular de contacto =  $3.14 e^2$ .

La fuerza es el peso por llanta del compactador = F.

La presión de contacto es:

$$p_o = \frac{F}{3.14 e^2}$$

De donde:

$$e = \sqrt{\frac{F}{3.14 p_o}}$$

Suponiendo  $F = 1800 \text{ Kg.}$  y  $p_o = 9 \text{ Kg/cm}^2$ .

$$e = \sqrt{\frac{1800 \text{ Kg.}}{3.14 \times 9}} = 8 \text{ cm.}$$

Recurriendo a los factores de influencia para diferentes profundidades de la teoría de Boussinesq obtenemos:

| Profundidad           | Factor de Influencia | Presión                      |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| $e = 8 \text{ cm.}$   | $p_1 = 0.6 p_o$      | $P_1 = 5.4 \text{ Kg/cm}^2$  |
| $2e = 16 \text{ cm.}$ | $p_2 = 0.3 p_o$      | $P_2 = 2.7 \text{ Kg/cm}^2$  |
| $3e = 24 \text{ cm.}$ | $p_3 = 0.15 p_o$     | $P_3 = 1.35 \text{ Kg/cm}^2$ |
| $4e = 32 \text{ cm.}$ | $p_4 = 0.09 p_o$     | $P_4 = 0.81 \text{ Kg/cm}^2$ |

De lo anterior se concluye que para un material que requiere  $2.7 \text{ -- Kg/cm}^2$  de presión para ser compactado eficientemente con un compactador de  $1800 \text{ Kg.}$  de carga por rueda y una presión de contacto de  $9 \text{ Kg/cm}^2$ , se puede usar un espesor de capa de  $16 \text{ cm.}$

## C A P I T U L O        V I I

### SELECCION DE COMPACTADORES

La selección del compactador más adecuado no siempre es sencilla, - ya que depende de muchos factores: tipo de suelo, tipo de trabajo, método de movimiento de tierras, compatibilidad con equipo de otras actividades, compactadores disponibles, continuidad de trabajo, etc. en la selección final deben hacerse intervenir, cuando menos, los factores mencionados. Es frecuente y muy eficiente el uso de varios equipos que combinen los diferentes efectos de compactación.

Los factores mas importantes que deben tomarse en cuenta para esta - selección són:

- 1) Tipo de Material
- 2) Tamaño de la Obra
- 3) Requerimientos especiales

#### 1) TIPO DE MATERIAL

En la gráfica 1 se muestra en los renglones 4 y 5 los diferentes ma

teriales y su respectivo tamaño en mm. En el renglón 3 se clasifican en cohesivos, semicohesivos y no cohesivos, ( los mas finos son cohesivos y los granulares no cohesivos) en los renglones 1 y 2 se indica su uso mas frecuente:

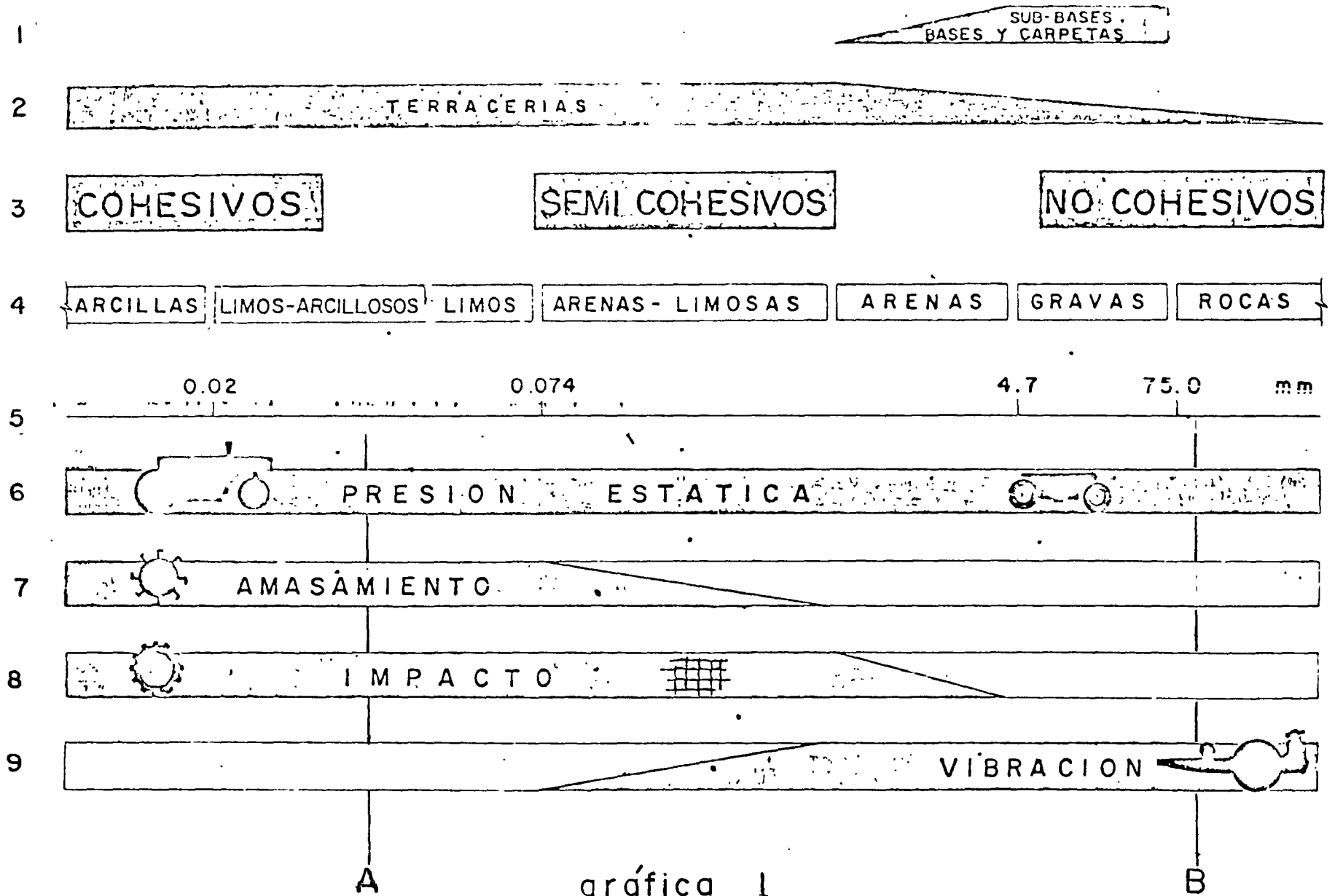
- 1) Sub-bases, bases y carpetas: siempre materiales no cohesivos (arenas y gravas)
- 2) Terracerías: normalmente materiales cohesivos y semicohesivos, a veces no cohesivos.

En el renglón 6: la compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos) es aplicable a 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) es útil para suelos cohesivos y semicohesivos (arcillas, limos y algo en arenas limosas). Limita-ción: alto costo de la pata de cabra estática.

En el renglón 8: la compactación por impacto (rodillo de impacto y rodillo de reja) aplicable a 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 con los materiales cohesivos y hay que parar frecuentemente a

# SELECCION DE EQUIPO



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 algunos semicohesivos (arenas limosas).

Conclusiones:

- a) Para suelos cohesivos se debe preferir pata de cabra vibratoria o rodillo de impacto.
- b) Para suelos no cohesivos se debe preferir rodillo liso vibratorio.
- c) Para todos los suelos: rodillo neumático.
- d) Las mejores combinaciones son:

Para suelos cohesivos: Neumático grande y pata de cabra ó neumático y rodillo de impacto. (línea A, gráfica 1).

Para suelos no cohesivos: Neumático grande y rodillo vibratorio (línea B, gráfica 1).

## 2) TAMAÑO DE OBRA.

Dependiendo del tamaño de la obra y habiendo ya seleccionado el tipo de compactador adecuado para el material, se puede determinar el número de compactadores necesarios para cumplir con el plazo estipulado.

### 3) REQUERIMIENTOS ESPECIALES.

Existen casos en que por requerimientos especiales es necesario decidirse por un determinado tipo de compactador, como cuando las especificaciones solicitan un compactador que no estratifique el terraplén (corazones arcillosos), ésto nos haría seleccionar una pata de cabra vibratoria o un rodillo de impacto.

Debemos tener en mente que, en construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es: la menor inversión posible al más bajo costo unitario en el mínimo tiempo realizable.

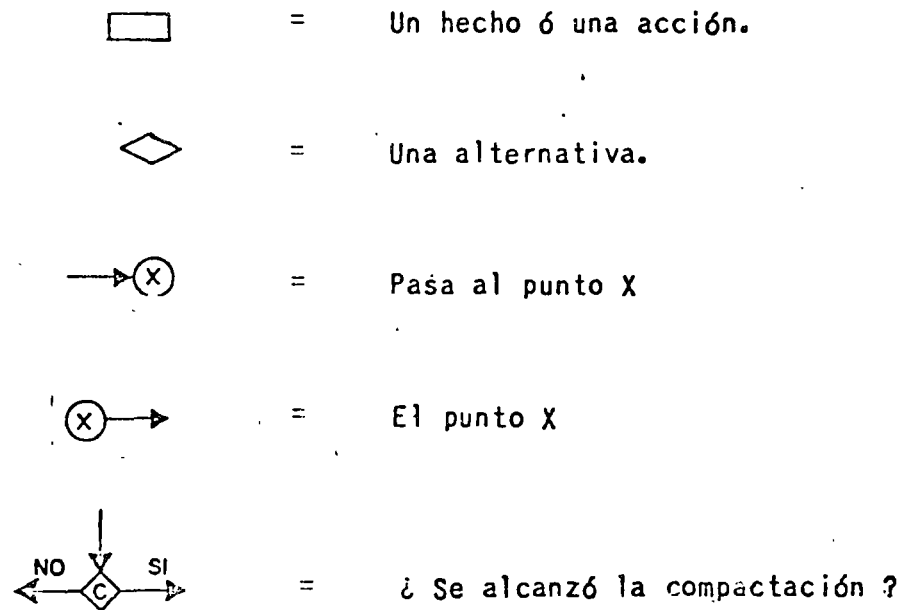
## C A P I T U L O VIII

### REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACION

¿ Qué hacer cuando el control nos indica una falla ?

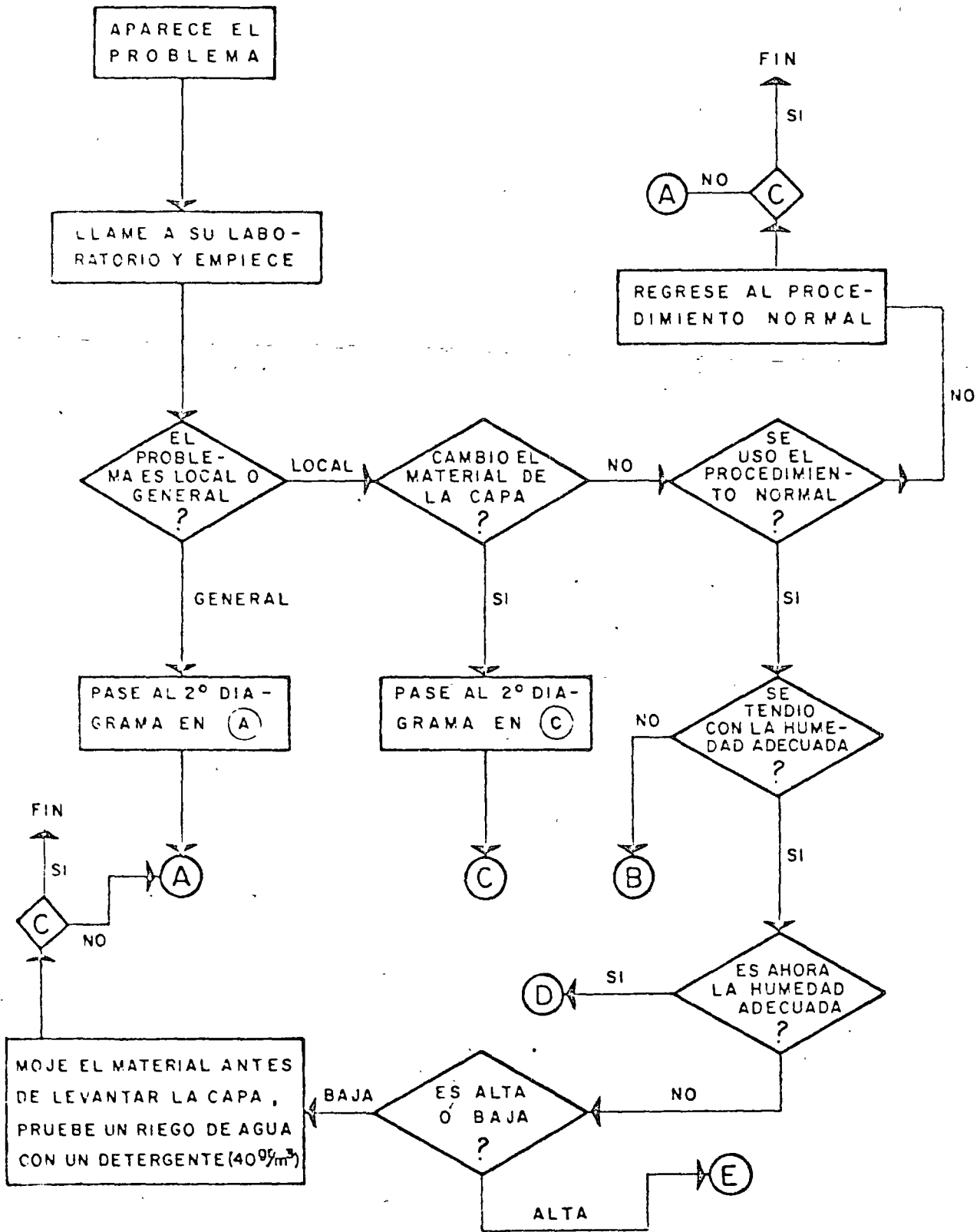
Esta pregunta la vamos a contestar por medio de diagramas lógicos, que siguen a continuación, en los que intenta, en forma general, mostrar un camino lógico para un análisis formal.

En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:

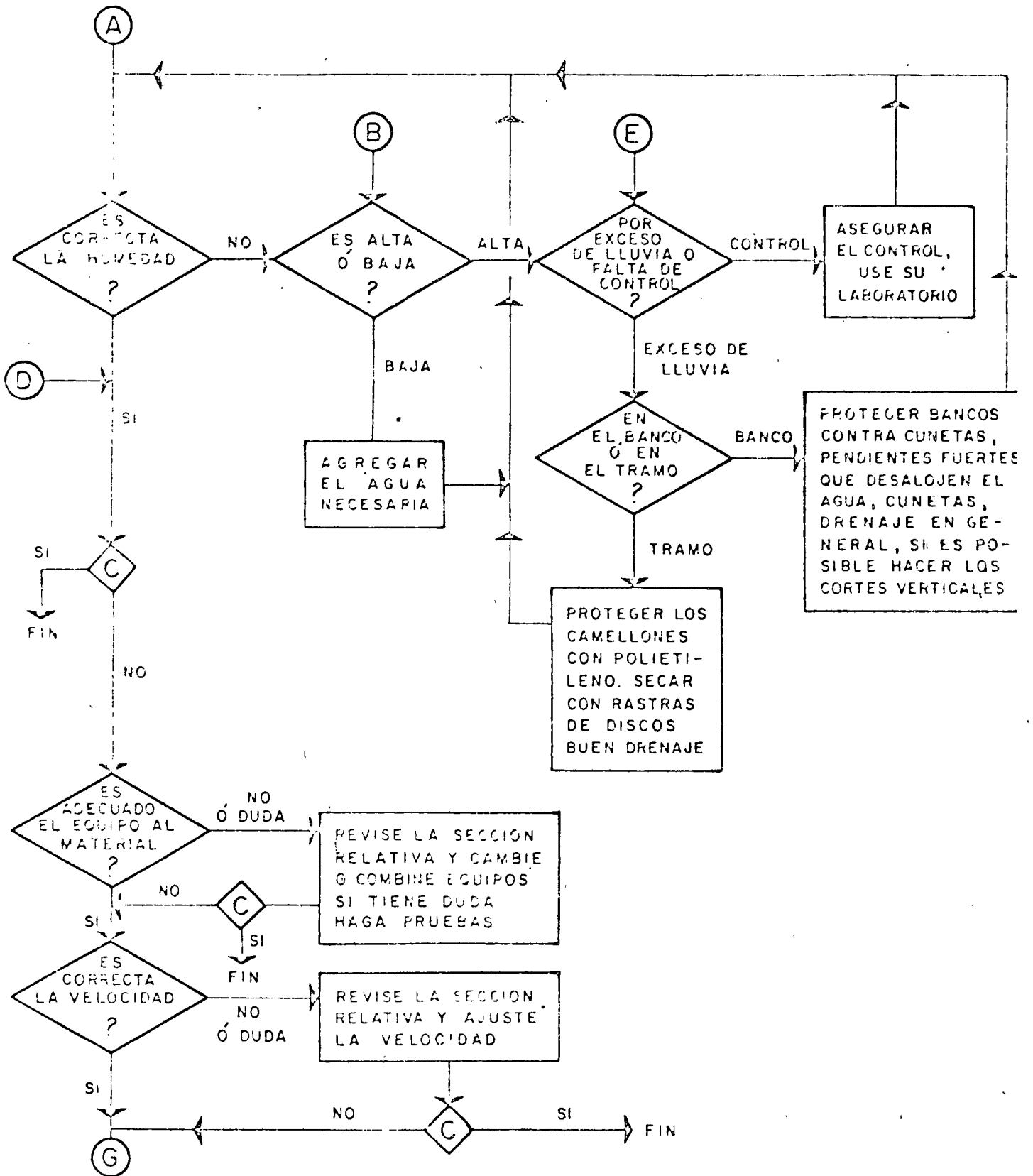


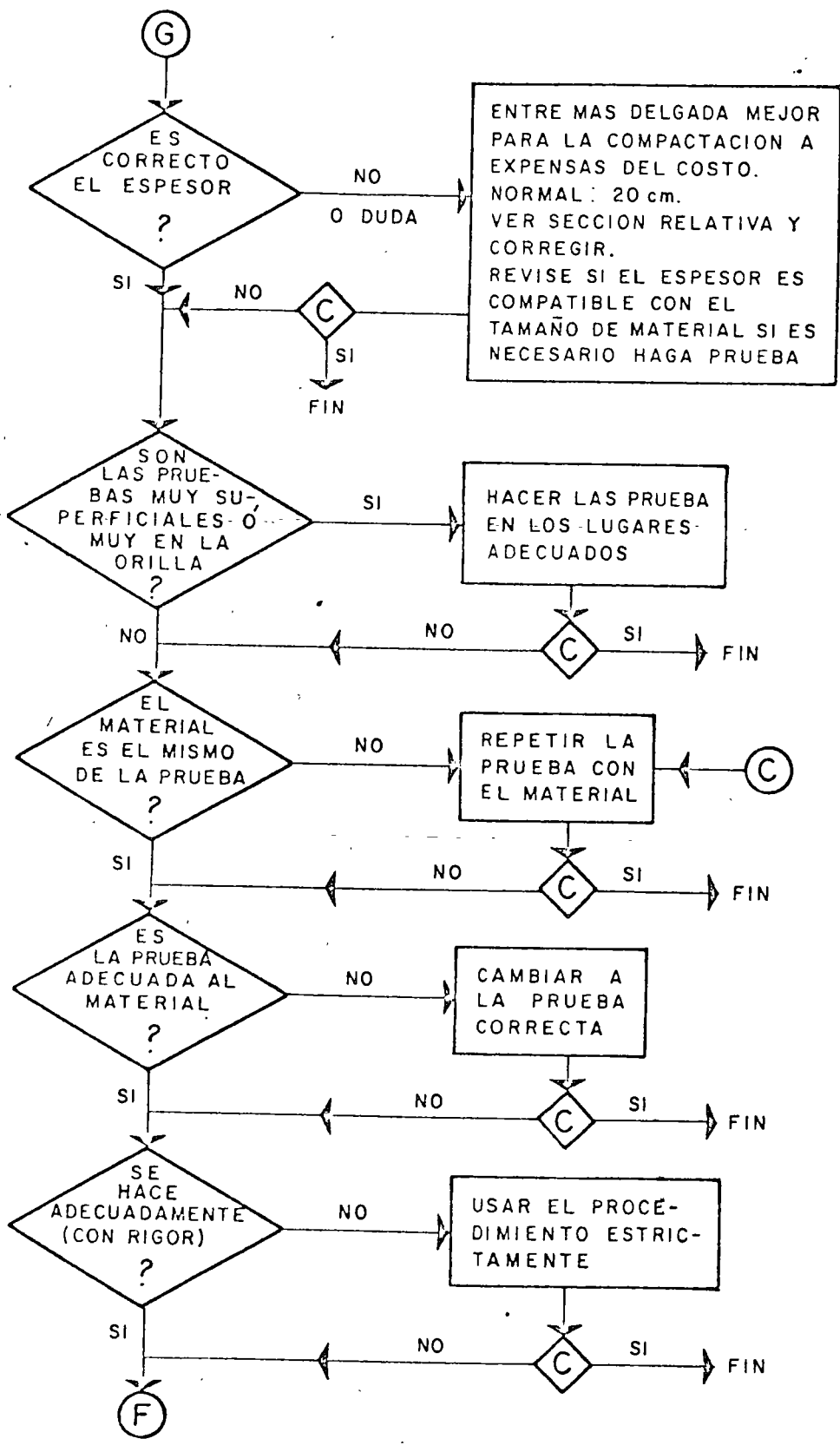


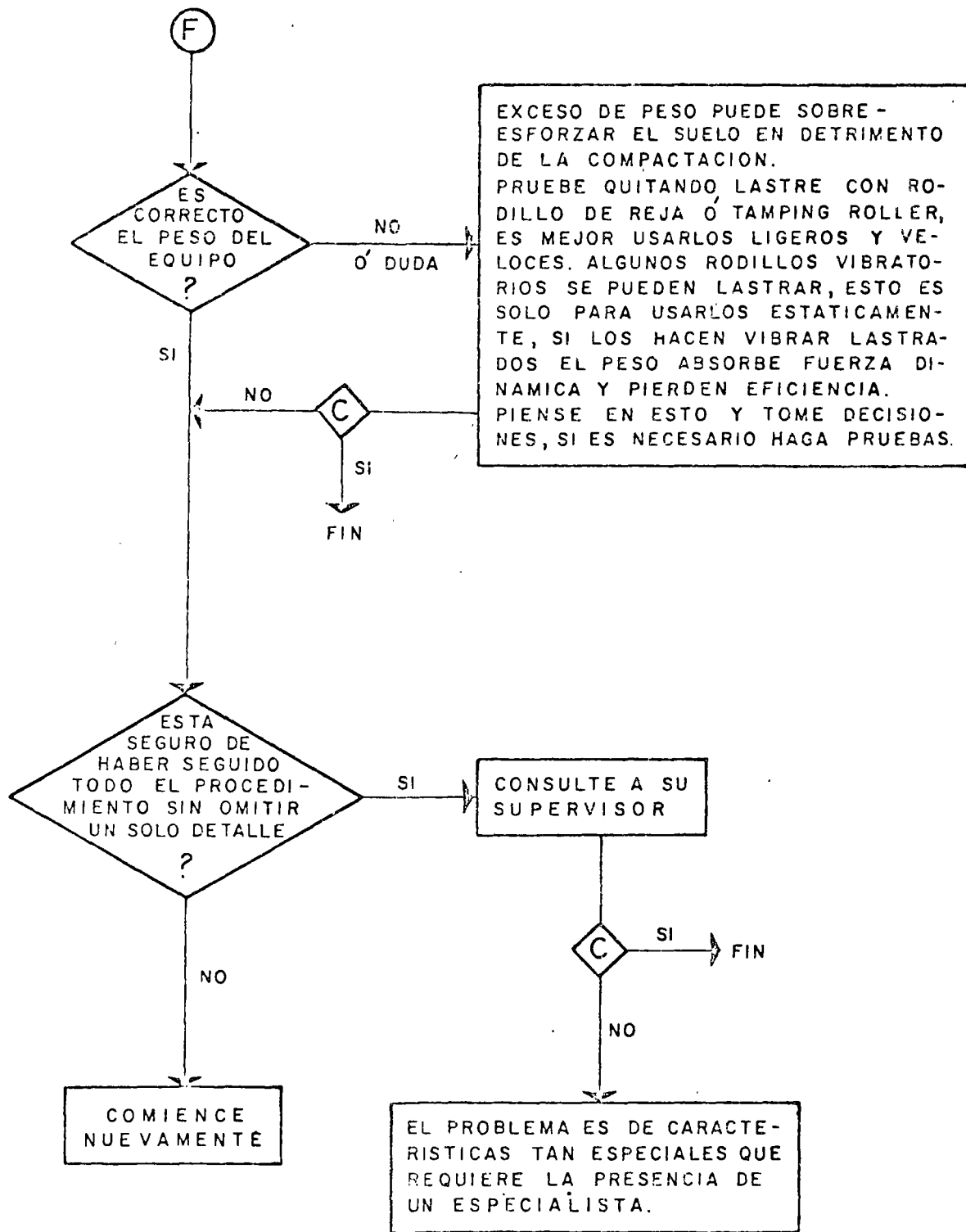
# PRIMER DIAGRAMA



# SEGUNDO DIAGRAMA







## C A P Í T U L O IX

### RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION- Y COSTO DE LA COMPACTACION

#### I) RENDIMIENTO DE UN EQUIPO DE COMPACTACION

Para determinar la producción horaria de un equipo de compactación se deben tomar en cuenta los siguientes factores:

- A) Ancho compactado por la máquina = A
- B) Velocidad de operación = V
- C) Espesor de Capa = E
- D) Número de pasadas para obtener la compactación especificada = N

Para calcular la producción se determina primero el área cubierta - en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compactado de capa se obtiene el volumen compactado por hora.

La fórmula puede escribirse:

$$P = \frac{A \times V \times E \times 10 \times C}{N}$$

- P = Producción horaria ( $m^3/h$ ).
- A = Ancho compactado por la máquina (m)
- V = Velocidad ( Km/h)
- E = Espesor de capa (cm)
- N = Número de pasadas
- 10 = Factor de conversión
- C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

La eficiencia (C) afecta la capacidad teórica, reduciéndola por --- traslapes de pasadas paralelas, por tiempo perdido para dar vuelta y otros factores.

Conociendo los factores anteriores para cada equipo compactador, se pueden graficar, para espesor constante, las capacidades de producción como se indica en la gráfica. (Fig. 9.1)

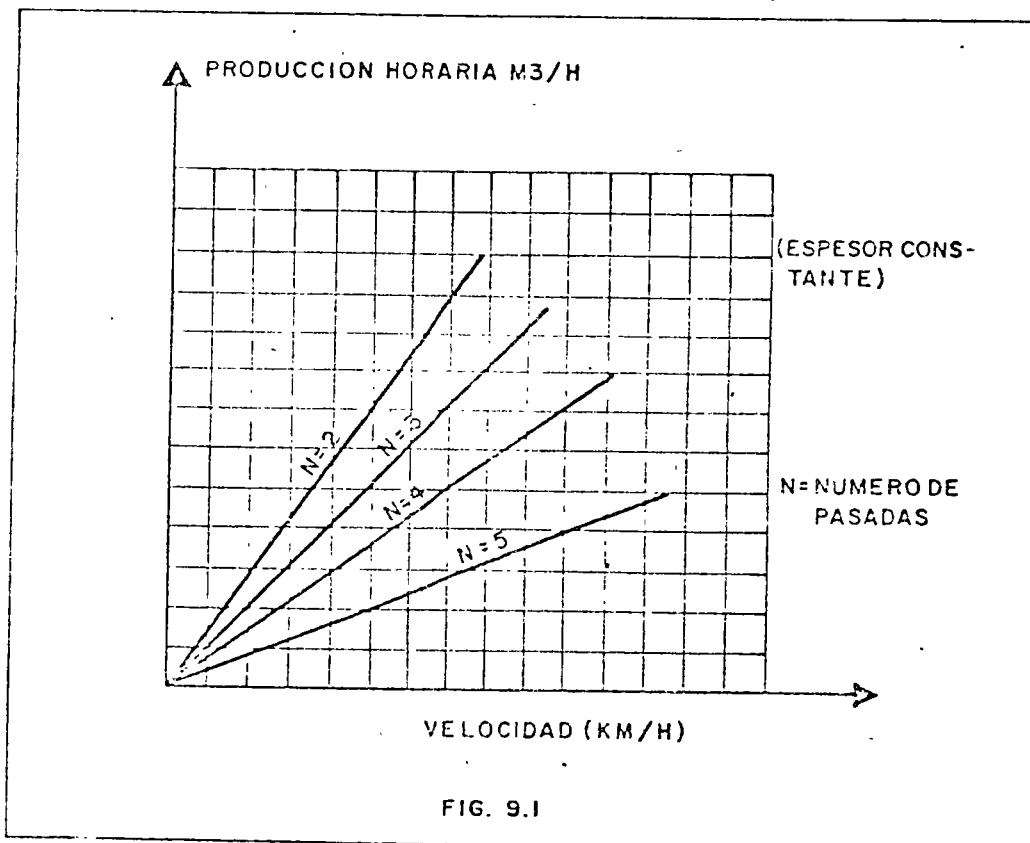


FIG. 9.1

## 2) COSTO DE LA COMPACTACION.

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del ( $m^3$ ) compactado es necesario determinar el costo horario del equipo.

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismos pasos que se siguen para la determinación de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener:

### A) Cargos fijos.

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

### B) Consumos

Combustibles

Lubricantes

Llantas

### C) Operación

### D) Transporte

Sumando.

A) Cargos fijos

B) Consumos

C) Operación

D) Transporte

---

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción-

del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m<sup>3</sup>) compactado:

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{\text{Costo horario Equipo.}}{\text{Producción Horaria Equipo.}}$$

E J E M P L O: ①

Se tiene por compactar un material compuesto por 30 % limo y 70 % arena.

Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas:

- 1.- Rodillo liso vibratorio arrastrado por tractor agrícola.
- 2.- Rodillo sencillo liso vibratorio autopropulsado.
- 3.- Rodillo doble (tandem) vibratorio autopropulsado.

I.- DETERMINACION DE COSTOS HORARIO .

1.- Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| PRECIO DE ADQUISICION RODILLO | \$ 180,000.00        |
| PRECIO DE ADQUISICION TRACTOR | \$ <u>140,000.00</u> |
|                               | \$ 320,000.00        |

Se considera una vida útil del conjunto de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| Cargos fijos | \$ 102.00             |
| Consumos     | \$ 6.00               |
| Operación    | \$ 12.00              |
| Transporte   | \$ 3.00               |
|              | \$ <u>123.00/HORA</u> |



2.- Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION            \$ 390,000.00

Se considera también una vida útil de 8000 Horas y un valor de rescate de cero.

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Cargos fijos | \$ 112.00         |
| Consumos     | \$ 6.00           |
| Operación    | \$ 12.00          |
| Transporte   | \$ 3.00           |
|              | <u>          </u> |
|              | \$ 133.00/HORA    |

3.- Rodillo tandem vibratorio autopropulsado.

PRECIO DE ADQUISICION            \$ 725,000.00

Haremos la misma consideración por lo que respecta a vida útil y -- valor de rescate que las alternativas anteriores.

|              |                   |
|--------------|-------------------|
| Cargos fijos | \$ 205.00         |
| Consumos     | \$ 12.00          |
| Operación    | \$ 12.00          |
| Transporte   | \$ 3.00           |
|              | <u>          </u> |
|              | \$ 232.00/HORA.   |

II.- DETERMINACION DE PRODUCCIONES HORARIAS.

I.- Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho = 1.50 m.

Velocidad = 4 Km/h.

Espesor = 20 cm.

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducción = 0.7

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4}$$

$$P = 210 \text{ m}^3/\text{HORA.}$$

2.- Rodillo autopropulsado.

$$\text{Ancho} = 2.14 \text{ m.}$$

$$\text{Velocidad} = 4 \text{ Km/h.}$$

$$\text{Espesor} = 20 \text{ cm.}$$

$$\text{Número de pasadas} = 4 \text{ para } 95 \%$$

$$\text{Coeficiente de reducción} = 0.8$$

(Es de mayor maniobrabilidad y de mayor energía dinámica).

$$P = \frac{2.14 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{4}$$

$$P = 342.4 \text{ m}^3/\text{HORA}$$

3.- Rodillo tandem autopropulsado.

$$\text{Ancho} = 1.50 \text{ m.}$$

$$\text{Velocidad} = 4 \text{ Km./h.}$$

$$\text{Espesor} = 20 \text{ cm.}$$

$$\text{Número de pasadas} = 2 \text{ ( por ser dos rodillos )}$$

$$\text{Coeficiente de reducción} = 0.8$$

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2}$$

$$P = 480 \text{ M}^3/\text{HORA.}$$

III.- DETERMINACION DE COSTO DE COMPACTACION .

|        | COSTO HORARIO | PRODUCCION COSTO x M <sup>3</sup> .              |
|--------|---------------|--|
| Caso 1 | \$ 123.00/H.  | 210 M <sup>3</sup> /h. \$ 0.59/M <sup>3</sup> .  |
| Caso 2 | \$ 133.00/H.  | 342.4 M <sup>3</sup> /h \$ 0.39/M <sup>3</sup> . |
| Caso 3 | \$ 232.00/H.  | 480 M <sup>3</sup> /h. \$ 0.48/M <sup>3</sup> .  |

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 126 % aproximadamente, se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 20 %.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto autopropulsado, con costo horario de \$ 240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene:

Producción Horaria:

Ancho = 1.94 mts.

Velocidad = 9 Km./Hora

Espesor = 20 cm.

Número de pasadas = 8 pasadas (contando sus cuatro rodillos).

Coefficiente de reducción = 0.8

$$\text{Producción} = \frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.8}{8}$$

$$\text{Producción} = 349.2 \text{ M}^3/\text{H}$$

$$\text{Costo por compactación} = \frac{\$ 240.00/\text{H.}}{349.2 \text{ M}^3/\text{H.}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.69/\text{M}^3.$$

El costo obtenido demuestra una mala selección del equipo, ya que resultó mayor que los obtenidos para rodillos vibratorios.

El caso contrario puede encontrarse cuando con un rodillo vibratorio liso traten de compactarse materiales altamente cohesivos para los cuales el compactador de impacto resultará más ventajoso.

## EJEMPLO ②

MATERIAL POR COMPACTAR: Arena bien graduada.

VOLUMEN POR COMPACTAR: 800 m<sup>3</sup>. sueltos/hora.

FACTOR DE REDUCCION AL 95% = 0.85

### A) PLANCHA TANDEM.

Ancho rodillos = 2.00 mts.

Velocidad máxima de desplazamiento 7 Km./h.

Número de pasadas para obtener el 95 % de compactación = 10.

Espesor compacto de capa = 12 cm.

Costo horario = \$ 68.00/h.

### B) RODILLO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

Ancho rodillo = 1.50 mts.

Velocidad máxima de desplazamiento = 4 Km./h.

Número de pasadas para obtener el 95 % de compactación = 3

Espesor compacto de capa = 25 cm.

Costo horario = \$ 180.00/hora.

### PREGUNTAS.

- 1.- ¿ Cuantas planchas tandem son necesarias para compactar 800 m<sup>3</sup>. sueltos por hora?.
- 2.- ¿ Cuantos rodillos vibratorios son necesarios para compactar -- 800 m<sup>3</sup>. sueltos por hora ?.
- 3.- ¿ Cual equipo proporcionará una compactación más económica ?.

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) PLANCHA TANDEM.

$$P = \frac{2.00 \times 7 \times 12 \times 10 \times 0.8}{10}$$

$$P = 134.4 \text{ m}^3/\text{h. (compactos)}$$

B) RODILLO VIBRATORIO.

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10 \times 0.8}{3}$$

$$P = 400 \text{ m}^3/\text{h. (Compactos)}$$

Como las producciones se han determinado en forma compacta y el volumen por hora por compactar esta dado en  $\text{m}^3$ . sueltos, se debe convertir - este último también a forma compacta.

Volumen suelto x factor de reducción = Vol compacto.

$$\begin{aligned} \text{Vol compacto} &= 800 \text{ m}^3/\text{h} \times 0.85 \\ &= 680 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

R E S P U E S T A S:

1.- Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{680 \text{ m}^3/\text{h.}}{134.4 \text{ m}^3/\text{h.}} = \text{No. de planchas}$$

$$\text{No. de planchas} = 5.06$$

Se pueden utilizar 5 unidades, pero con utilización óptima que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se recomienda usar 6 unidades.

2.- Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{680 \text{ m}^3/\text{h.}}{400 \text{ m}^3/\text{h.}} = \text{No. de rodillos}$$

No. de rodillos = 1.7

No. de rodillos = 2

Usando dos rodillos tendremos como factor de seguridad 0.3 de rodillos.

### 3.- Determinación del costo de compactación:

#### A) Planchas Tandem.

$$\text{Costo} = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción}}$$

$$\text{Costo} = \frac{\$ 68.00/\text{h.}}{134.4 \text{ M}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.51/\text{m}^3.$$

#### B) Rodillos Vibratorios.

$$\text{Costo} = \frac{\$ 180.00/\text{h.}}{400 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo} = \$ 0.45/\text{m}^3.$$

### EJEMPLO ③

Una compañía dispone para un trabajo de terracerías, de un rodillo-liso vibratorio autopulsado con las siguientes características:

Ancho del rodillo = 1.50 mts.

Velocidad máxima de desplazamiento = 5 Km./h.

Número de pasadas para obtener el 100% de compactación = 9.

Espesor compacto de capa = 18 cm.

Costo horario = \$ 180.00/h.

El material por compactar es una arcilla limosa y el volumen total es de 900.000 m<sup>3</sup>. compactos.

#### PREGUNTA.

¿ Se justifica la adquisición de un compactador de impacto con las siguientes características?.

Costo de adquisición \$ 850.000.00

Costo horario = \$ 230.00/h.

Producción horaria al 100 % de compactación = 230 m<sup>3</sup>/h.

Se debe determinar para cada equipo el costo de compactación.

A) Para rodillo vibratorio.

$$\text{Producción} = \frac{1.50 \times 4 \times 18 \times 10 \times 0.8}{9}$$

$$\text{Producción} = 96 \text{ m}^3/\text{h}.$$

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$ 180.00/\text{h}}{96 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$\text{Costo compactación} = \$ 1.88/\text{m}^3.$$

B). Para compactador de impacto.

$$\text{Costo compactación} = \frac{\$ 230.00/\text{h.}}{230 \text{ m}^3/\text{h.}}$$

$$\text{Costo compactación} = \$ 1.00/\text{m}^3.$$

Comparando un costo contra el otro, se observa que existe una diferencia de \$ 0.88/m<sup>3</sup>. a favor del compactador de impacto.

Como el volumen por compactar es de 900,000 m<sup>3</sup>. el ahorro total por compactación es de \$ 792,000.00 el cual justifica ampliamente la adquisición del compactador de impacto, que en este caso específico, resultaría el adecuado para el material por tratar.



C A P I T U L O                    X  
CONCLUSIONES

- 1) La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación.
- 2) Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son: Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.
- 3) El factor de mayor importancia para dar una compactación óptima en un suelo es el contenido de humedad del material.
- 4) Los esfuerzos de compactación pueden transmitirse al suelo por la combinación de uno ó más de los siguientes efectos: Presión estática, impacto, vibración y amasamiento.
- 5) El compactador que deba usarse dependerá básicamente del tipo de suelo que se quiera compactar. (gráfica 1)
- 6) La selección de compactadores deberá hacerse con mucho cuidado y tratando de hacer intervenir todas las variables posibles ya que de esto dependerá el éxito económico y funcional de la compactación.
- 7) De un buen control depende que la compactación se lleve a cabo correctamente.

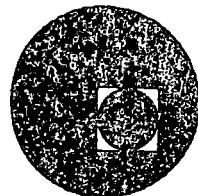
## B I B L I O G R A F I A

- 1.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.  
"COMPACTACION"  
Ing. Federico Alcaraz Lozano  
Centro de Educación continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. --  
1974.
- 2.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.  
"CONTROL"  
Ing. Federico Alcaraz Lozano  
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. --  
1974.
- 3.- CURSO DE MOVIMIENTO DE TIERRAS.  
"EQUIPO DE COMPACTACION"  
Ing. Conrado Luer Dorantes  
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. --  
1974.
- 4.- CURSO DE DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS.  
"ELECCION DE EQUIPO"  
Ing. Roberto Pasquel Lujan  
Centro de Educación Continua Facultad de Ingeniería U.N.A.M. --  
1974.
- 5.- CURSO DE ESTABILIZACION DE SUELOS.  
"RODILLOS VIBRATORIOS"  
Industria del Hierro  
Museo Tecnológico C.F.E. 1973.

- 6.- MOVIMIENTO DE TIERRAS.  
H.L. Nichols Jr.
- 7.- BREVE DESCRIPCION DEL EQUIPO USUAL EN CONSTRUCCION.  
Sección de Construcción.  
Facultad de Ingeniería.
- 8.- MECANICA DE SUELOS. TOMO I  
E. Juárez Badillo  
A. Rico R. 1970
- 9.- MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA.  
Karl Terzaghi  
Ralph B. Peck  
1968.
- 10.- APUNTES DE MECANICA DE SUELOS.  
Leonardo Zeevaert,  
1968.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam  
MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

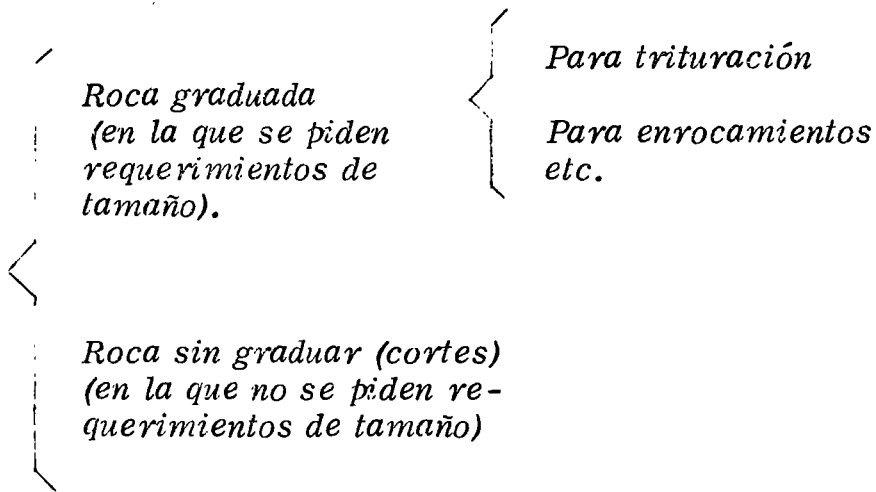


TEMA VIII. E X P L O T A C I O N D E R O C A S

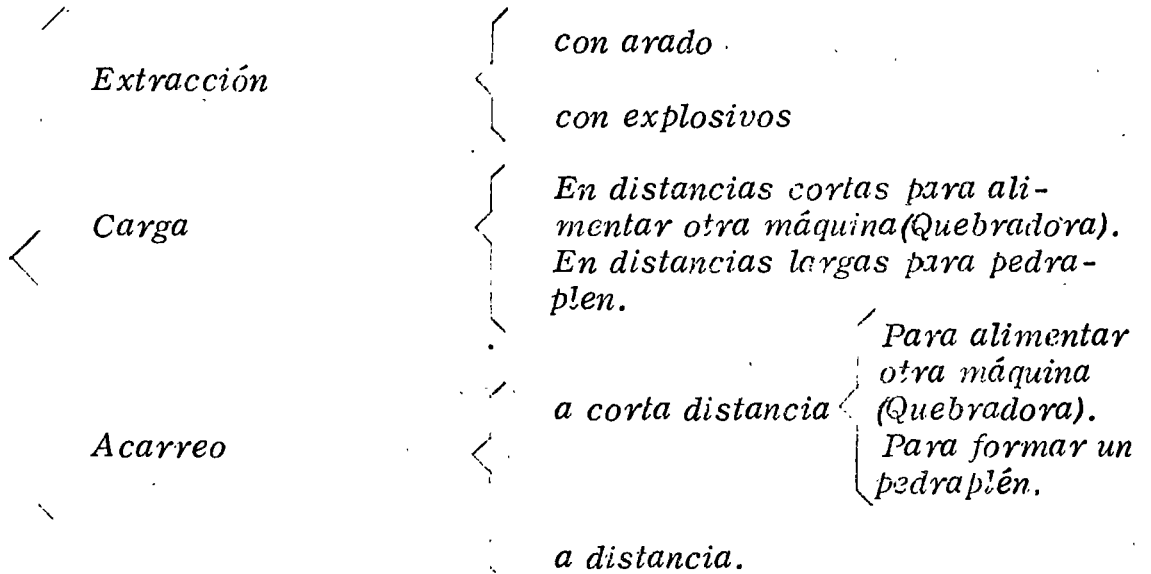
ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO.

EXPLOTACION DE ROCA:

En la explotación de roca podremos encontrar los siguientes casos importantes:

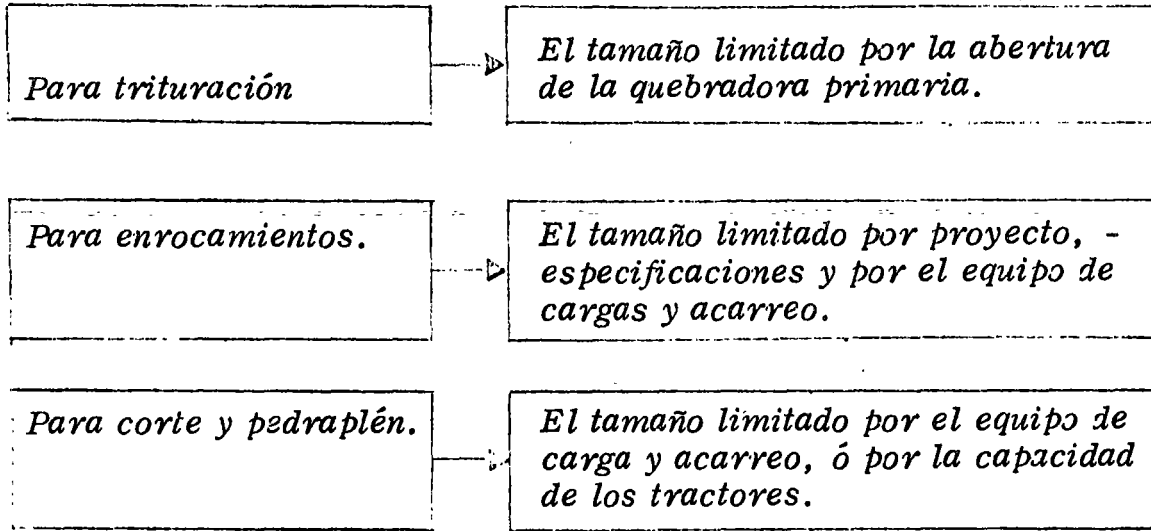


PROCESOS PRINCIPALES.



## EXTRACCION.

*La extracción consiste en separar un fragmento de roca de un banco ó corte, reducido al tamaño adecuado para el uso a que se destine.*



*El proceso de extracción con arado ya fué visto anteriormente en este curso, nos limitaremos a la extracción con explosivos.*

## EXPLOSIVOS.

### DEFINICION.

*Por explosivos se entienden aquellas substancias de poca estabilidad química, que son capaces al incendiarse ó detonar de producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión. Si esta está confinada se aprovecha para separar la roca del banco (tronada)*

### RESEÑA HISTORICA.

*Desde la aparición del hombre en la tierra, hasta el siglo XIV, éste no conocía otra detonación que no fuera la del rayo y otros fenóme--*

nos telúricos. Nunca pensaron nuestros antepasados que una substancia aparentemente inofensiva llegara a ocasionar explosiones tan destructoras como las que en la actualidad son capaces de destruir a la humanidad.

En Europa, entre los años 1200 y 1300, se conoció la pólvora negra, la más antigua de las substancias explosivas, que consistía en una mezcla de salitre, carbón de leña y azufre. Probablemente su inventor fué el monje Bertoldo Schwarz a quien también se le debe su aplicación en las armas de fuego.

La pólvora negra sólo se utilizó para fines bélicos en un principio, y no fué sino hasta el siglo XVII cuando se probó en Alemania e Inglaterra para demoler piedras. Cuando los resultados que se obtuvieron fueron satisfactorios, se abandonaron los viejos métodos mineros, generalizándose el trabajo con barrenos en la construcción de túneles y caminos. La operación de dar fuego a los barrenos se consideró siempre peligrosa, ya que hasta el año de 1831 se conoció la mecha lenta.

Cinco siglos después de descubierta la pólvora negra, el químico francés Berthollet (1788) la modificó, sustituyendo el salitre por clorato potásico, transformándola, así, en un explosivo más potente. En ese mismo año Berthollet presentó la plata negra como una de las substancias más peligrosas. El alquimista inglés Howard (1799) obtuvo el fulminato de mercurio, el cual hace explosión por medio de llama ó de percusión, constituyendo un verdadero detonante.

*Aunque los descubrimientos de la nitroglicerina y el algodón pólvora por los químicos Sobrero y Schonbein influyeron notablemente en el campo de los explosivos, el que abrió nuevos horizontes en esta Industria, fué el sabio sueco ALFREDO NOBEL (1833-1896) que logró hacer manejable la peligrosa nitroglicerina, transformándola en un explosivo de trabajo, al que llamó DINAMITA, la cual no es otra cosa que el 75% de nitroglicerina absorbida en 25% de tierra de infusorios (una tierra de diatomeas muy porosa). A Nobel se le debe, también, la gelatina explosiva, así como la introducción del ya olvidado fulminato de mercurio, que fabricó a manera de cebo para provocar con seguridad la explosión de la dinamita, del algodón pólvora y de otros explosivos.*

*Los suecos Ahlsson y Norrbin obtuvieron los explosivos de nitrato de amónico, precursores de los explosivos de seguridad. Turpin dió a conocer el ácido pícrico. Esto, así como la salida al mercado de la pólvora sin humo, la laminar, etc., inició la erección de fábricas de pólvoras y explosivos en todo el mundo, dando así principio a una nueva era en la que se ha tratado de sacar el mayor provecho a estas sustancias. Empresas muy poderosas se han dedicado al estudio y los resultados obtenidos son los máximos adelantos en esta materia. Queda al constructor sacar el mayor partido de los explosivos industriales y así cooperar al constante adelanto de los procedimientos de construcción, ya que estos son una expresión objetiva de la evolución constante de la humanidad.*

###



## PROPIEDADES.

### *a) Fuerza.*

*Por fuerza se entiende la energía ó potencia del explosivo; energía que a su vez determina el empuje ó fuerza que desarrolla y, por consiguiente, el trabajo que es capaz de hacer. Las dinamitas nitroglicerinas se clasifican según la proporción de nitroglicerina por peso que contienen. La dinamita nitroglicerina de 40% de fuerza, por ejemplo, contiene realmente 40% de nitroglicerina. La fuerza de acción de este tipo de explosivo se toma como base para la clasificación de todas las demás dinamitas. Así pues, la fuerza de cualquier otra dinamita, expresada en tanto por ciento, indica que esta revienta con tanta potencia como otra alaca equivalente de dinamita nitroglicerina en igualdad de peso.*

*Pocas son las personas entre las que usan dinamitas que entienden bien la energía relativa de las dinamitas de diferentes porcentajes de fuerza. Suele creerse que la energía verdadera desarrollada por estas -- distintas fuerzas guarda proporción directa con los porcentajes marcados. Se cree, por ejemplo, que la dinamita de 40% es dos veces más fuerte que la de 20%.*

*La inexactitud de esta creencia ha sido demostrada por cuidadosas pruebas de laboratorio, cuyos resultados se indican en la tabla siguiente que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferente fuerza y de la misma densidad.*

TABLA I

| Un cartucho | 60%  | 50%  | 45%  | 40%  | 35%  | 30%  | 25%  | 20%  | 15%  |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 60%         | 1.00 | 1.12 | 1.20 | 1.28 | 1.38 | 1.50 | 1.63 | 1.80 | 2.08 |
| 50%         | 0.89 | 1.00 | 1.07 | 1.14 | 1.23 | 1.34 | 1.45 | 1.60 | 1.85 |
| 45%         | 0.83 | 0.93 | 1.00 | 1.07 | 1.15 | 1.25 | 1.36 | 1.50 | 1.73 |
| 40%         | 0.78 | 0.87 | 0.94 | 1.00 | 1.08 | 1.17 | 1.27 | 1.40 | 1.53 |
| 35%         | 0.72 | 0.81 | 0.87 | 0.93 | 1.00 | 1.09 | 1.18 | 1.30 | 1.50 |
| 30%         | 0.67 | 0.75 | 0.80 | 0.85 | 0.92 | 1.00 | 1.09 | 1.20 | 1.38 |
| 25%         | 0.61 | 0.69 | 0.74 | 0.78 | 0.85 | 0.92 | 1.00 | 1.10 | 1.27 |
| 20%         | 0.55 | 0.62 | 0.67 | 0.71 | 0.77 | 0.83 | 0.90 | 1.00 | 1.15 |
| 15%         | 0.48 | 0.54 | 0.58 | 0.61 | 0.76 | 0.72 | 0.78 | 0.86 | 1.00 |

*Tabla que muestra el número de cartuchos de determinada fuerza necesaria para igualar un cartucho de diferentes fuerzas.*

*b) Velocidad.*

*Es la rapidez expresada en metros por segundo con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivos.*

*Algunos explosivos violentos detonan mucho más rápidamente que otros.*

*Cuando mayor es la rapidez de explosión mayor suele ser el efecto de quebramiento. Como este efecto depende también hasta cierto punto de la fuerza y de la densidad, deben tomarse en cuenta estas tres propiedades al escoger el explosivo adecuado para un fin determinado.*

*c) Resistencia al agua.*

*Los explosivos violentos difieren mucho entre sí por lo que toca a la resistencia al agua. En zonas secas esto no tiene mucho importancia, pero cuando existe mucha agua es preciso emplear un explosivo resistente al agua.*

d) *Densidad.*

*La densidad de una dinamita se expresa en forma del número de cartuchos de 1  $\frac{1}{4}$ " x 8" (3.175 x 20.32cm.) que contiene una caja de 25Kg. la diferencia de densidad tiene por objeto facilitar la tarea de concentrar ó distribuir las cargas de la manera deseada.*

e) *Inflamabilidad.*

*Se refiere a la facilidad con que arde un materia. En el caso de las dinamitas, varia desde alguna que se incendian con facilidad y se queman violentamente, a otras que no sufren combustión a no ser que se les aplique directa y continuamente alguna flama exterior.*

f) *Emanaciones.*

*Los gases que se originan con la explosión de dinamita son principalmente bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua, los cuales no son tóxicos en el sentido general de la palabra. Además de éstos, se forman ó pueden formarse emanaciones venenosas como el monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno. En la industria de explosivos estas emanaciones se conocen con el nombre de "gases". Tanto la naturaleza como la cantidad de gases venenosos varían en los diferentes tipos y clases de dinamitas.*

g) *Selección.*

*Para seleccionar el explosivo adecuado se anexa la siguiente table con propiedades y uso de los explosivos.*

TABLA II

| TIPO                            | ACENTE<br>EXPLOSIVO              | FUERZA          | VELOCIDAD       | RESISTENCIA<br>AL AGUA    | EMANACION                      | U S O  |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|---------------------------|--------------------------------|--|
| <i>Dinamita Nitroglicerina.</i> | <i>Nitroglicerina</i>            | -               | <i>Alta</i>     | <i>Buena</i>              | <i>Exceso de gases.</i>        | <i>Trabajos a cielo abierto.</i>                       |
| <i>Extra</i>                    | <i>Nitroglicerina y amoniaco</i> | <i>20 a 60%</i> | <i>Alta</i>     | <i>Regular</i>            | <i>Exceso de gases.</i>        | <i>Trabajos a cielo abierto.</i>                       |
| <i>Granulada</i>                | <i>Amoniaco</i>                  | <i>25 a 65%</i> | <i>Baja</i>     | <i>Muy mala</i>           | <i>Exceso de gases.</i>        | <i>Trabajos a cielo abierto (canteras)</i>             |
| <i>Gelatina</i>                 | <i>Amoniaco</i>                  | <i>30 a 75%</i> | <i>Muy alta</i> | <i>Buena a excelente.</i> | <i>Muy pocos gases a nulos</i> | <i>Sismología. Trabajos submarinos y subterráneos.</i> |
| <i>Permitidos</i>               | <i>?</i>                         |                 | <i>Alta</i>     | <i>Regular</i>            | <i>Muy pocos gases.</i>        | <i>Trabajos mineros (carbón)</i>                       |
| <i>Baja densidad</i>            | <i>Amoniaco</i>                  | <i>25%</i>      | <i>Regular</i>  | <i>Ninguna</i>            | <i>Pocos gases</i>             | <i>Trabajos mineros.</i>                               |
| <i>Nitrato de Amonio</i>        | <i>Amoniaco</i>                  |                 | <i>Regular</i>  | <i>Ninguna</i>            | <i>Exceso de gases</i>         | <i>Trabajos a cielo abierto.</i>                       |

*Selección y Propiedades de los Explosivos más comunes en construcción.*

## ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

Los accesorios para voladuras son los productos ó dispositivos empleados para ceber cargas explosivas, suministrar ó transmitir una llama que inicie una explosión, ó llevar una onda detonadora de un punto a otro ó de una carga explosiva a otra.

## INICIADORES.

### a) Mecha para minas.

La mecha para minas consiste en un núcleo de pólvora negra especial, envuelto con varias cubiertas de hilazas ó cintas y sustancias impermeabilizantes. Su objeto de hacer estallar al fulminante, por lo tanto debe arder en una forma continúa y uniforme. La velocidad de ignición oscila entre 125 y 131 segundos por metro.

### b) Ignitacord.

Es un artefacto para encender mecha. Tiene la apariencia de un cable de diámetro muy pequeño y arde progresivamente con una flama exterior corta y muy caliente que permite encender una serie de mechas en "rotación", con la ventaja de que el tiempo necesario para que una persona inicie el encendido de la serie, es el mismo que se necesitará para encender una sola mecha.

Se surte en tres velocidades de combustión: De 26 a 33 segundos por metro; de 52 a 65 segundos por metro y de 13 a 16 segundos por metro.

## DETONADORES.

### a) Fulminantes.

Los fulminantes son tubos ó casquillos cerrados en un extremo y que contienen una carga de explosivos de gran sensibilidad. Están hechos para detonar con las chispas del tren de fuego de la mecha para minas.

### b) Estopines eléctricos.

Los estopines eléctricos, son fulminantes elaborados de tal manera que pueden hacerse detonar con corriente eléctrica. Con ellos pueden iniciarse simultáneamente varias cargas de explosivos de gran potencia. Los estopines eléctricos tienen una carga básica de un explosivo de alta velocidad, una carga como cebo y una carga de ignición suelta ó de tipo píldora.

El dispositivo para la detonación con electricidad consiste en dos --- alambres con aislamiento de plástico, con un tapón de hule que mantiene los alambres en su lugar y un puente de alambre anticorrosivo de diámetro pequeño, que une las terminales de los alambres debajo del tapón. Cuando se aplica la corriente eléctrica el puente se pone incandescente y detona el estopín.

### c) Estopines eléctricos tipo instantáneo.

Los estopines eléctricos instantáneos tienen casquillos de aluminio de 1 1/8" de largo; estos son los detonadores para usos comunes. Un alambre lleva aislamiento color rojo y el otro amarillo, estos dos colores distintos son de gran ayuda al hacer las conexiones.

d) *Estopines eléctricos de tiempo.*

Los estopines eléctricos de tiempo son semejantes a los estopines eléctricos instantáneos, con la diferencia que llevan un elemento de retardo colocado entre el puente de alambre y las cargas de detonación.

Existen dos tipos diferentes de estopines eléctricos de tiempo, los regulares Mark V y los estopines eléctricos de tiempo "MS". La diferencia estriba, particularmente en la duración del intervalo de retardo entre períodos consecutivos de la serie.

e) *Estopines eléctricos de tiempo regulares Mark V.*

La nueva serie de estopines eléctricos de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín -- más lento de cualquier período y el más rápido del siguiente período. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo -- entre períodos y a través de toda la serie de tiempos. Comprenden 10 períodos de retardo, los tiempos de detonación de los estopines -- Mark V después de aplicar la corriente, para el primer período es de 25 MS y para el décimo período 9.6 segundos.

f) *Estopines eléctricos de tiempo "MS".*

Los estopines eléctricos de tiempo con retardo de milésimos de segundo difieren de los estopines de tiempo ordinario en que los intervalos de retardo son muy cortos. Su elemento de retardo es diferente al de los estopines de tiempo ordinarios. Se surten en 10 períodos

*cuyos números indican el tiempo que tarda el disparo en producirse, en milésimos de segundo a saber: MS - 25, MS - 50, MS - 100, -- MS - 150, MS - 200, MS - 300, MS - 400, MS - 600, MS - 800, MS - 1000.*

### *MECHAS DETONANTES.*

#### *a) Primacord.*

*Este producto es un cordón detonante que contiene un núcleo de tetranitrato de pentaeritritol (Niperita) dentro de una envoltura impermeable reforzada con cubiertas que la protegen. Tiene una velocidad de detonación muy alta de 6,400 metros por segundo. La fuerza con que estalla es suficiente para hacer detonar los explosivos violentos continuos dentro de un barreno, de modo que si se conecta al primer cartucho que se coloque en el barreno, actúa como un agente iniciador a todo lo largo de la carga explosiva.*

*El "primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de barrenos grandes en la superficie ya sean verticales y horizontales. Es ilimitado el número de barrenos que pueden dispararse en esta forma.*

### *PINZAS CORRUGADORAS DE FULMINANTES.*

*Hay dos tipos de pinzas: Las de mano y las máquinas corrugadoras. Las pinzas de mano dan un servicios satisfactorio en las operaciones donde el número de fulminantes que va a fijarse a los tramos de mecha es relativamente pequeño. En cambio la máquina se recomienda para operaciones donde diariamente se fija una gran cantidad de fulminantes y donde hay puestos centrales para hacer ese trabajo de fi-*



jación.

### MAQUINAS EXPLOSORAS.

*Estas máquinas suministran la corriente necesaria para disparos -- eléctricos. Hay dos tipos de Máquinas Explosoras. El tipo "Descarga de Condensador" y el tipo "Generador".*

### DESCARGA DE CONDENSADOR.

*Utiliza pilas secas para la carga de un banco de condensadores que -- ya así pueden proporcionar una corriente directa y de corta duración a los dispositivos de disparo eléctrico. Están provistas de cajas metálicas resistentes al agua. Se caracterizan por:*

- 1. - Una capacidad extremadamente alta, en comparación con su peso y tamaño.*
- 2. - La ausencia de partes dotadas de movimiento.*
- 3. - La eliminación del factor humano que interviene en las máquinas de tipo mecánico.*
- 4. - Una luz piloto, y*
- 5. - Un sistema de alambres e interruptores que reúne importantes características de seguridad.*

### GENERADOR.

*Su principio se basa en un generador modificado que proporciona una corriente directa pulsativa. Estas máquinas son de tipo llamado "de vuelta" ó también "Cremallera". Están diseñadas de tal manera que no fluye de ellas corriente alguna hasta que se dé todo el movimiento*

###

*necesario a la manivela de Vuelta ó de Cremallera; es entonces cuando la corriente va a dar a las líneas de disparo en casi todo su amperaje y voltaje.*

#### *INSTRUMENTOS DE PRUEBA.*

##### *a) Galvanómetro para voladuras.*

*Este instrumento tiene una pila especial de cloruro de plata que proporciona la corriente necesaria para mover una manécilla en una escala graduada. La pila y las partes mecánicas están encerradas en una caja de pasta la cual está provista de dos bornes de contacto. Sirve para probar los estopines eléctricos individuales y también para determinar si un circuito de voladura está cerrado ó no y si está en condiciones para el disparo; además sirve para localizar los alambres rotos, las conexiones defectuosas y los cortos circuitos, así como para medir la resistencia aproximada de un circuito.*

##### *b) Voltiohmetro para voladuras.*

*Este instrumento es una combinación del voltímetro y del óhmetro, que sirve para descubrir la presencia de corrientes extrañas, para la lectura de voltaje de las líneas y para medir la resistencia de los circuitos de voladura.*

##### *c) Reostato.*

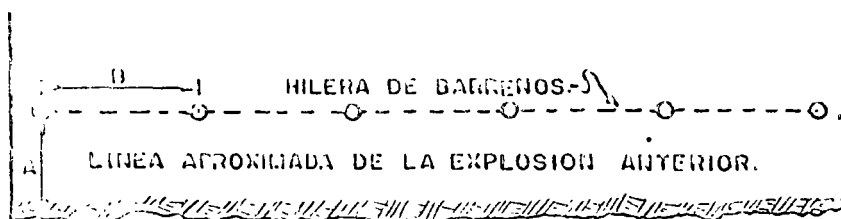
*Este instrumento se usa para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de cremallera.*

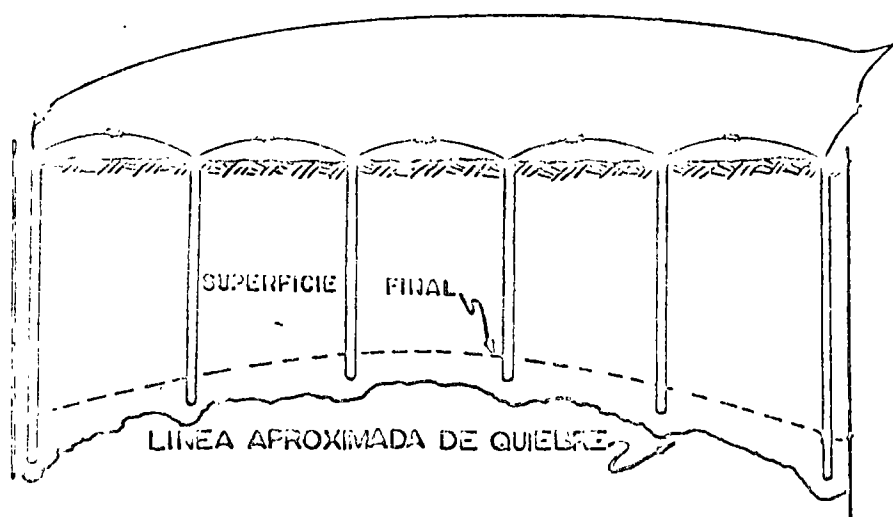
### VOLADURAS.

Para una buena voladura no basta seleccionar correctamente el explosivo, ya que es necesario conocer también el método de aplicación más indicado para cada clase de trabajo, obteniéndose con ello una máxima eficiencia, la cual se traduce en menor costo de la obra. Usualmente los resultados óptimos en voladuras se adquieren a través de la experiencia.

Un corte puede atacarse tronando parte de él, como si se tratara de una canchera de frente angosto, disparando varias hileras de barrenos al mismo tiempo (Fig. 1). Para este caso la profundidad  $P$  debe exceder, aproximadamente, 30 centímetros, y tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

Si  $P < 3.00$  metros  
 Entonces  $A < P$   
 $B > P$   
 $B > 3.00$  metros.



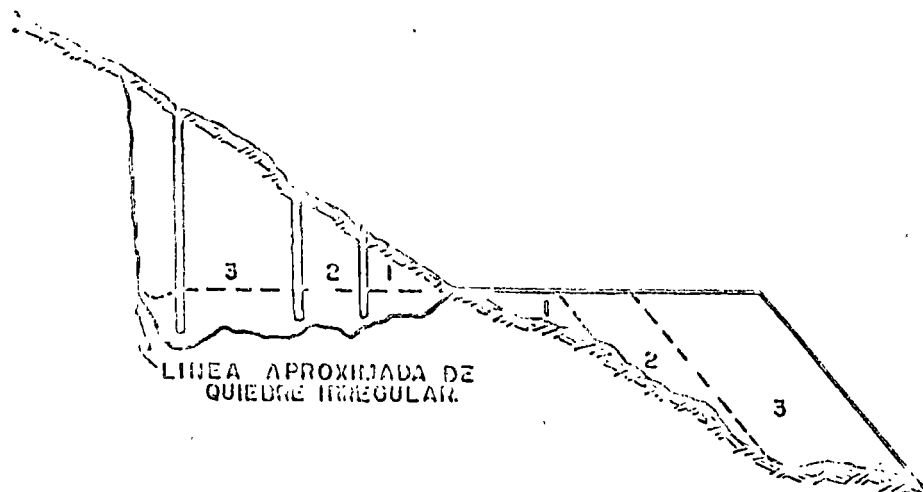


*Figura 1*

*Para barrenación corta es recomendable los barrenos de  $1\frac{1}{2}$ " (3.81 - cm) de diámetro en donde el pueble no debe pasar de la mitad del barrenos. El consumo de dinamita gelatina 40% en este tipo de barrenación es de 0.5 a 0.6 Kg/m<sup>3</sup> de roca.*

*En la construcción de terracerías en laderas deberá utilizarse los escombros ó rezagas del corte para completar la cama deseada, como se indica en la Fig. 2. Tanto en este caso como en los otros es recomendable efectuar una sola tronada del corte utilizando el sistema Mark V ó de los milisegundos, pues con él se obtiene una mejor fragmentación.*

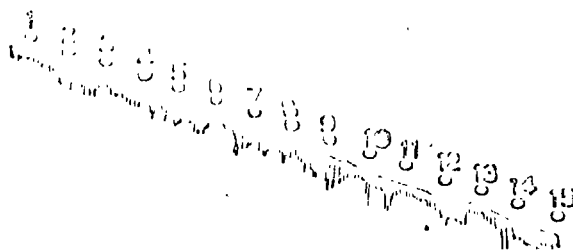
###



*Figura 2.*

*control de proyección, menor vibración y, con ello, mayor seguridad. Los resultados con el sistema Mark V son sorprendentes; con la práctica puede dominarse una voladura. Los siguientes ejemplos ilustran lo anterior.*

*Método para reducir la vibración:*



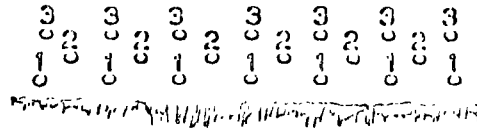
*Figura 3.*

*Método para evitar la proyección excesiva:*



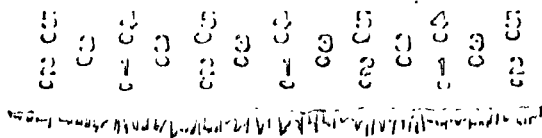
*Figura 4.*

*Método para dar mayor fragmentación, pero con máxima proyección.*



*Figura 5.*

*Para disminuir la proyección es recomendable el siguiente método:*



*Figura 6.*

*En la explotación de canteras, cuando los frentes no son muy altos (menores de 10 metros), se utilizan los métodos de las figuras 3, 4, 5 y 6 antes expuesto.*

*Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros de altura es reco--*

*mendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultáneamente con el objeto de desprender suficiente material y aumentar la fragmentación.*

*Es importante hacer notar que todas las cifras anotadas son aproximadas y se -- intentan solamente como una guía general, y como una base para comenzar a hacer pruebas en cada caso especial.*

#### CONSUMO DE EXPLOSIVOS.

*Este debe determinarse en cada caso por medio de pruebas.*

*Para facilitar las pruebas se parte de las siguientes reglas:*

- 1) La carga por metro cúbico de roca fragmentada, será la misma, independientemente del tamaño de la prueba.*
- 2) La carga específica necesaria para una voladura es alrededor de 0.4 kg/m<sup>3</sup>.*
- 3) La carga del fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de la columna*

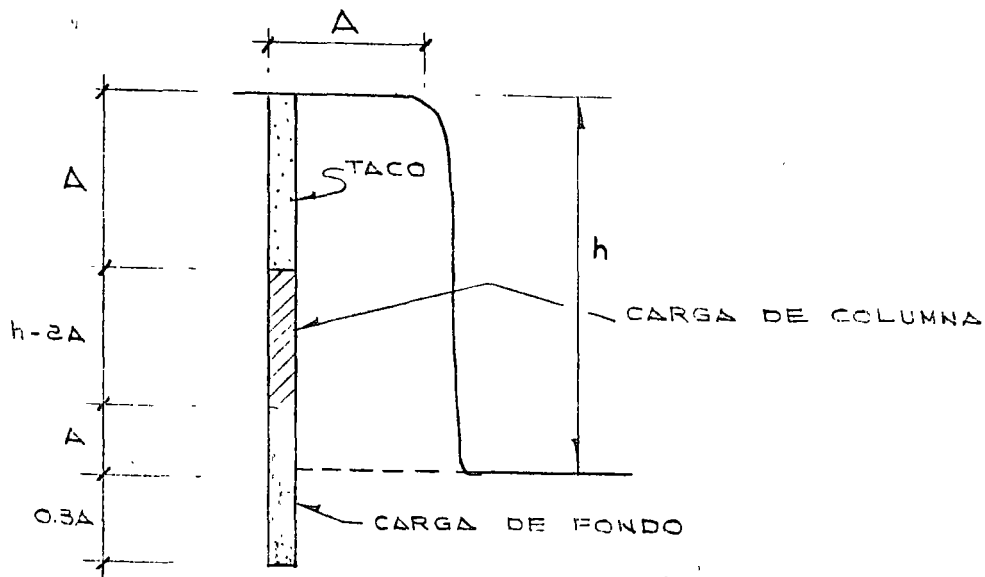


Figura 7.

y se distribuirá de acuerdo con la figura 7.

4) Un buen procedimiento para hacer pruebas consistente en volar -- barrenos de 0.50 m. de profundidad y 0.50 m. de pata. Se repite varias veces el procedimiento, aumentando la carga hasta que sea suficientemente grande para fracturar la pata.

Si el centro de gravedad de la roca es lanzado hacia el frente de 0 a 1m. se dice que la carga es la correcta. Lanzamientos mayores de la roca, a 2, 4, 6 y 8ms, indican excesos de carga de 10, 20, 30 y 40% respectivamente.

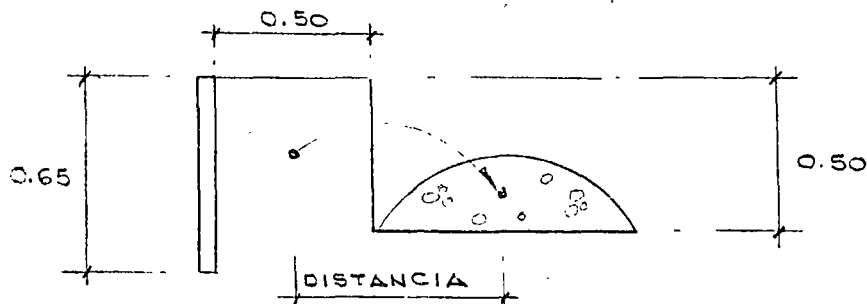


Figura 8.



*Con esta carga se hacen pruebas un poco más grandes (5m. de profundidad),*

- 5) *La separación entre barrenos es aproximadamente 1.3 A.*
- 6) *La pata depende de la carga por metro que se pueda concentrar - en el fondo y de la altura de la carga.*

*La altura de la carga, a su vez, depende del diámetro del barreno.*

- 7) *La relación entre el tamaño de la pata y el diámetro del barreno (d), está dada por:*

$$A = 40 d.$$

- 8) *La relación del diámetro a la altura del banco es de 0.005 a 0.0125.*
- 9) *Para voladuras de filas múltiples, conviene reducir la distancia entre barrenos, después del frontal según:*

$$A_1 = A - 0.05 h.$$

- 10) *El consumo específico para barrenos múltiples es 20% menos que el de un solo barreno.*
- 11) *El peso volumétrico de la dinamita extra 40% ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm<sup>3</sup>.*

### VOLADURAS CONTROLADAS.

*Los consumidores de explosivos han buscado y ensayado muchas maneras para reducir el exceso de rompimiento ó sobreexcavación de las voladuras. Por razones de seguridad, el rompimiento excesivo es inconveniente tratándose de taludes, bancos, frentes ó pendientes inestables y es también económicamente inconveniente cuando la ex-*

*cavación excede la "línea de pago" (implica concreto extra y los taludes fracturados requieren un mantenimiento costoso)*

*En voladuras controladas se utilizan varios métodos para reducir el exceso de rompimiento; sin embargo, todas tienen un objetivo común; Disminuir y distribuir mejor las cargas explosivas para reducir al mínimo los esfuerzos y la fractura de la roca más allá de la línea misma de excavación.*

*Por muchos años la barrenación en Línea fué el único procedimiento utilizado para controlar el rompimiento excesivo. La Barrenación en Línea ó de límite simplemente consiste de una serie de barrenos en línea, vacíos, a corta distancia unos de otros y a lo largo de la línea misma de excavación, proporcionando así un plano de debilidad que la voladura puede romper con facilidad.*

*Estos procedimientos difieren del principio de la Barrenación en Línea, asencialmente, en que algunos ó todos los barrenos se disparan con cargas explosivas relativamente pequeñas y debidamente distribuidas. La detonación de estas pequeñas cargas tiende a fracturar la roca entre los barrenos y permite mayores espaciamientos - que en el caso de la Barrenación en Línea. Por lo tanto, los costos de barrenación se reducen y en muchos casos se logra un mejor control del exceso de rompimiento.*

### BARRENACION EN LINEA, DE LIMITE O DE COSTURA.

#### Principio.

*La Voladura con Barrenación en Línea involucra una sola hilera de*

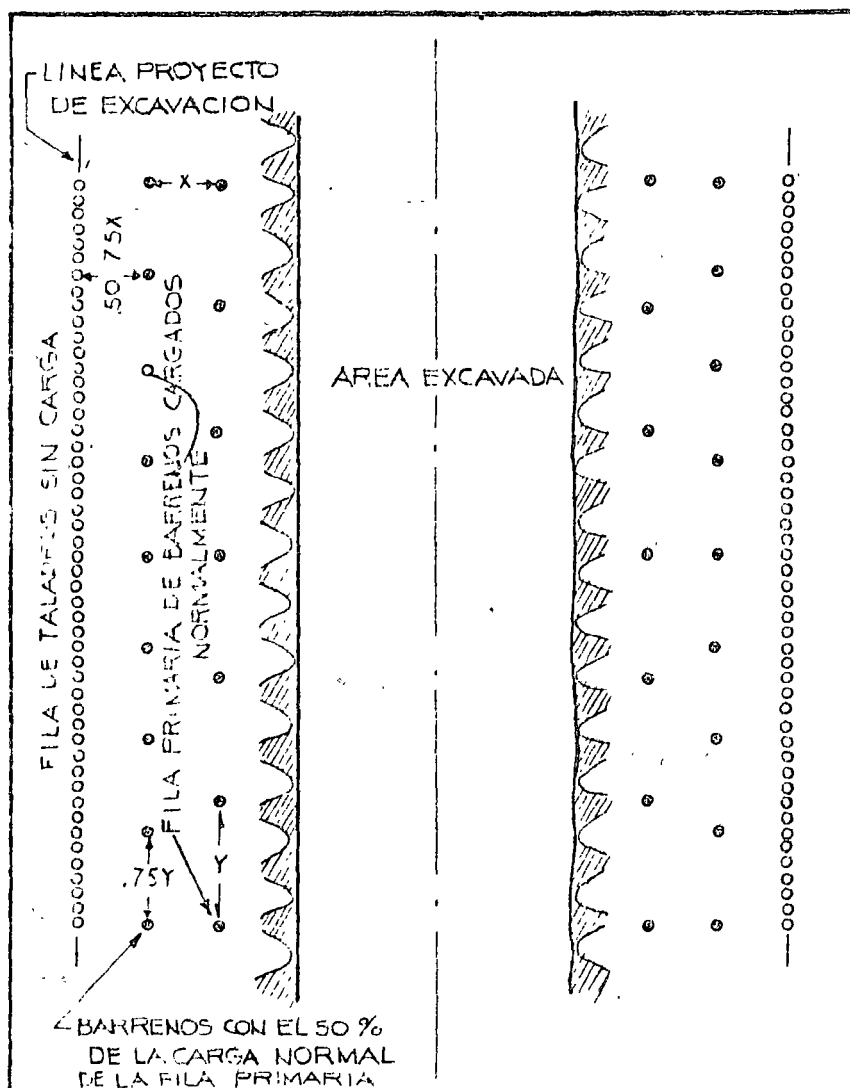
barrenos de diámetro pequeño, poco espaciados, sin cargar y a lo largo de la línea misma de excavación. Esto proporciona un plano de menor resistencia, que la voladura primaria pueda romper con mayor facilidad. También origina que parte de las ondas de choque creadas por la voladura sean reflejadas, lo que reduce la trituration y las tensiones en la pared terminada.

Aplicación.

Las perforaciones de la Barrenación en Línea generalmente son de 2" a 3" de diámetro y se separan de 2 ó 4 veces de su diámetro a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos mayores de 3" se usan poco con este sistema pues los altos costos de barrenación no pueden compensarse suficientemente con mayores espaciamientos.

La profundidad de los barrenos depende de su buena alineación. Para obtener buenos resultados, los barrenos deben quedar en el mismo plano. Cualquier desviación en ellos, al tratar de barrenar -- más profundamente, tendrá un efecto desfavorable en los resultados. Para barrenos de 2" a 3" de diámetro las profundidades mayores a 9 metros son raramente satisfactorias.

a continuación la figura No. 8A



*Plantilla Típica del Procedimiento de Barrenación en línea.*

*Figura 8 A*

*Los barrenos de la voladura directamente adyacentes a los de la -- Barrenación en Línea, se cargan generalmente con menos explosivos y también a menor espaciamento que los otros barrenos. La distancia entre las perforaciones de la Barrenación en Línea y los más próximos, cargados, es usualmente del 50 al 75% de la pata -- usual.*

*Los mejores resultados con la Barrenación en Línea se obtienen en formaciones homogéneas en donde los planos de estratificación, jun*

tas y hendeduras son mínimas.

Trabajos subterráneos. - La aplicación de la teoría básica del sistema de Barrenado en Línea, esto es, utilizando solamente barrenos vacíos, es muy limitada en trabajos subterráneos. Generalmente se usan barrenaciones cerradas, pero siempre cargadas aunque ligeramente. A este procedimiento hemos preferido llamarle Voladura Perfilada y será descrita posteriormente.

### VOLADURAS AMORTIGUADAS.

#### PRINCIPIO

La Voladura Amortiguada a veces denominada como voladura para recortar, lajear ó desbastar, se introdujo en el Canadá hace varios años. Al igual que la Barrenación en Línea, la Voladura Amortiguada implica una sola fila de barrenos a lo largo de la línea proyecto de excavación.

Las cargas para las voladuras amortiguadas deben ser pequeñas, bien distribuidas, perfectamente retacadas y se harán explotar después de que la excavación principal ha sido despejada. Al ser volada la pata, el taco amortigua la vibración dirigida hacia la pared terminada, reduciendo así al mínimo la fractura y las tensiones en esta pared. Disparando los barrenos de amortiguamiento a pequeños intervalos, la detonación tiende a cortar la roca entre ellos dejando una superficie uniforme y con un mínimo de sobreexcavación.

Obviamente, a mayor diámetro de barreno, se obtiene mayor amortiguamiento.

TABLA IIICARGAS Y PLANTILLAS PROPUESTAS PARA VOLADURASAMORTIGUADAS.

| <u>DIAMETRO DEL<br/>BARRENO EN<br/>PULGADAS</u> | <u>ESPACIAMIENTO EN (1)<br/>PIES</u> | <u>BERMA<br/>EN PIES<br/>(1)</u> | <u>CARGA EXPLOSIVA<br/>EN LIBRAS/PIE (1)</u> |
|---|--------------------------------------|----------------------------------|--|
| 2 - 2 $\frac{1}{2}$                             | 3                                    | 4                                | 0.08 - 0.25                                  |
| 3 - 3 $\frac{1}{2}$                             | 4                                    | 5                                | 0.13 - 0.50                                  |
| 4 - 4 $\frac{1}{2}$                             | 5                                    | 6                                | 0.75 - 0.75                                  |
| 5 - 5 $\frac{1}{2}$                             | 6                                    | 7                                | 0.75 - 1.00                                  |
| 6 - 6 $\frac{1}{2}$                             | 7                                    | 9                                | 1.00 - 1.59                                  |

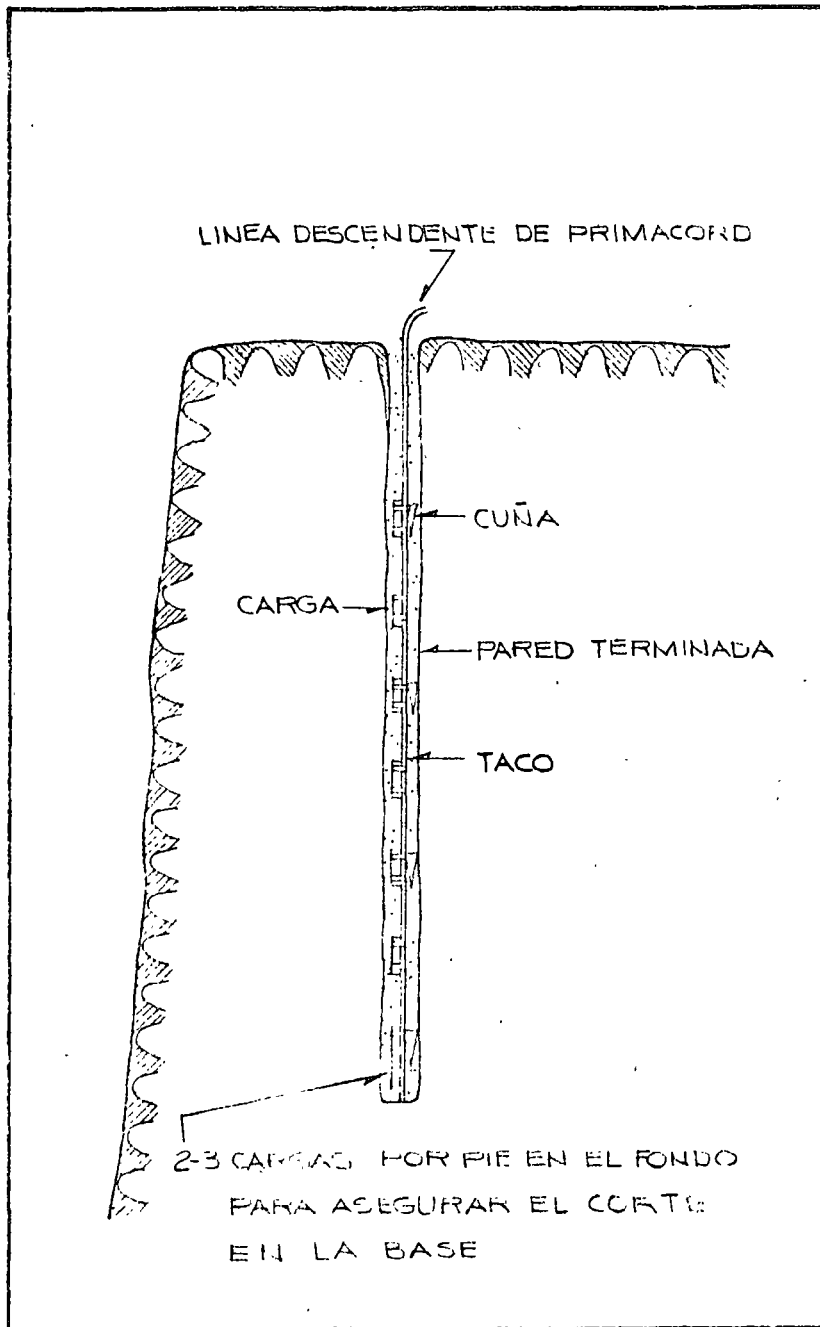
(1). - *Dependen de la naturaleza de la roca.  
Las cifras anotadas son promedios.*

(2). - *El diámetro del cartucho deberá ser  
igual ó menor que la mitad del diámetro del barreno.*

Trabajos a cielo abierto. - El banco ó perma y el espaciamiento --  
variarán de acuerdo con el diámetro de los barrenos que se hagan. -  
La Tabla III muestra una guía de patrones y cargas para diferentes  
diámetros de barrenos. Nótese que los números mostrados cubren  
un campo promedio debido a las variaciones que resultan del tipo -  
de formación por volarse. Con este procedimiento los barrenos se  
cargan con cartuchos enteros ó fraccionados atados a líneas de Pri-  
macord a manera de rosario, usándose generalmente cartuchos de -  
1  $\frac{1}{2}$ " de diámetro por 8" de largo y colocándose a 1 ó 2 pies de sepa-  
ración.

Para efectos de un amortiguamiento máximo las cargas deben colo--  
carse dentro del barreno tan próximas como sea posible a la pared  
correspondiente al lado de la excavación. (Ver figura 9).

Figura 9



COLOCACION DE LAS CARGAS DE EXPLOSIVO PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.



*El retardo mínimo entre la explosión de los barrenos amortiguadores proporciona la mejor acción de corte entre barreno y barreno; por lo tanto, normalmente se emplean líneas troncales de Primacord. En donde el ruido y la vibración resulten críticos, se pueden obtener buenos resultados con estopines de retardo MS.*

*La profundidad máxima que puede volarse con éxito por este método, depende de la precisión del alineamiento de los barrenos. Con barrenos de diámetros mayores puede mantenerse un mejor alineamiento a mayor profundidad. Las desviaciones de más de 6" del plano de los barrenos dan generalmente malos resultados. Se han hecho voladuras con éxito usando barrenos de amortiguamiento hasta de 90 pies de profundidad.*

*Cuando se realizan voladuras por amortiguamiento en áreas curvas ó en esquinas, se requiere menores espaciamientos que cuando vuela una sección recta. Pueden también utilizarse ventajosamente taladros-guía cuando se vuelan caras no lineales. En esquinas a 90°, una combinación de varios procedimientos para voladuras controladas, dará mejores resultados que la voladura amortiguada simple. (Veáse la Figura 10)*

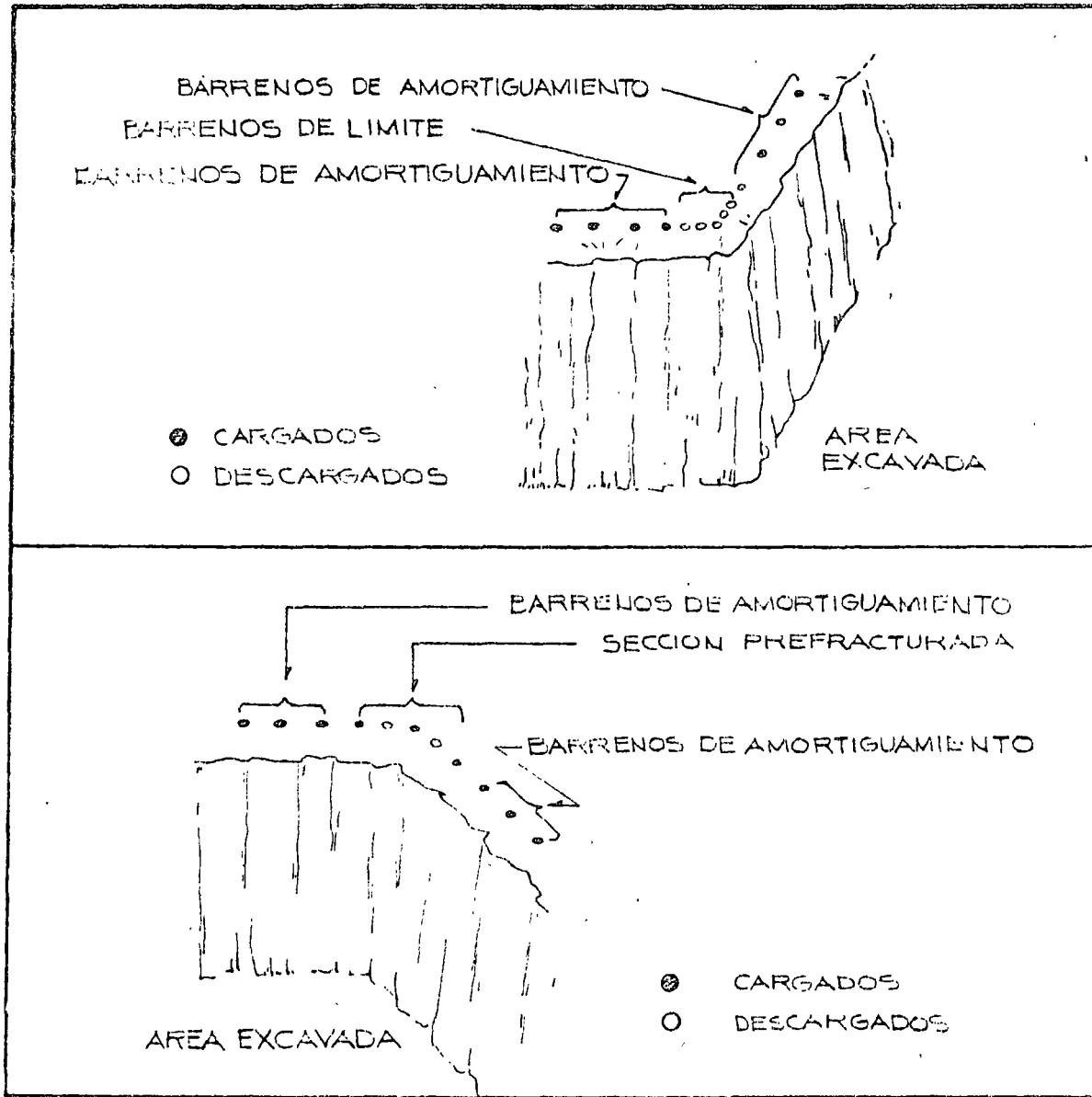
### VENTAJAS.

*La voladura Amortiguada ofrece ciertas ventajas, tales como:*

*Mayores espaciamientos entre barrenos para reducir los costos de perforación.*

*Mejores resultados en formaciones no consolidadas.*

Figura 10.



**VOLADURAS AMORTIGUADAS EN FRENTES, EN ESQUINA  
O EN RINCON.**

*El mejor alineamiento obtenido con barrenos de gran diámetro permite perforar barrenos más profundos.*

### VOLADURAS PERFILADAS O DE AFINE.

#### PRINCIPIO.

*Puesto que el uso de este método en trabajos a descubierto es prácticamente idéntico a los de la Voladura Amortiguada, se tratará sobre su aplicación solamente en trabajos subterráneos.*

*El principio básico de la Voladura de Afine es el mismo que el de la Voladura Amortiguada: Se hacen barrenos a lo largo de los límites de la excavación y se cargan con poco explosivo para eliminar el banco final. Disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, obtiene un efecto cortante que proporciona paredes lisas con un mínimo de sobreexcavación.*

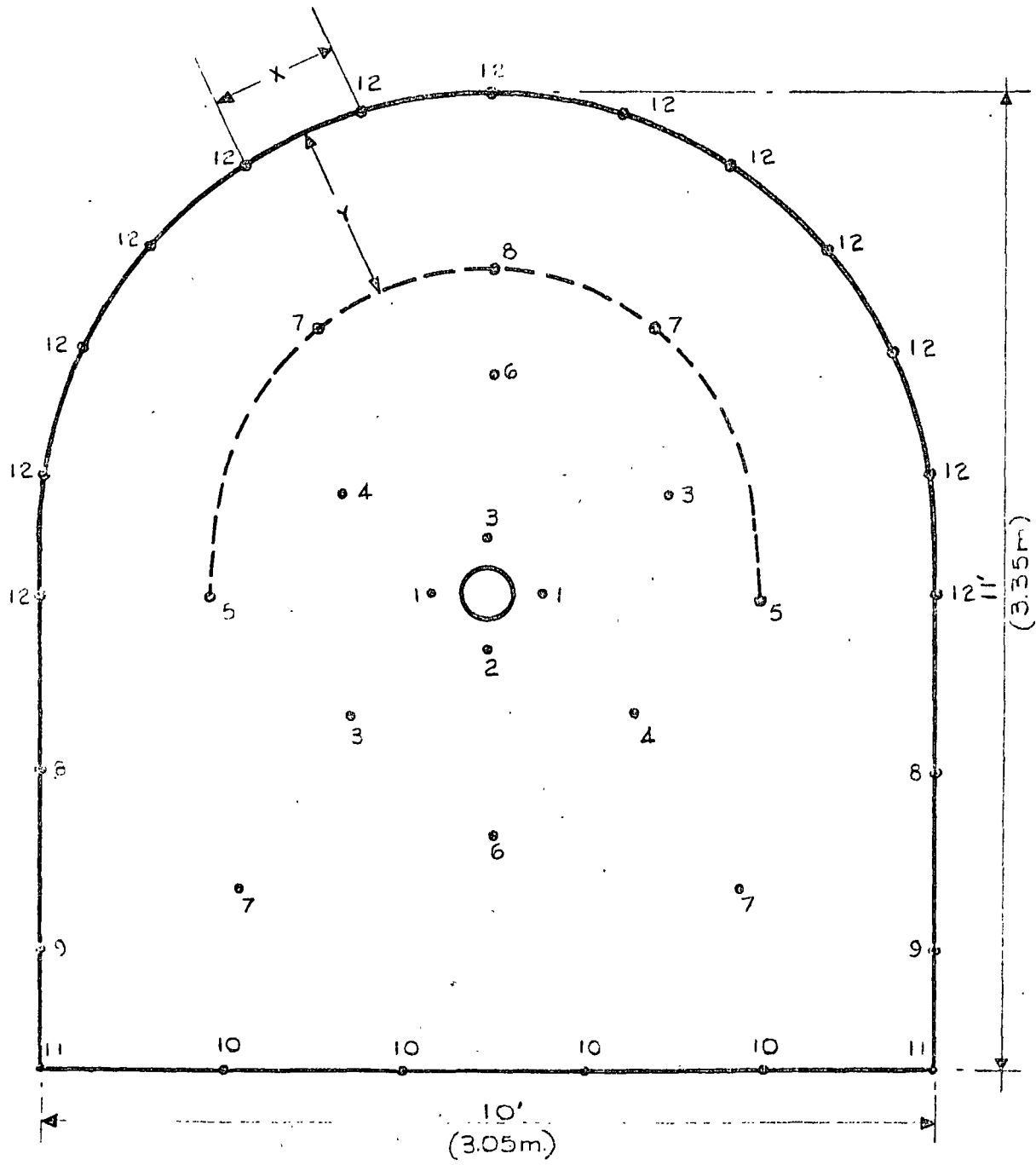
#### APLICACION.

*Trabajos subterráneos. - En frentes subterráneos, en donde la roca del techo y de los contrafuertes se derrumba y desmorona por la falta de consolidación del material, el exceso de rompimiento es común debido a la acción triturante de las voladuras.*

*Empleando el método de la Voladura Perfilada ó de Afine con cargas ligeras y bien distribuidas en los barrenos perimetrales, se requieren menos soportes y resulta una menor sobreexcavación.*

*Aún en formaciones homogéneas más duras, este método proporciona techos y paredes más lisos y más firmes.*

Figura 11.



PLANTILLA TIPICA PARA EXPLOSIONES  
RETARDADAS EN GALERIAS DE AVANCE

*La voladura perfilada en trabajos subterráneos utiliza barrenos perimetrales en una relación de aproximadamente  $1\frac{1}{2}$  a 1, entre el ancho de la berma y el espaciamiento usando cargas ligeras, bien distribuidas y disparadas en el último período de retardo de la voladura. (Ver Fig. 11). Estos barrenos se disparan después de los barrenos de pata ó pié para asegurar que la roca fragmentada se desplace lo suficiente para ofrecer el máximo desahogo a los barrenos de la Voladura Perfilada. Este franqueo permite la libre remoción del banco final y produce menos fractura más allá del límite de la excavación.*

*Las cargas pequeñas bien distribuídas en los barrenos perimetrales usando plantillas y retardos convencionales, han producido regularmente resultados satisfactorios. La Tabla IV proporciona las plantillas recomendadas y las cargas en libras por pié, para la Voladura Perfilada.*

*Puesto que no es conveniente ni práctico atar cargas a las líneas de Primacord en barrenos horizontales, la Voladura Perfilada se realiza cargando a carril cartuchos de dinamita de baja densidad de pequeños diámetros para obtener, tanto cargas pequeñas, como su buena distribución a lo largo del barreno.*

#### VENTAJAS.

*La voladura Perfilada ó de Afine ofrece dos ventajas principales: Reduce el rompimiento excesivo que produce los métodos convencionales.*

*Requiere menos ademe.*

TABLA IV.VOLADURA PERFILADA.

| <i>DIAMETRO DEL<br/>BARRENO EN<br/>PULGADAS.</i> | <i>ESPACIAMIENTO<br/>EN ( 1 ) PIES</i> | <i>BERMA EN<br/>PIES ( 1 )</i> | <i>CARGA EXPLOSIVA<br/>LIBRAS/PIE ( 1 )</i> |
|--|--|--------------------------------|---|
| $1 \frac{1}{2} - 1 \frac{3}{4}$                  | 2                                      | 3                              | 0.12 - 0.25                                 |
| 2  | $2 \frac{1}{2}$                        | $3 \frac{1}{2}$                | 0.12 - 0.25                                 |

( 1 ). - *Dependen de la naturaleza*

*de la roca.*

*Las cifras anotadas son -*

*promedios.*

## PREFRACTURADO

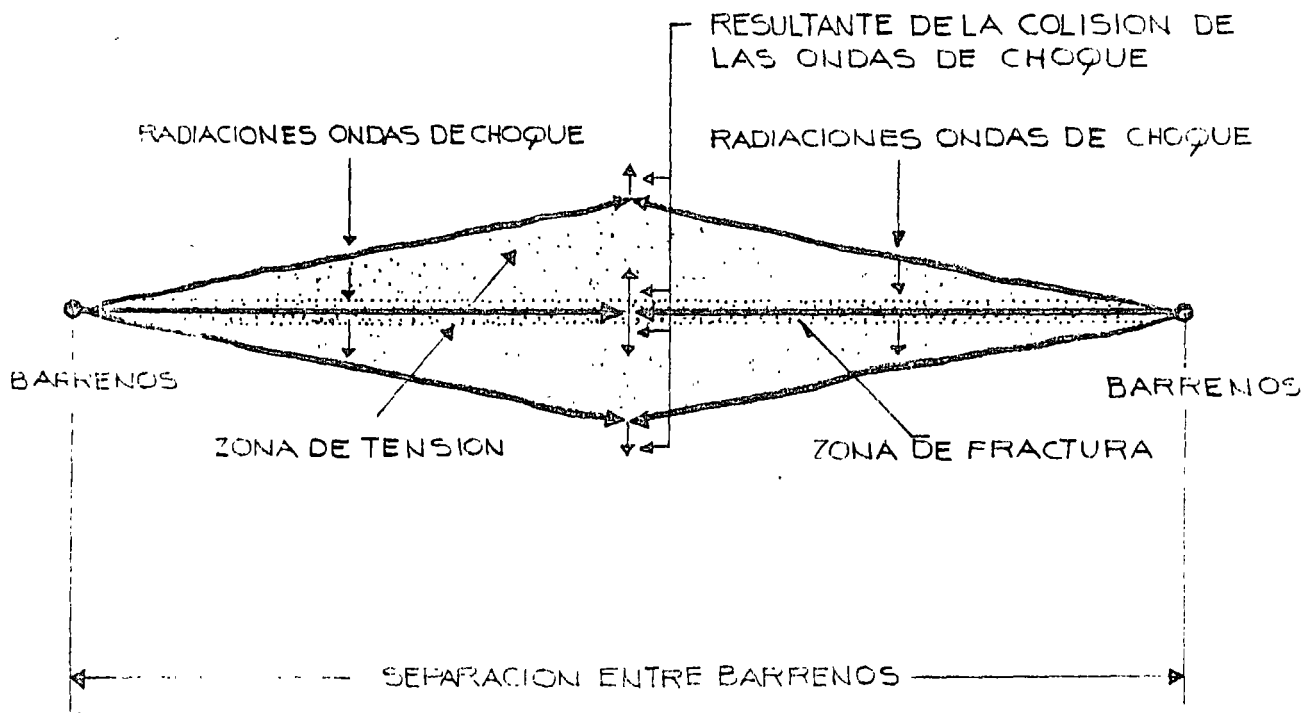
### PRINCIPIO.

*El Prefracturado, también llamado Precortado ó Pre-ranurado comprende una fila de barrenos a lo largo de la línea de excavación. Los barrenos son generalmente del mismo diámetro (2" - 4") y en la mayoría de los casos, todos cargados. El Prefracturado difiere de la Barreración en Línea, de la Voladura Amortiguada y de la Voladura -- Perfilada, en que sus barrenos se disparan antes que cualquier barrenos de los de alguna sección de la excavación principal inmediata.*

*La teoría del prefacturado consisten en que cuando dos cargas se -- disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la colisión de las ondas de choque procedentes de los barrenos rompe la pared de roca intermedia y origina grietas entre los barrenos. (Ver Fig. 12.). Con cargas y espaciamientos adecuados, la zona fracturada entre los barrenos se constituirá en una agosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa casi no produce sobreexcavación.*

*El plano prefacturado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores impidiendo que sean transmitidas a la pared terminadas, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales también tiende a reducir la vibración.*

Figura 12.



**PRINCIPIO DE PREFACTURADO.**

*N O T A . - Si los barrenos están sobrecargados, la zona de fractura se extenderá hacia los lados y aún más allá de la zona de tensión.*



### APLICACION.

Trabajos a cielo abierto. - Los barrenos para prefracturar se cargan de manera similar a los barrenos para voladuras amortiguadas, esto es, se forman cargas "en rosario" de cartuchos enteros ó partes de cartucho, de 1" ó 1  $\frac{1}{2}$ " de diámetro, por 8" de largo, espaciados a 1 a 2 piés centro a centro.

Como en las Voladuras Amortiguadas, los barrenos se disparan generalmente en forma simultánea, usando una línea troncal de Primacord. Si se disparan líneas demasiado largas se pueden retardar algunos tramos con estopines MS a Conectores Primacord MS.

En roca sin consolidación alguna, los resultados se mejorarán utilizando barrenos-guía ó de alivio (sin carga), entre los barrenos cargados, provocando así el corte a lo largo del plano deseado. Aún en formaciones más consistentes, los barrenos-guía colocados entre los cargados, dan mejor resultado que aumentando la carga explosiva por barreno.

Los espaciamientos promedio y las cargas por pié de barreno se dan en la Tabla V. Estas cargas anotadas son para las condiciones de rocas normales y pueden obtenerse utilizando cartuchos de dinamita convencionales, fraccionados ó enteros, espaciados y ligados a líneas de Primacord, ("rosario").

La profundidad que puede prefracturarse de una sola vez, nuevamente depende de la habilidad para mantener un buen alineamiento de los barrenos. Las desviaciones mayores a 6" del plano de corte ----

TABLA V

CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA  
EL PREFRACTURADO.

| <u>DIAMETRO DEL<br/>BARRENO EN<br/>PULGADAS.</u> | <u>CARGA EXPLOSIVA<br/>EN LBS./PIE (1)(2)</u> | <u>ESPACIAMIENTO<br/>EN PIES ( 1 )</u> |
|--|---|--|
| $1 \frac{1}{2} - 1 \frac{3}{4}$                  | 0.08 - 0.25                                   | $1 - \frac{1}{2}$                      |
| $2 - 2 \frac{1}{2}$                              | 0.08 - 0.25                                   | $1 \frac{1}{2} - 2$                    |
| $3 - 3 \frac{1}{2}$                              | 0.13 - 0.50                                   | $1 \frac{1}{2} - 3$                    |
| 4  | 0.25 - 0.75                                   | 2 - 4                                  |

( 1 ) . - *Dependen de la naturaleza de la roca.*

( 2 ) . - *El diámetro del cartucho debe ser igual  
ó menor que la mitad del diámetro del  
barreno.*

deseado, darán resultados negativos. Generalmente la máxima -- profundidad que puede utilizarse para barrenos de 2" a 3½" de diámetro sin una desviación considerable en el alineamiento es de 50 piés.

Teóricamente, la longitud de una voladura para Prefracturar es ilimitada. En la práctica, sin embargo, el disparar muy adelante de la excavación primaria puede traer problemas pues las características de la roca pueden cambiar y la carga ser causa de un -- exceso de fractura en las zonas más débiles. Llevando el Prefracturado adelante únicamente a la mitad de la voladura principal siguiente (Ver Fig. 13) los conocimientos que se van obteniendo con las voladuras principales respecto a la roca, pueden aplicarse a los disparos de prefracturado subsecuentes. En otras palabras, las cargas pueden modificarse si es necesario y corre un menor -- riesgo que si se dispara el total de la línea de excavación antes de avanzar con las voladuras principales.

El Prefracturado puede realizarse simultáneamente a la voladura principal retrasando sus barrenos con retardadores MS, de manera que los barrenos de Prefracturado estallen primero que los de la -- voladura principal. (Ver Fig. 14).

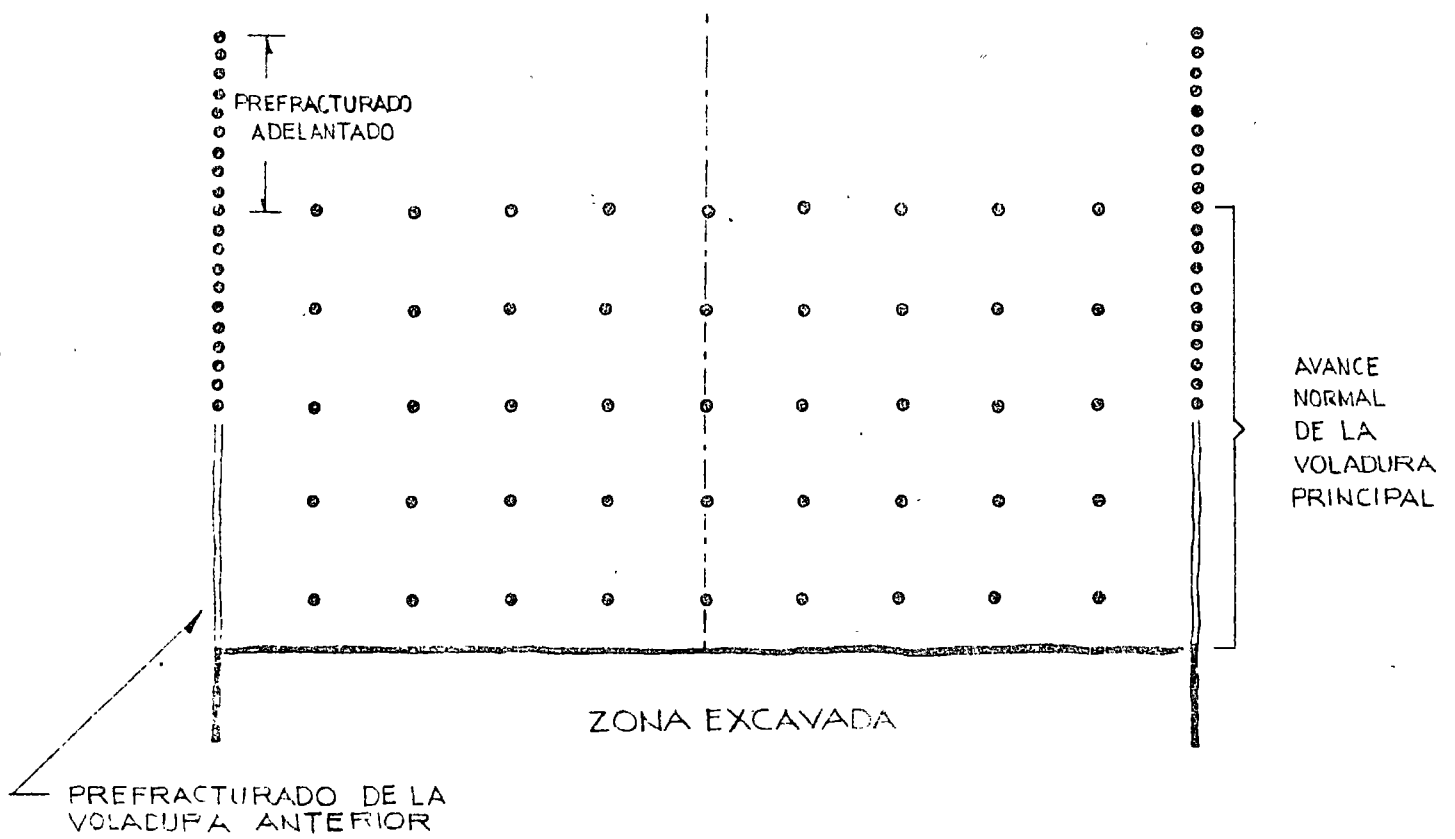
### VENTAJAS.

El Prefracturado ofrece las siguientes ventajas:

Aumento en el espaciamiento de los barrenos -- reducción de costos de barrenación.

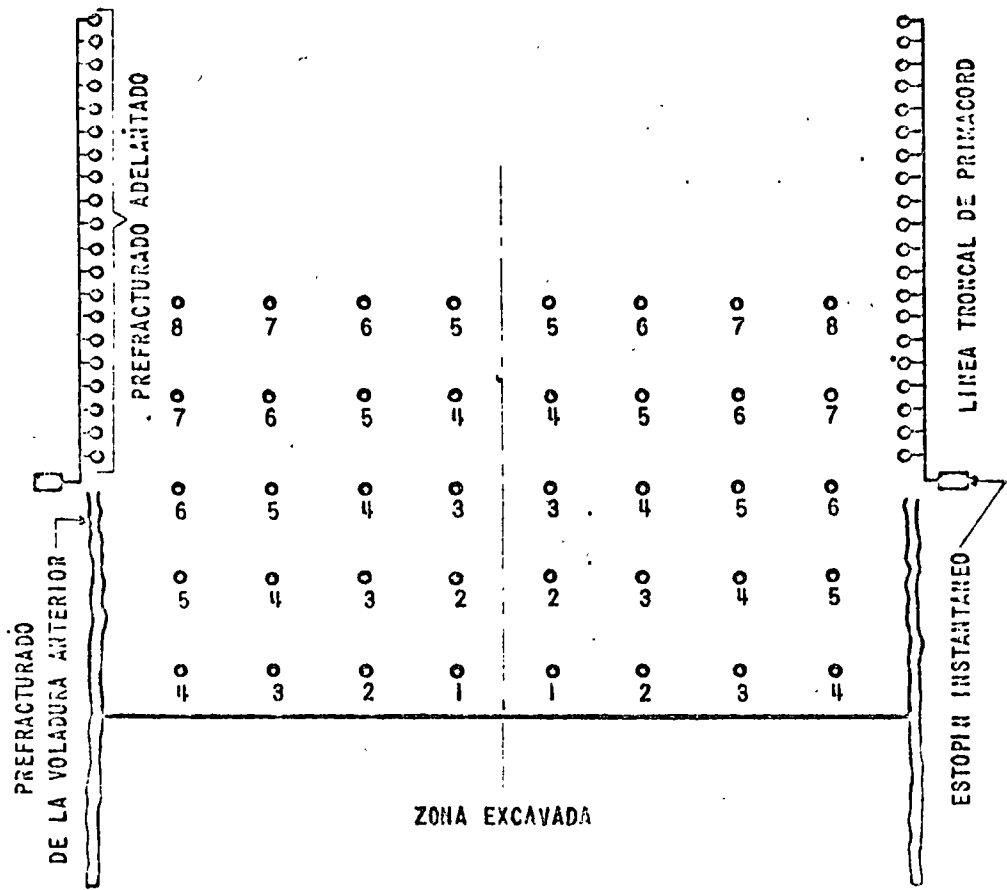
No es necesario regresar a volar taludes ó paredes después de la ex-

Figura 13.



PROCEDIMIENTO RECOMENDADO  
PARA  
EL PREFRACTURADO

FIGURA 14



### PROCEDIMIENTO

DE EXPLOSIONES RETRASADAS DURANTE LA VOLADURA PRINCIPAL EN EL PREFRACTURADO

*cavación principal.*

### CARGA Y ACARREO.

A distancia corta para pedraplenes. Normalmente se usan tractores, pues sirven también para acomodar la roca. Esto ya se vió también en este curso.

A distancia corta para alimentar otra máquina (quebradora).

Se usó durante mucho tiempo pala y camiones. Con el perfeccionamiento de los cargadores frontales, especialmente los de neumáticos, estos han ido desplazando a las palas y camiones, haciendo ellos mismos las dos operaciones.

Los cargadores frontales también ya fueron vistos en este curso, sin embargo haremos un análisis de producción y veremos algunos puntos importantes relativos a un cargador frontal en una planta de trituración.

#### ESTUDIO DE PRODUCCION PARA CARGADOR FRONTAL Marca MICHIGAN, modelo 175-III, CON CUCHARON DE 5.5 Yds. 3 A UNA DISTANCIA DE 550' CARGANDO RO- CA CALIZA.

*Cálculo del ciclo de carga y acarreo.*

*Carga y descarga (constante) .500'*

*Acarreo.*

*Cargado a 550' - a 9.95 MPH.  
(velocidad 2a. y 3a.)*

|            |       |
|------------|-------|
| <u>550</u> | .628' |
| 9.95 x 88  |       |

*Vacio a 550' - a 17.85 MPH  
(velocidad 3a. y 4a.)*

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| <u>.350'</u>           |               |
| <b>Total del ciclo</b> | <b>1.394'</b> |

1.394' por ciclo entre 50' = 35.87 ciclos.

2.671 peso del material por Y3.

5.50 yardas el cucharón = 14690 lbs.

$$\frac{50'}{1.394} \times \frac{2.671 \times 5.50}{2000} = 263 \text{ tons.}$$

263 tons hora x 8 hrs. = 2104 tons.

2104 tons. x .9078 tons. met. = 1910 tons.métricos.

INDICACIONES UTILES PARA CARGA Y ACARREO CON CAR-  
GADOR FRONTAL DE NEUMATICOS EN UNA PLANTA DE --  
TRITURACION.

1) Localización de la planta:

Lo más cerca posible, generalmente a unos 45 m. del banco.

2) Los caminos deben estar bien conservados, tener pocas curvas.

Sus pendientes máximas deben ser 10% y en rampas cortas 20%.

de más de 5% reduzca la producción en 20% / 1%

3) Llantas.

Estas representan el mayor renglón de costos, es necesario vigilarlas.

4) Cucharones y dientes.

El cucharón debe ser considerado como artículo de desgaste.

Salvo que el material sea poco común en peso, en contenido de finos, ó en características de carga el cucharón sugerido por el fabricante será la solución más adecuada.

*Si no son necesarios los dientes en el cucharón para excavar, no los use puesto que el material tiende a escaparse entre los dientes estropeando el camino de acarreo.*

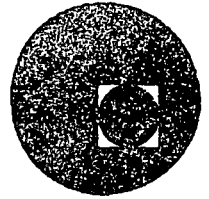
#### CARGA Y ACARREO A DISTANCIAS LARGAS.

*La carga de roca representa el mismo problema que en el caso anterior, y ya se vieron las ventajas del cargador frontal, el acarreo de roca solamente es económico en camiones especiales para ello, como son tipo Euclid.*





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA X. CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS.

ING. SALVADOR ARRIETA MILAN.

JULIO, 1978.

Palacio de Minería

Calle de Tacuba 5,

primer piso.

México 1, D. F.

## MANTENIMIENTO DE EQUIPO

### PRIMERA SESION DE TRABAJO

#### I.- INTRODUCCION.

- A) DESARROLLO,
- B) IMPORTANCIA.
- C) JUSTIFICACION ECONOMICA.
- D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

#### II.- PLANEACION

- A) OBJETIVOS.
- B) ANALISIS DE INFORMACION.
- C) PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

#### III.- ORGANIZACION.

- A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.
- B) SISTEMA ADMINISTRATIVO.
- C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.
- D) SISTEMAS DE INFORMACION.
- E) SISTEMAS DE CONTROL.

### SEGUNDA SESION DE TRABAJO.

#### IV.- TEMAS ESPECIFICOS.

- A) ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION.
- B) LIMPIEZA Y LUBRICACION.
- C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.
- D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.
- E) DIAGRAMAS.

## I.- INTRODUCCION

### A) DESARROLLO

- HISTORICAMENTE EL MANTENIMIENTO SE INICIA COMO UN SISTEMA ADMINISTRATIVO, MANEJADO POR PERSONAL CON FORMACION ADMINISTRATIVA.
- APARECEN LOS PRIMEROS SISTEMAS DE MANTENIMIENTO EN INSTALACIONES INDUSTRIALES. ( INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION ).
- SUFREN UN CAMBIO PAULATINO DE SU CARACTER ADMINISTRATIVO A UN CARACTER TECNICO.
- SU DESARROLLO EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION HA SIDO SEMEJANTE AL DE LA INDUSTRIA EN GENERAL.

PRESENTA CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE LO HACEN MAS DIFICIL DE REALIZAR CON EXITO, COMO POR EJEMPLO:

- A) EL EQUIPO DE CONSTRUCCION ES TOTALMENTE MOVIL.
- B) LAS INSTALACIONES NO SON DEFINITIVAS.
- C) LA VARIEDAD DEL EQUIPO UTILIZADO ES MUY GRANDE.
- D) LAS OBRAS EN GENERAL ESTAN UBICADAS LEJOS DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACION, ETC.,.

## I.- INTRODUCCION

### B) IMPORTANCIA.

LA IMPORTANCIA DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE PUEDE MEDIR A TRAVES DE SU IMPACTO EN LOS SIGUIENTES FACTORES.

#### - INVERSION DE EQUIPO - DISMINUYE

A) INCREMENTO EN LA VIDA UTIL.

B) INCREMENTO EN LA VIDA ECONOMICA.

#### - PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO = PRODUCCION - AUMENTA

A) INCREMENTO EN EL VALOR DE RESCATE.

B) DISMINUCION DEL COSTO DE REPARACIONES.

C) DISMINUCION DEL COSTO POR MAQUINA PARADA.

D) INCREMENTO DEL NUMERO DE HORAS DISPONIBLES.

E) EQUIPO EN OPTIMAS CONDICIONES DURANTE HORAS DE TRABAJO.

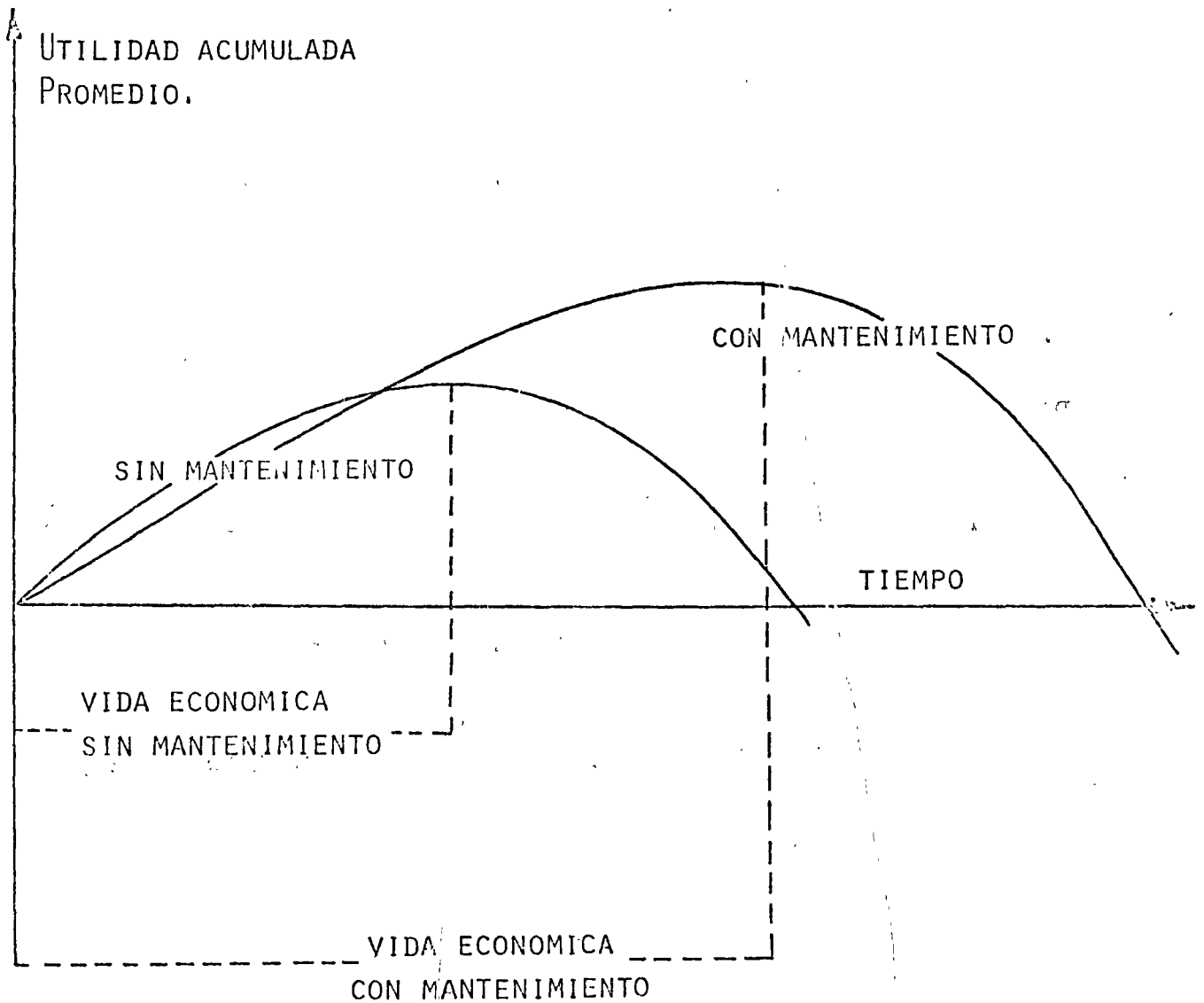
## I.- INTRODUCCION.

### C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

- A) DISMINUCION DE LA INVERSION.
- B) AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD.
- C) DISMINUCION DE COSTOS DE PRODUCCION.

EL EFECTO ECONOMICO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE ILUSTR<sub>U</sub>TRA EN LA GRAFICA SIGUIENTE:



## I.- INTRODUCCION

### D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

#### MANTENIMIENTO PLANEADO.

ES EL MANTENIMIENTO ORGANIZADO ORIENTADO A MANTENER EN CON-  
DICIONES DE MAXIMA PRODUCCION EL EQUIPO MEDIANTE LA PROGRA-  
MACION DEL MANTENIMIENTO DE ACUERDO CON LAS NECESIDADES DE  
LA PRODUCCION Y LAS CONDICIONES DE LA OBRA.

SE COMPONE DE:

- A) MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
- B) MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- C) MANTENIMIENTO DE RUTINA.

#### MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

ES EL DIAGNOSTICO DEL COMPORTAMIENTO INTERNO Y EXTERNO DE  
LOS DIVERSOS CONJUNTOS Y SUBCONJUNTOS DEL EQUIPO.

SE BASA EN:

- ANALISIS DE LABORATORIO (ANALISIS DE DESGASTE INTERNO DE  
METALES).
- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.
- ANALISIS ESTADISTICO DE VIDA UTIL DE CONJUNTOS Y SUBCONJUN-  
TOS.

PROPORCIONA.

- ACTUALIZACION DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
- LOCALIZA E INFORMA PARA QUE SE CORRIJAN FALLAS CUANDO ESTAN  
EN SU FORMA MAS INCIPIENTE.

- PRONOSTICO DE CAMBIOS Y REPOSICIONES.

### MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

- ES LA APLICACION PRACTICA DEL MANTENIMIENTO PLANEADO.
- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO ANTES DE LA FALLA.
- INCLUYE DESDE AJUSTE DE MECANISMOS HASTA CAMBIO DE CONJUNTOS.
- ES MENOS COSTOSO Y CONSUME MENOS TIEMPO QUE EL MANTENIMIENTO OBLIGADO.

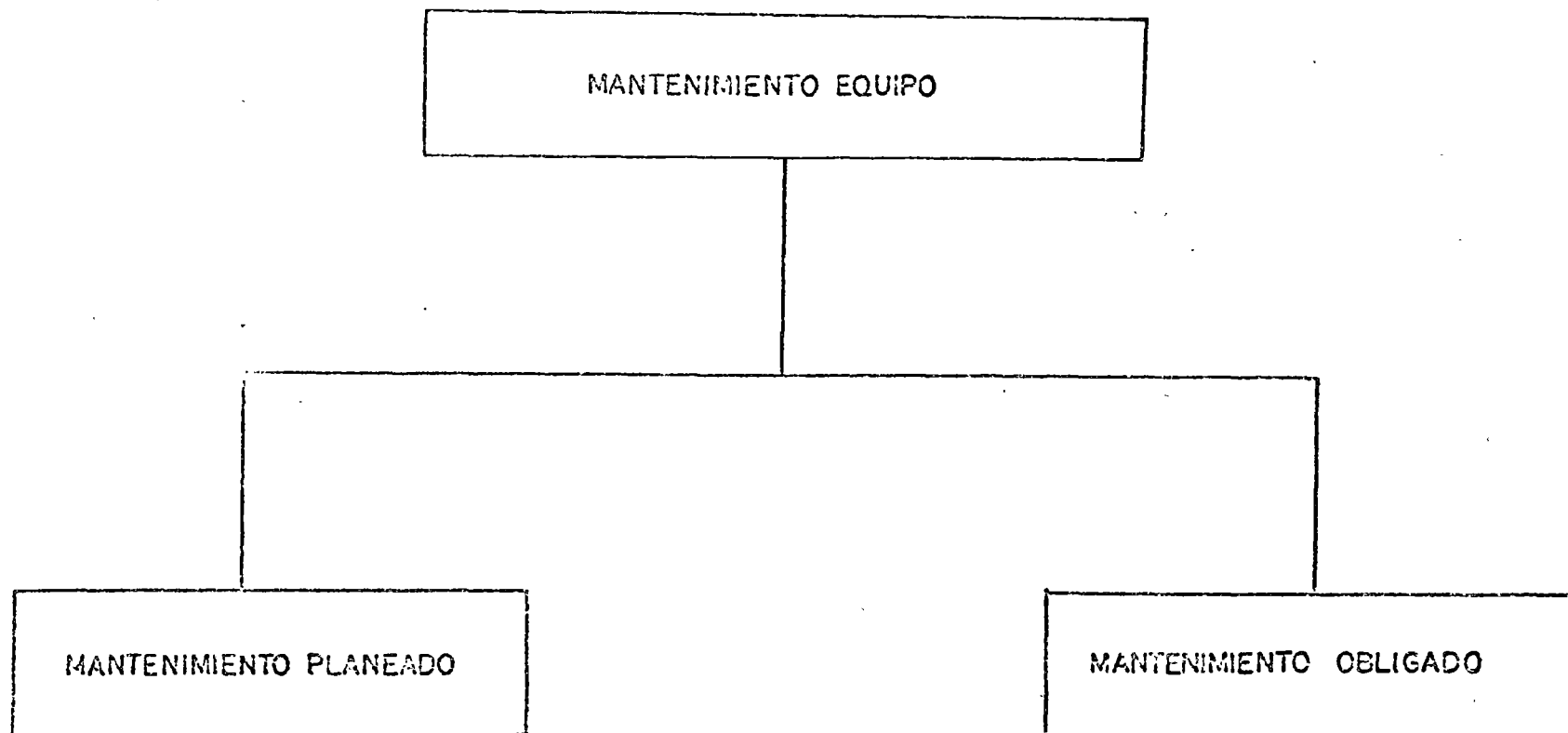
### MANTENIMIENTO DE RUTINA.

ES EL MANTENIMIENTO QUE DEBE EJECUTARSE A CIERTOS PERIODOS DE TIEMPO PREESTABLECIDOS DE ANTEMANO Y QUE NO ES NECESARIO QUE SE EJECUTEN POR PERSONAL ALTAMENTE CALIFICADO (EJEMPLO: ENGRASE DE LOS EQUIPOS ).

### MANTENIMIENTO OBLIGADO.

- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO DESPUES DE LA FALLA.
- ES EL MANTENIMIENTO FUERA DE PROGRAMA.
- SU EJECUCION INMEDIATA ES IMPERATIVA.
- LOS TIEMPOS DE PARO DEL EQUIPO SON PROLONGADOS.
- SU COSTO DE EJECUCION ES SUMAMENTE ELEVADO.

# ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO





**MANTENIMIENTO PLANEADO**

**MANTENIMIENTO  
PREDICTIVO**

ANALISIS DE LABORATORIO  
EQUIPOS DE DIAGNOSTICO  
ANALISIS ESTADISTICO DE  
VIDA UTIL

**MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO**

INSPECCION DE EQUIPO  
SERVICIOS DE CONSERVACION  
DETECCION Y CORRECCION DE  
FALLAS  
SUPERVISION DE OPERACION  
REPARACIONES MAYORES PRO-  
GRAMADAS  
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS

**MANTENIMIENTO  
RUTINA**

LUBRICACION DE LOS EQUIPOS  
LIMPIEZA DEL EQUIPO  
ASASTECIMIENTO DE COMBUS-  
TIBLE

## II.- PLANEACION

### A) OBJETIVOS.

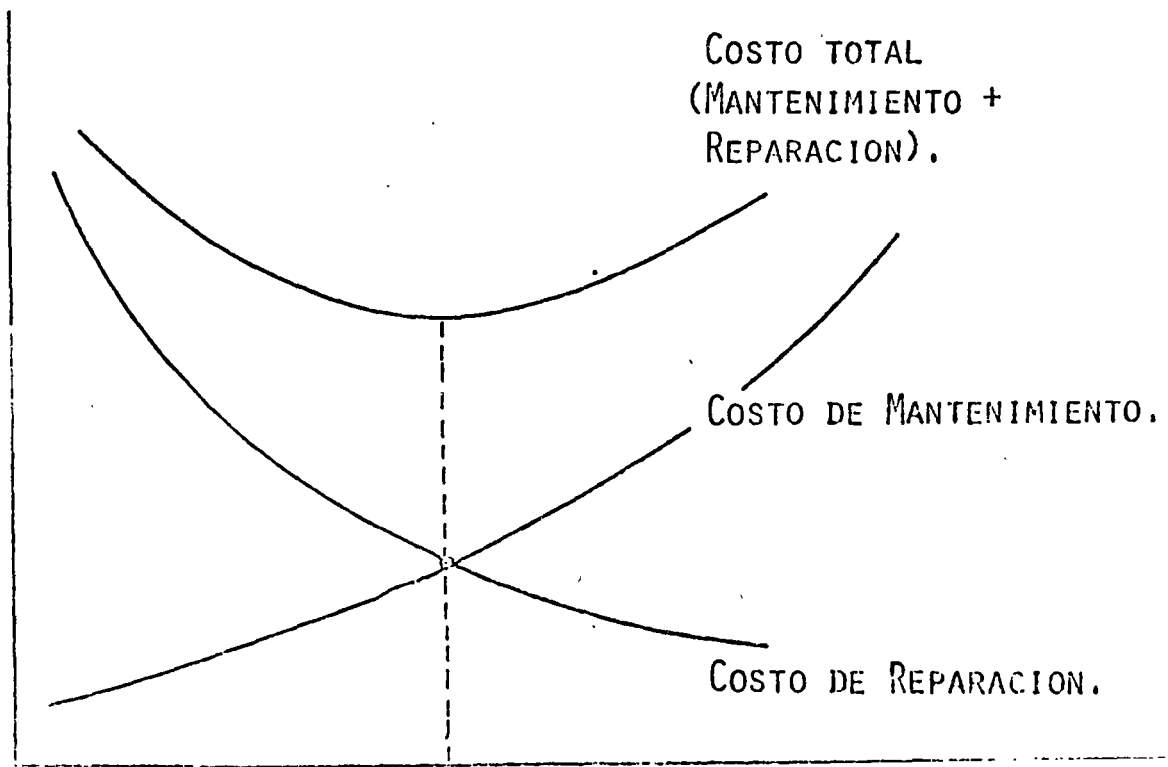
OBJETIVO BASICO: MAXIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD (EN SU SENTIDO MAS AMPLIO) DEL EQUIPO EN OBRA.

EN TERMINOS SIMPLIFICADOS.

$$\text{PRODUCTIVIDAD} = \frac{\text{PRODUCCION}}{\text{COSTO}}$$

UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO- TRATARA DE MAXIMIZAR PRODUCCION Y MINIMIZAR COSTO.

- MAXIMIZARA PRODUCCION;  
ALCANZANDO EN FORMA OPTIMA LOS FACTORES MENCIONADOS EN I-B.
- MINIMIZARA COSTO :  
PROPORCIONANDO EL MANTENIMIENTO AL NIVEL OPTIMO.



## B) ANALISIS DE LA INFORMACION.

POR LAS CARACTERISTICAS ESPECIALES QUE SE PRESENTAN DE LA CONSTRUCCION, ES NECESARIO HACER UNA PLANEACION DE MANTENIMIENTO ESPECIFICO PARA CADA OBRA.

POR LO QUE SE NECESITA CONSIDERAR:

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

LOCALIZACION.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

- OBRAS DONDE SE TIENE AREAS DE GRAN CONCENTRACION DE EQUIPO (PRESAS).
- OBRAS DONDE SE TIENE EL EQUIPO DISTRIBUIDO A LO LARGO DE GRANDES DISTANCIAS (CARRETERAS)
- OBRAS DONDE EL EQUIPO SE ENCUENTRA DISTRIBUIDO EN AREAS -- EXTENSAS Y A GRANDES DISTANCIAS (ZONAS DE RIEGO).

LOCALIZACION DE LA OBRA.

- VIAS DE ACCESO O COMUNICACION.
- DISTANCIA A CENTROS DE ABASTECIMIENTO.
- CONDICIONES CLIMATOLOGICAS DE LA ZONA.
- CLASE DE TRABAJO A DESARROLLAR Y MATERIAL PREDOMINANTE.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION

- CALENDARIO Y SECUENCIA DEL TRABAJO.
- NUMERO DE TURNOS DE TRABAJO DE PRODUCCION Y HORARIO DE LOS MISMOS.
- NUMERO DE FRENTES DE PRODUCCION ATACANDOSE SIMULTANEAMENTE.
- DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN LOS DIVERSOS FRENTES DE TRABAJO.
- DISTANCIA APROXIMADA ENTRE LOS DIVERSOS FRENTES DE PRODUCCION.
- COSTOS Y RENDIMIENTOS CON LOS QUE FUE PLANEADA LA OBRA.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

- RITMO DE TRABAJO A QUE TIENE QUE SOMETER LAS MAQUINAS PARA CUMPLIR CON EL PROGRAMA.
- CANTIDAD, CLASE Y ANTIGUEDAD DEL EQUIPO QUE SE TENDRA EN OBRA.
- FECHA DE RECEPCION Y DESOCUPACION.
- CANTIDAD Y CLASE DE EQUIPO QUE REQUIERE DE INSTALACION.

PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

- HUMANOS.
- EQUIPO AUXILIAR.
- HERRAMIENTA.
- INSTALACIONES.
- RECURSOS HUMANOS.

- SELECCION.
- CAPACITACION.
- DISTRIBUCION.

- SUPERVISION.
- PERSONAL DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO , PREVENTIVO Y DE RUTINA.
- PERSONAL DE ADMINISTRACION Y CONTROL.
- OPERADORES DEL EQUIPO.

SE DEBE CONSIDERAR:

- CANTIDAD DE PERSONAL Y VARIACION DEL MISMO DE ACUERDO CON EL PROGRAMA DE LA OBRA.
- CAPACIDAD, PREPARACION Y EXPERIENCIA DEL TRABAJADOR.
- DIFERENTES ESPECIALIDADES.
- SALARIOS POR ESPECIALIDAD.
- ESTABLECIMIENTO DE TURNOS Y HORARIOS DE TRABAJO.

#### DISTRIBUCION DE PERSONAL.

SE DISTRIBUYE DE ACUERDO CON:

- DISTANCIA ENTRE LOS DIFERENTES FRENTES DE TRABAJO, NUMERO Y TIPO DE EQUIPO POR FRENTE.
- IMPORTANCIA DEL FRENTE DENTRO DE LA OBRA.

#### CAPACITACION.

PROMOVER CONTINUOS CURSOS DE ACTUALIZACION.

CAPACITAR PERSONAL SIN EXPERIENCIA.

CALIFICAR AL PERSONAL PERIODICAMENTE.

#### EQUIPO AUXILIAR

A.- EQUIPO ESPECIALIZADO.

DE LABORATORIO

ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

DE CAMPO.

- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.

EQUIPO DE MANTENIMIENTO

FIJO.

INSTALACIONES DE TALLER.

- |                                 |   |   |
|---------------------------------|---|---|
| AIRE COMPRIMIDO                 | - | COMPRESOR, LINEAS   |
| LIMPIEZA.                       | - | LAVADORAS DE VAPOR Y BOMBAS DE ALTA PRESION.  |
| LUBRICACION.                    | - | EQUIPO DE LUBRICACION.<br>BOMBAS, CARRETES TAMBORES.  |
| SOLDADURA.                      | - | SOLDADORAS.<br>EQUIPO DE CORTE.<br>EQUIPO DE TRAZO.   |
| FUNDICION Y FORJA<br>(HERRERIA) | - | FRAGUA, AFILADORAS.   |
| ELECTRICIDAD                    | - | PROBADOR DE ARMADURAS.<br>CARGADOR DE BATERIAS.   |
| MAQUINAS HERRA-<br>MIENTAS.     | - | TORNO, TALADRO.<br>FRESADORA, ROSCADORA.  |
| MOVIL                           | - | EQUIPO DE LIEMPIEZA.<br>EQUIPO DE LUBRICACION Y ENGRASE.<br>TALLER MOVIL.<br>SOLDADORAS.<br>EQUIPO DE TRANSPORTE (VEHICULOS). |

HERRAMIENTA.

FIJA:

HERRAMIENTA PARA TALLER.

ESMERIL - TORNILLO DE BANCO, PRENSA HIDRAULICA,  
PULIDORA.

CAJA DE HERRAMIENTA PARA TALLER.

HERRAMIENTA PNEUMATICA Y ELECTRICA.

HERRAMIENTAS DE MEDICION.

MOVIL.:

HERRAMIENTA PARA CAMPO.

HERRAMIENTA PARA MANIOBRAS.

HERRAMIENTA PARA LLANTAS.

HERRAMIENTA DE MEDICION.

HERRAMIENTAS PARA CALIBRACIONES.

INSTALACIONES.

LAS INSTALACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCION SON:

A) INSTALACIONES DE SERVICIO.

- TALLER MECANICO.
- ALMACEN.
- ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

B) INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA.

- ELECTRICAS.
- AIRE COMPRIMIDO.
- VENTILACION.

C) INSTALACIONES DE PRODUCCION.

- CONCRETO ASFALTICO.
- CONCRETO HIDRAULICO.
- PRODUCCION DE AGREGADOS.
- INSTALACIONES DE SERVICIO.  
=====
- TALLER MECANICO Y ALMACEN.

A) AREA DE INSTALACION.

- DE FACIL ACCESO.
- EQUIDISTANTE A LOS DIVERSOS FRENTE DE TRABAJO.
- ORIENTACION ADECUADA.
- FUERA DE ZONAS DE TRABAJO PARA EVITAR CONTAMINACION.

B) DIMENSIONES.

- ADECUADA A LA DEMANDA DE TRABAJO SEGUN PROGRAMA.
- INSTALACION SENCILLA Y DE SER POSIBLE MODULAR.
- AREA NECESARIA PARA MANIOBRAS Y ALMACENAJE.
- DIVISION POR DEPARTAMENTOS.

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.  
=====

SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

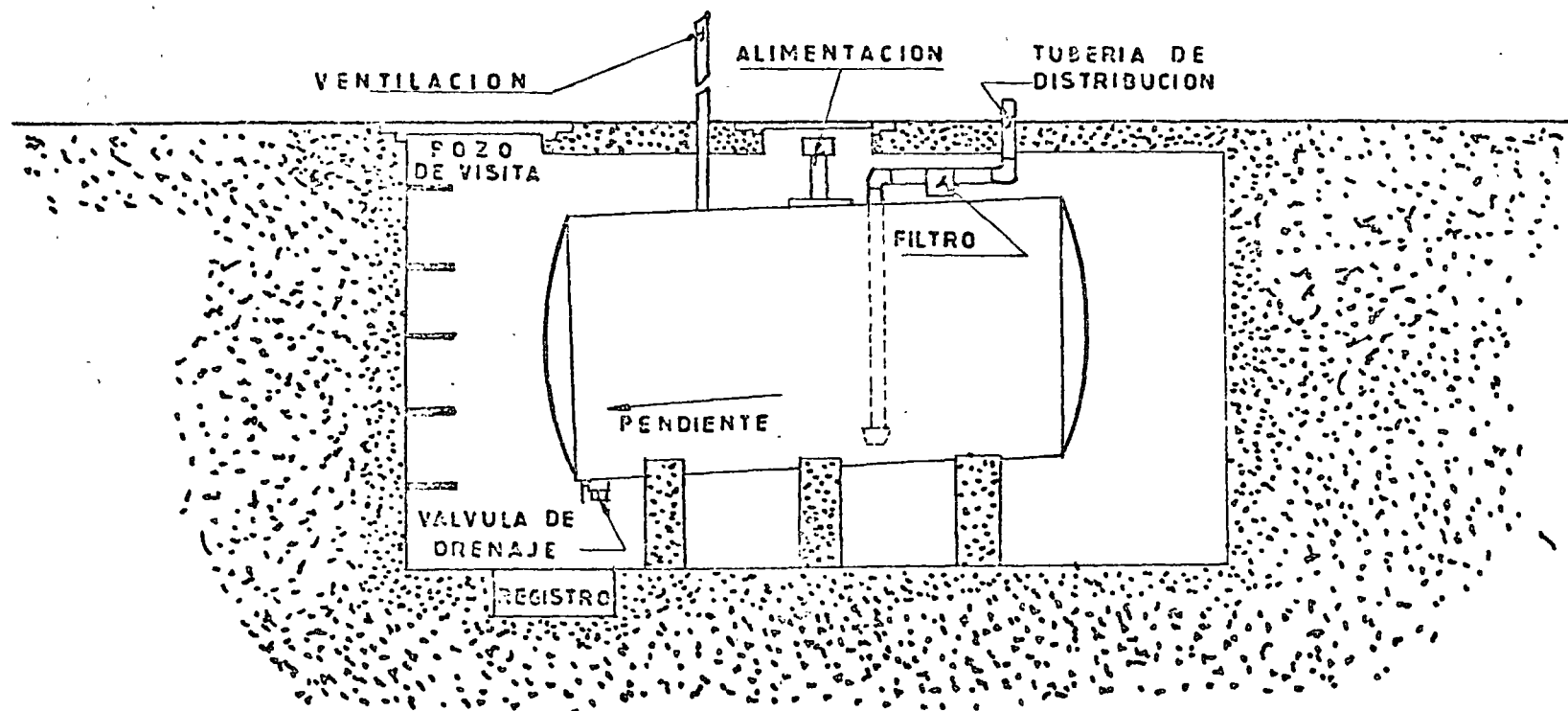
SE REQUIERE:

- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

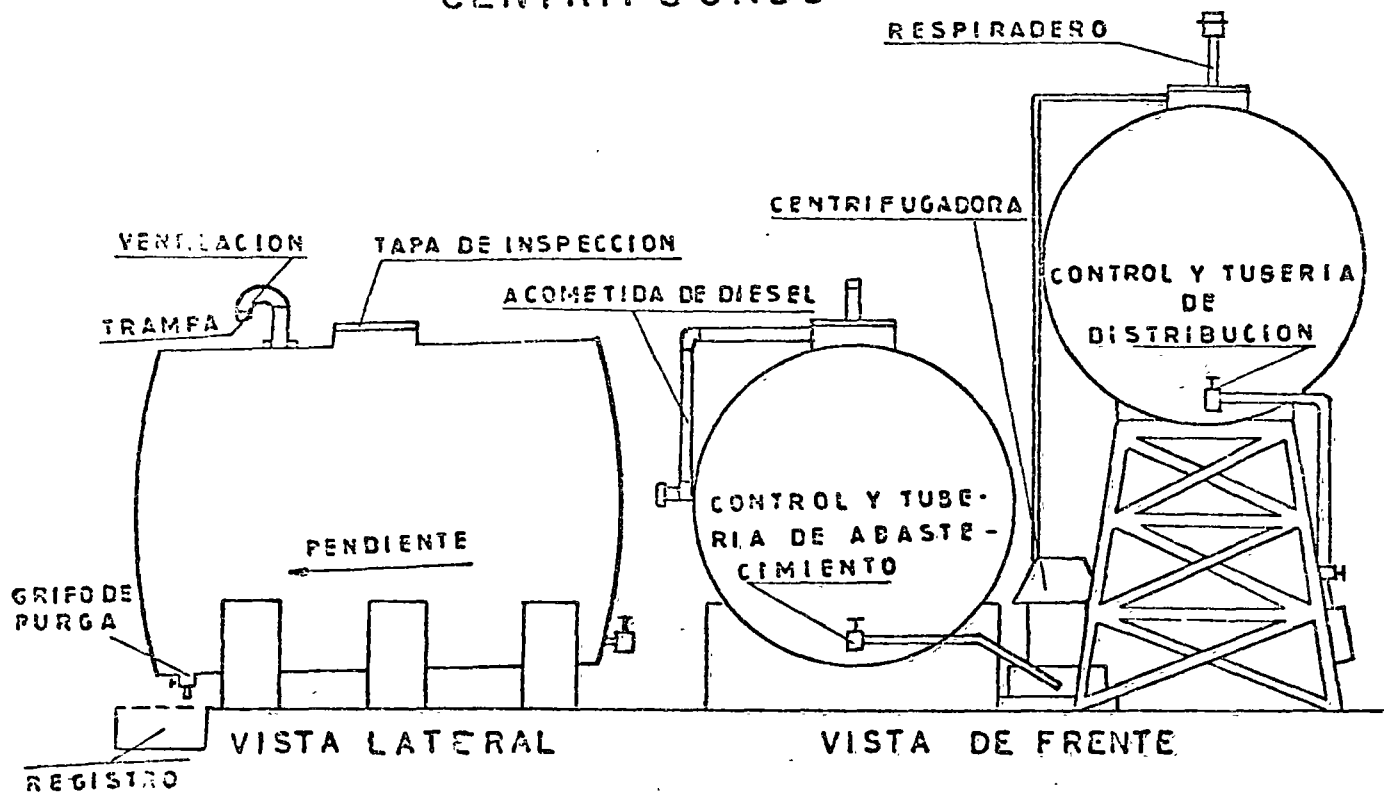
LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACION PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIODICA.



# INSTALACION SUBTERRANEA



# INSTALACION DE COMBUSTIBLE DIESEL CENTRIFUGADO



# ORGANIZACION

=====

## A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

- ORGANIGRAMA.
- DISTRIBUCION DE AREAS DE RESPONSABILIDAD.
- DESCRIPCION DE FUNCIONES.

## B) SISTEMA DE ADMINISTRACION.

- ARCHIVO GENERAL.
- MANEJO DE REGISTROS.
- EXISTENCIAS DE ALMACEN.
- ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS DE COSTOS.
- MANEJO DE CUENTAS.

## C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO:

- ELABORACION DE HOJAS DE SERVICIOS DE CONSERVACION PERIODICOS.
- HOJAS DE RENTA DE LUBRICACION.
- CARTAS DE LUBRICACION.
- REPORTES DE OPERACION.

## D) SISTEMAS DE INFORMACION.

- DIAGRAMAS DE FLUJO.
- REPORTES DEL PERSONAL DE CAMPO.
- REPORTES DE INSPECCION DEL EQUIPO.
- INFORMES DE LABORATORIO Y DIAGNOSTICO.

## E) SISTEMAS DE CONTROL.

- HISTORIA DE LA MAQUINA.
- TARJETAS DE COSTOS.
- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO.

- INVENTARIO DE ALMACEN.
- ORDENES DE TRABAJO.

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

AQUI CONSIDERAMOS LOS RECURSOS EXTERNOS QUE SE ENCUENTRAN A DISPOSICION DE USUARIOS DE EQUIPO O CONSUMIDORES DE CIERTOS ARTICULOS PROPORCIONADOS GENERALMENTE POR PROVEEDORES.

- CATALOGOS DE PARTES.
- CATALOGOS DE OPERACION.
- CATALOGOS DE MANTENIMIENTO.
- INSTRUCCION DE OPERADORES.
- INSTRUCCION DE MECANICOS.
- INFORMACION TECNICA.

# ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION PARA PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

| <u>PARAMETROS:</u>   | <u>P O R Q U E       E S       N E C E S A R I O</u>  |
|--|---|
| <hr/> .- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO                         | <hr/> SE TIENE CONTROL DEL EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN OBRA.<br>PARA FORMAR GRUPOS DE EQUIPOS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS.<br>PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS ENTRE -<br>LOS MISMOS TIPOS DE EQUIPO.<br>PARA FACILITAR EL CONTROL DE REQUISICIONES.<br>PARA AGRUPAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE EQUIPO. <hr/> |
| <hr/> .- SISTEMA DE COSTOS.                                  | <hr/> PARA IDENTIFICAR LOS COSTOS POR CADA MAQUINA.<br>PARA LLEVAR UN COMPORTAMIENTO ECONOMICO DE LAS MAQUINAS.<br>PARA TOMAR DECISIONES DE REEMPLAZO.<br>PARA IDENTIFICAR SI EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO ESTA DE ACUERDO CON<br>SUS COSTOS. <hr/>  |
| <hr/> .- TIPO DE TRABAJO EN QUE SE ESTA<br>USANDO EL EQUIPO. | <hr/> PARA EVALUAR SI EL TRABAJO DESARROLLADO ESTA DE ACUERDO CON LAS ES<br>PECIFICACIONES DEL EQUIPO.<br>PARA DETERMINAR POLITICAS ESPECIALES DE MANTENIMIENTO.<br>PARA SELECCIONAR LA OPERACION ADECUADA.<br>PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRABAJO EN LA VIDA UTIL DE LA MAQUINA,<br>DE ALGUNO DE SUS CONJUNTOS. <hr/>                       |
| <hr/> .- HORAS TRABAJADAS EN LAS MAQUINAS.                   | <hr/> SIRVE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO.<br>PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA.<br>PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO.<br>PARA EVALUAR SI EL CRITERIO DE DEPRECIACION ES CORRECTO. <hr/>  |

- 5.- CONTROLES DE RECEPCION DE ENVIO. PARA IDENTIFICAR LOS MEDIOS EN QUE SE ENVIA O SE RECIBE.  
PARA IDENTIFICAR SI SE RECIBE EN LAS CONDICIONES EN QUE SE -  
ENVIO.  
PARA EVALUAR LOS TIEMPOS DE TRANSPORTE.
- 
- 6.- CONTROLES DE CALIDAD. PARA DETERMINACION SI SE RECIBE EN CONDICIONES DE TRABAJO.  
PARA PROGRAMAR LOS DETALLES DE MANTENIMIENTO O REPARACION QUE SE  
ENCUENTREN.  
PARA DETERMINAR EL TIEMPO EN QUE PODEMOS TRABAJAR EL EQUIPO.  
PARA PROGRAMAR SUS REPARACIONES MAYORES.
- 
- 7.- PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES. PARA DETERMINAR EL TIEMPO QUE EL EQUIPO VA HA ESTAR PARADO.  
PARA PROGRAMAR LOS RECURSOS.  
PARA DETERMINAR POLITICAS DE SUSTITUCION EN OBRA.  
PARA DETERMINAR SI LA REPARACION CORRESPONDE A DESGASTE NORMAL, O  
POR FALLAS DE MANTENIMIENTO, OPERACION.
- 
- 8.- PLANTILLAS DE PERSONAL. VARIACIONES SEGUN PROGRAMA DE OBRA.  
DISTRIBUCION ADECUADA EN LOS FRENTES DE TRABAJO.  
CAPACIDAD, CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA Y HABILIDAD.  
CURSOS DE CAPACITACION.
- 
- 9.- PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO. ESTABLECIMIENTO DE MANTENIMIENTO DE RUTINA.  
PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMANAL O MENSUAL.  
INSPECCIONES FISICAS DEL EQUIPO.  
PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.
-

- 10.- EXISTENCIA DE ALMACEN. EN CANTIDAD ADECUADA QUE PERMITEN UN TRABAJO CONTINUO Y SUFICIENTE BAJAS PARA NO TENER UNA GRAN INVERSION SIN MOVIMIENTO. PIEZAS DE MOVIMIENTO CONTINUO QUE PERMITAN TENER UNA REVOLUCION ADECUADA DE ALMACEN.
- 
- 11.- HISTORIA DE LA MAQUINA. PARA TENER UN COMPORTAMIENTO MECANICO Y ECONOMICO DE LA VIDA UTIL DEL EQUIPO. PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS.
- 
- 12.- ORDENES DE TRABAJO. PARA CONTROLAR TIEMPOS, COSTOS Y ACTIVIDADES EN LAS REPARACIONES O EN EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO.
- 
- 13.- REQUISICIONES. PARA CONTROLAR PIEZAS QUE SE REPONEN AL EQUIPO. PARA CONTROLAR TIEMPOS DE ABASTECIMIENTO. PARA CONTROLAR COSTOS DE MANTENIMIENTO.
- 
- 14.- RAZON DE FALLAS. PARA DETERMINAR QUE SINTOMAS PROVOCAN LAS FALLAS. PARA DETERMINAR QUE FALLA SE PRESENTA CON MAS FRECUENCIA Y ESTABLECER SU CAUSA (MOTOR, TRANSMISION, SISTEMA ELECTRICO). PARA IDENTIFICAR QUE FALLA ES ANORMAL Y CUAL SE DEBE A DESGASTE ANORMAL.
- 
- 15.- NUMERO DE FALLAS. PARA EVALUAR LA VIDA DE LA MAQUINA Y SUS CONJUNTOS. PARA INVESTIGAR LA CAUSA. PARA LLEVAR ESTADISTICAS DEL COMPORTAMIENTO Y ESTABLECER PROGRAMAS.
- 
- 16.- TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS. ES UN INDICADOR DEL PROMEDIO DE UTILIZACION DEL EQUIPO. ESTABLECER PROGRAMAS DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD.
-

## V.- TEMAS ESPECIFICOS.

### B) LIMPIEZA, LUBRICACION, CONTROL DE ACEITES.

#### - LIMPIEZA COMO FACTOR DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMAS DE LIMPIEZA, FRECUENCIA, TIPO DE LIMPIEZA, LUGAR -  
DONDE SE REALIZA.

B) EQUIPOS DE LIMPIEZA, CARACTERISTICAS, COSTO.  
COMO EQUIPO INDEPENDIENTE Y COMO EQUIPO COMPLEMENTARIO.

C) OPERACION, - SE MENOSPRECIA LA ACTIVIDAD, CONTRATACION Y ENTRE-  
NAMIENTO.

#### - LUBRICACION ELEMENTO BASICO DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMACION DE LA LUBRICACION.

- SU IMPORTANCIA.

- SU RELACION CON LA PRODUCCION.

B) EFECTOS PRODUCIDOS POR FALTA O INADECUADA LUBRICACION.

C) EQUIPOS DE LUBRICACION.

D) PERSONAL DE LUBRICACION.

#### - CONTROL DE ACEITES Y LUBRICACION .

A) ESTANDARIZACION.

B) IDENTIFICACION DEL ACEITE ADECUADO, PROPIEDADES.

C) TABLAS DE LUBRICACION.

D) EXISTENCIAS EN ALMACEN.

E) NOMENCLATURA.

F) ALMACENAJE. Y MANEJO.



g) EXISTENCIAS.

c) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.  
=====

EL EQUIPO QUE NO SE ENCUENTRA TRABAJANDO EN OBRA Y QUE SE ALMACENA (POR POLITICA DE LA EMPRESA), HASTA SER REQUERIDA NECESITA MANTENIMIENTO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES.

A) PROTECCION (CONTRA-INTEMPERIE),

B) LIMPIEZA Y LUBRICACION (ACEITES PRESERVADORES),

C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

## V.- TEMAS ESPECIFICOS

### C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

EL EQUIPO QUE NO SE ENCUENTRA TRABAJANDO EN OBRA Y QUE SE ALMACENA ( POR POLITICA DE LA EMPRESA ) HASTA SER - REQUERIDA, NECESITA MANTENIMIENTO QUE PRESENTA CARACTERISTICAS PARTICULARES.

- A) PROTECCION ( CONTRA INTEMPERIE ).
- B) LIMPIEZA Y LUBRICACION ( ACEITES PRESERVADORES ).
- C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

----- 0 -----

## V.- TEMAS ESPECIFICOS

---

---

### D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS.

#### 1º HUMANOS.

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

#### 2º LOCALIZACION.

- TRABAJO A LA INTEMPERIE.
- LEJANIA DE CENTROS IMPORTANTES DE POBLACION.

#### 3º TIPO DE TRABAJO.

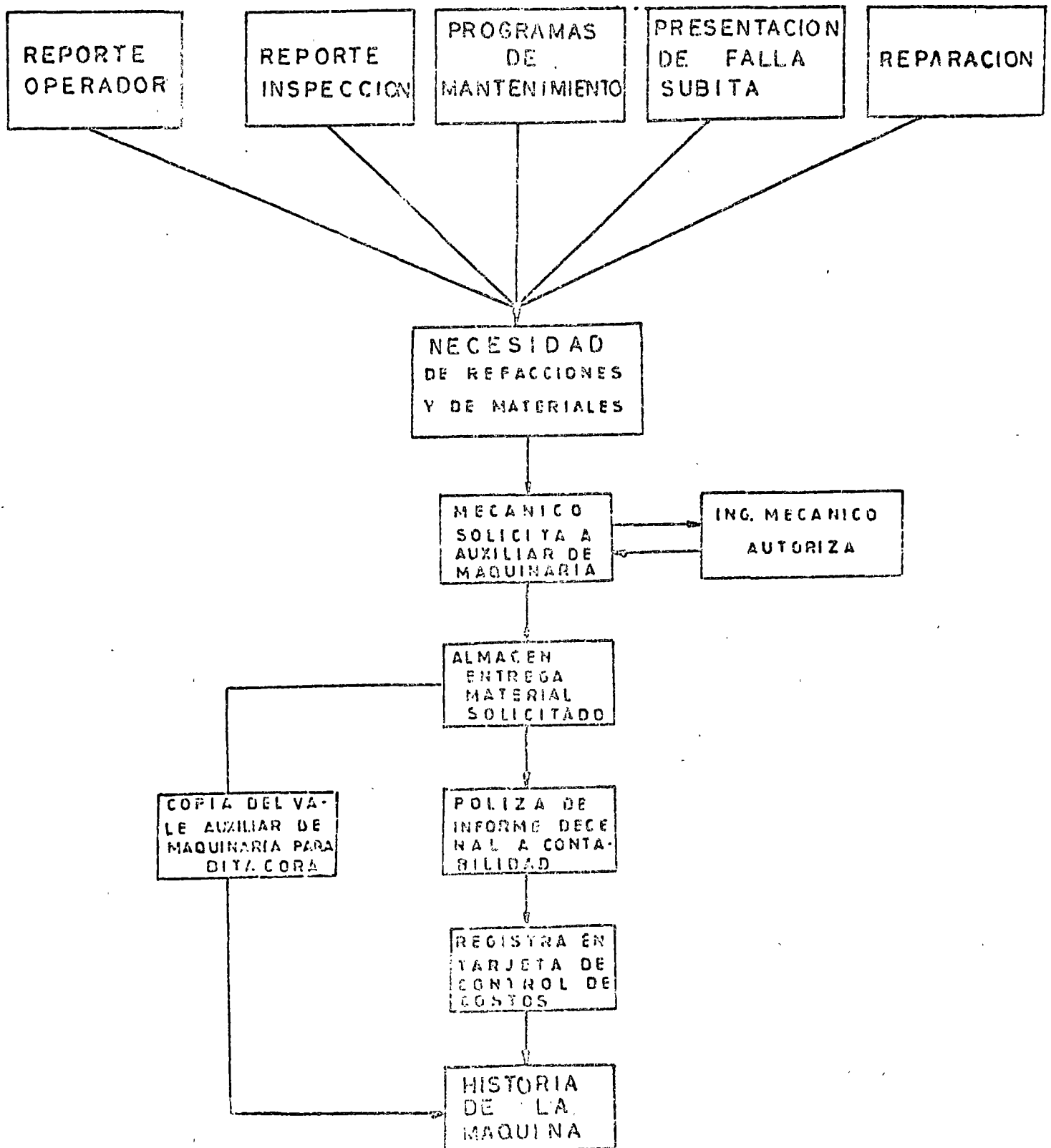
- RITMO MUY ACELERADO ( A PRESION ).
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PROCENTAJES DE UTILIZACION.

#### 4º INSTALACIONES.

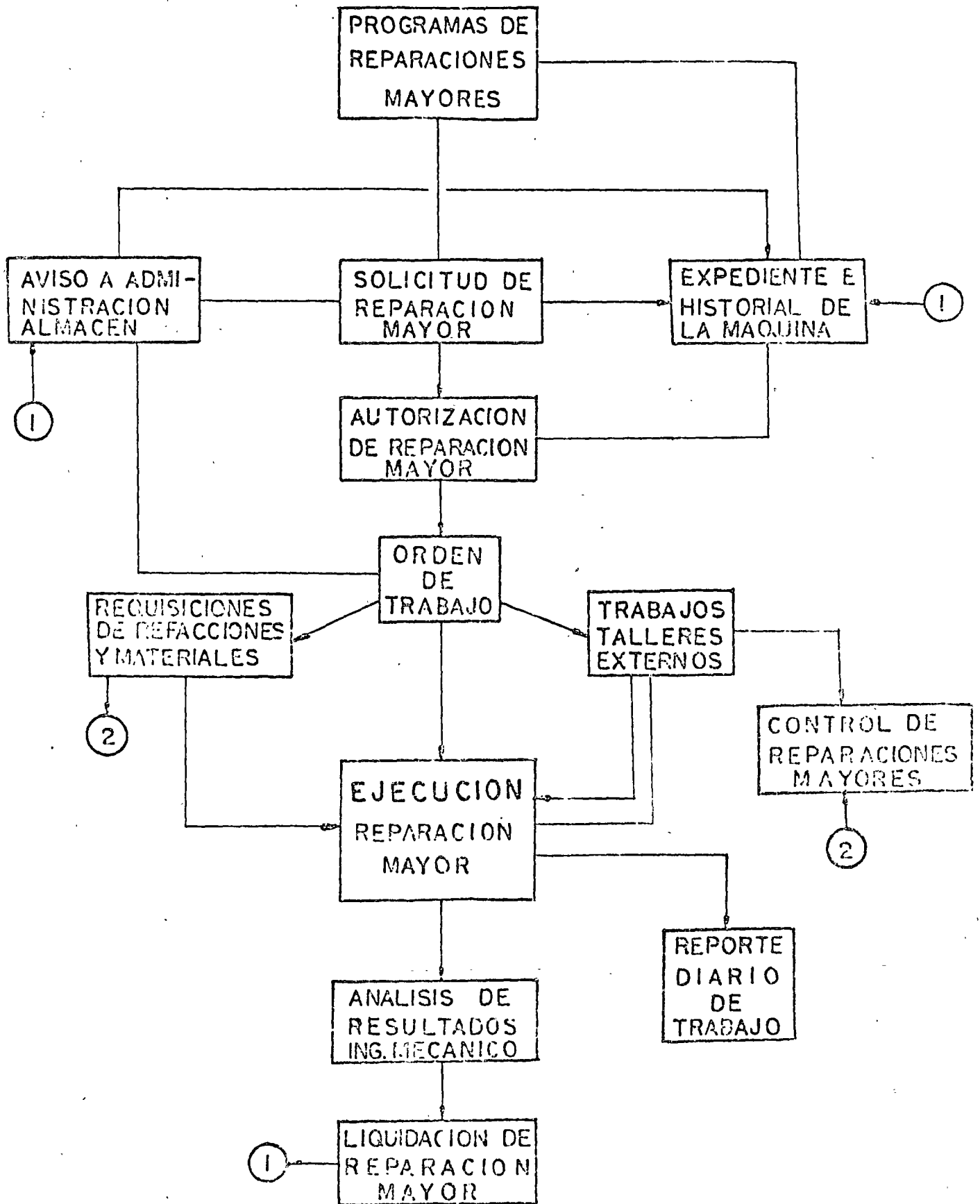
- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

# DIAGRAMA DE FLUJO

## VALES DE SALIDA DE ALMACEN

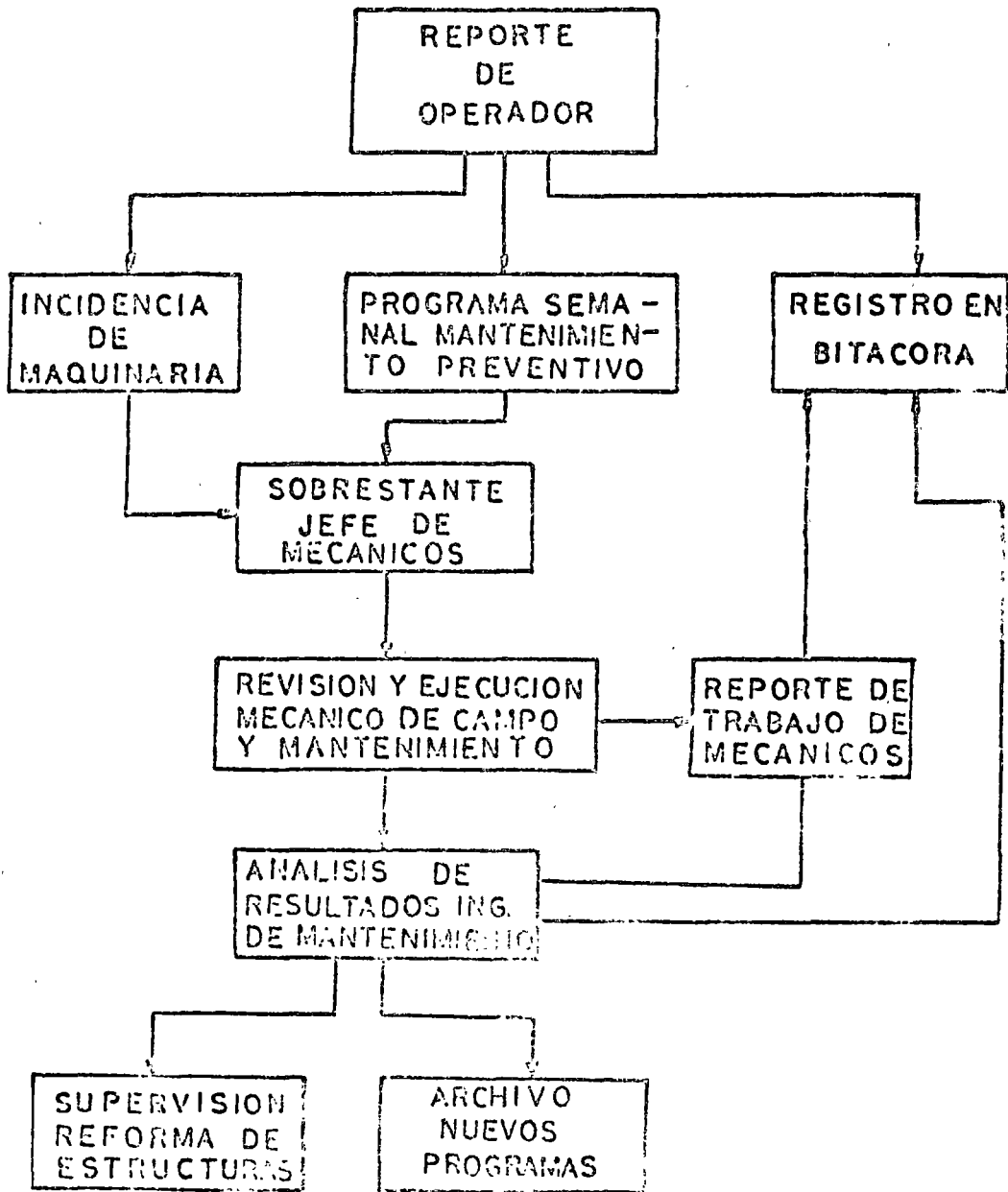


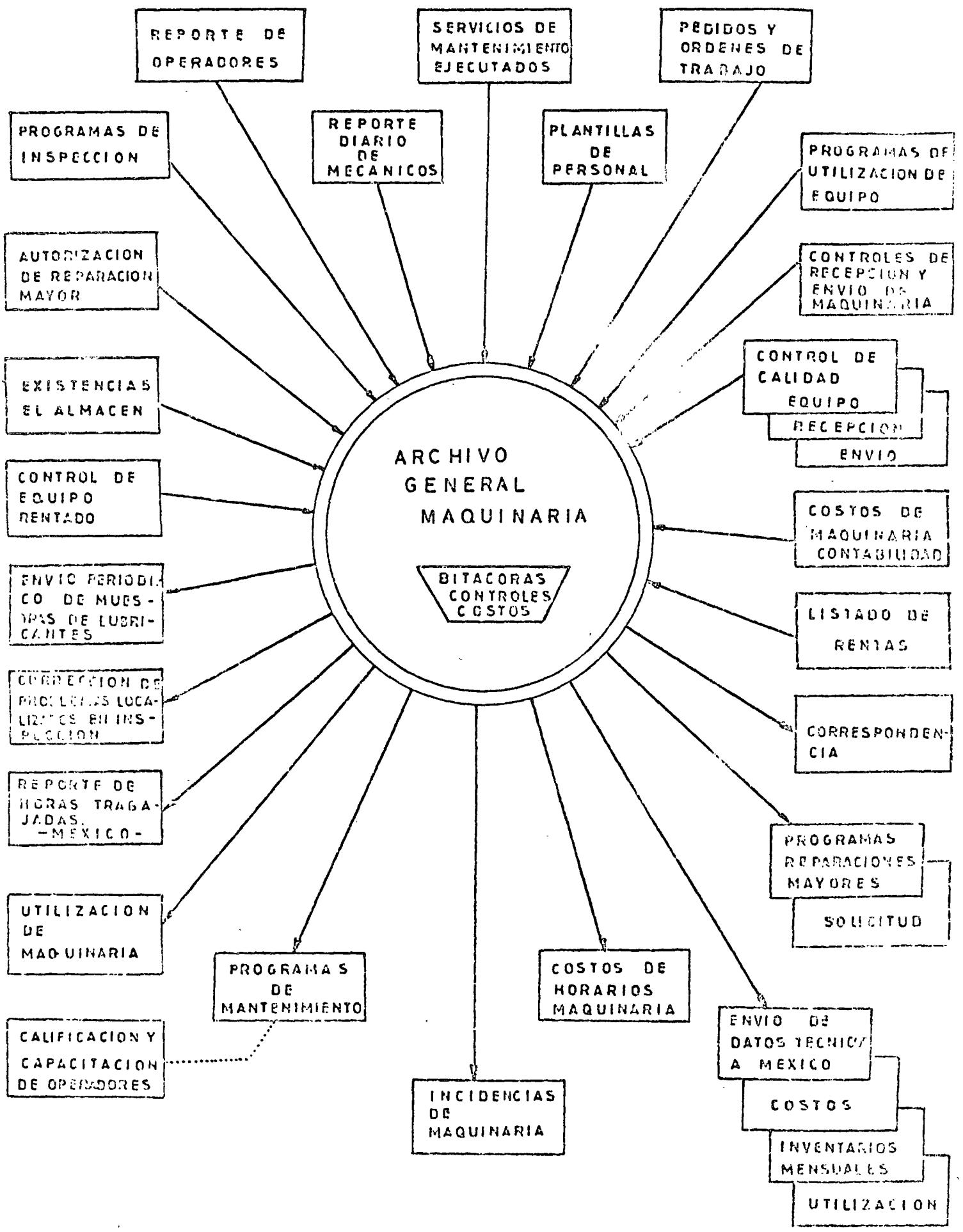
# PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES



# DIAGRAMA DE FLUJO

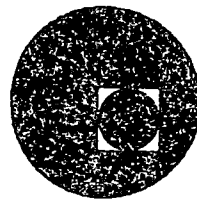
## REPORTE DE OPERADORES







centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TALLER

ING. FELIPE LOO GOMEZ

JULIO, 1978.



P A R T E I .

A PARTIR DE LOS DATOS GENERALES DE UN -  
TRACTOR D8 Y DE UNA MOTOESCREPA TS-14B,  
DETERMINE LOS COSTOS HORARIOS.

DATOS GENERALES DEL EQUIPO POR ANALIZAR

TRACTOR SOBRE ORUGAS

MARCA CATERPILLAR

MODELO D-8 CON CUCHILLA

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| a) Costo del Tractor s/cuchilla | \$ 3'934,390.30        |
| Cuchilla                        | 485,097.60             |
| Valor de Adquisición            | <u>\$ 4'419,487.90</u> |

b) Vida económica: 12000 Hr  
                            2000 Hr/año

c) Valor de rescate: 20%

d) Intereses: 14%

e) Seguros: 2%

f) Almacenaje: 1%

g) Mantenimiento  $Q = 1$

h) Motor Diesel de 300 H.P.

    Factor de Operación 0.75

i) Diesel \$ 0.65/L

j) Capacidad del carter = 33.12 L

    Cambios cada 100 horas

    Aceite = \$ 10.50 L

k) Grasas \$ 12.00/kg consumo 0.15 Kg/Hr

l) Operador

    Salario base \$ 172.65

    Factor de salario = 1.5986

    Horas por Turno = 5

MOTOESCREPA MARCA TEREX TS-14B DE 14 yd<sup>3</sup>

- a) Costo total de la máquina \$ 5'519,241.00
- b) Valor de las llantas  
4 X \$ 77,175.49 308,701.96
- c) Vida económica: 12000 Hr  
2000 Hr/año
- d) Valor de rescate 15%
- e) Intereses 14%
- f) Seguros 2%
- g) Almacenaje 1%
- h) Mantenimiento Q = D.8
- i) Vida económica llantas = 2800 Hr
- j) 2 Motos diesel de 144 HP cada uno
- k) Diesel \$ 0.65/L
- l) Capacidad del carter 14.4 L/cada motor  
Cambios cada 100 horas  
Aceite = \$ 10.50/L (motor)
- m) Mecanismos hidráulicos  
Aceite = \$ 12.00/L 0.3 Litro/Hora
- n) Grasa = 12.00/kg 0.15 Kilo/Hora
- o) Operador  
Salario base \$ 166.90  
Factor de salario 1.5986  
Horas por turno 5

Formato para el análisis del costo directo: hora-máquina.

|   |  |   |
|---|--|---|
| <b>CONSTRUCTORA:</b><br>_____<br>_____<br><b>OBRA:</b><br>_____ | Máquina: _____<br>Modelo: _____<br>Datos Adic: _____ | Hoja No. _____<br>Cálculo: _____<br>Revisó: _____<br>Fecha: _____ |
|---|--|---|

**DATOS GENERALES.**

|  |   |
|--|---|
| Precio adquisición: \$ _____<br>Equipo adicional: _____<br>Valor inicial (Vo): \$ _____<br>Valor rescate (Vr): _____ % = \$ _____<br>Tasa interés (i): _____ %<br>Prima seguros (s): _____ % | Fecha cotización: _____<br>Vida económica (Ve): _____ años<br>Horas por año (Ha): _____ hr/año<br>Motor: _____ de _____ HP.<br>Factor operación: _____<br>Potencia operación: _____ HP. op.<br>Coeficiente almacenaje (K): _____<br>Factor mantenimiento (Q): _____ |
|--|---|

**I.- CARGOS FIJOS.**

a) Depreciación:  $D = \frac{V_o - V_r}{V_e} = \text{_____} = \$$

b) Inversión:  $I = \frac{V_o + V_r}{2 H_a} = \text{_____} =$

c) Seguros:  $S = \frac{V_o + V_r}{2 H_a} s = \text{_____} =$

d) Almacenaje:  $A = K D = \text{_____} =$

e) Mantenimiento:  $M = Q D = \text{_____} =$

**SUMA CARGOS FIJOS POR HORA** \$ \_\_\_\_\_

**II.- CONSUMOS.**

a) Combustible:  $E = e P_c$   
 Diesel:  $E = 0.20 \times \text{_____} \text{ HP. op.} \times \$ \text{_____} / \text{lt.} = \$$   
 Gasolina:  $E = 0.24 \times \text{_____} \text{ HP. op.} \times \$ \text{_____} / \text{lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: \_\_\_\_\_ =

c) Lubricantes:  $L = a P_e$   
 Capacidad Carter:  $C = \text{_____} \text{ litros}$   
 Cambios aceite:  $t = \text{_____} \text{ horas}$   
 $a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times \text{_____} \text{ HP op} = \text{_____} \text{ lt./hr.}$   
 $\therefore L = \text{_____} \text{ lt./hr} \times \$ \text{_____} / \text{lt.} =$

d) Llantas:  $L_l = \frac{V_{ll} (\text{valor llantas})}{H_v (\text{vida económica})}$   
 Vida económica:  $H_v = \text{_____} \text{ horas}$   
 $\therefore L_l = \frac{\$}{\text{_____} \text{ horas}} = \text{_____}$

**SUMA CONSUMOS POR HORA** \$ \_\_\_\_\_

**III.- OPERACION.**

Salarios: S  
 operador: \$ \_\_\_\_\_

Sal/turno-prom: \$ \_\_\_\_\_

Horas/turno-prom.: (H)  
 $H = 8 \text{ horas} \times \text{_____} (\text{factor rendimiento}) = \text{_____} \text{ horas}$

$\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$}{\text{_____} \text{ horas}} = \$$

**SUMA OPERACION POR HORA** \$ \_\_\_\_\_

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD)** \$ \_\_\_\_\_

Formato para el análisis del costo directo: hora-máquina.

|   |   |  |
|---|---|--|
| <b>CONSTRUCTORA:</b><br>_____<br>_____<br><b>OBRA:</b><br>_____ | Máquina: _____<br>Modelo: _____<br>Datos Adic.: _____ | Hoja No.: _____<br>Cálculo: _____<br>Revisó: _____<br>Fecha: _____ |
|---|---|--|

**DATOS GENERALES.**

|   |   |
|---|---|
| Precio adquisición: \$ _____<br>Equipo adicional: _____<br>_____<br>Valor inicial (Vo): \$ _____<br>Valor rescate (Vr): _____ % = \$ _____<br>Tasa interés (i): _____ %<br>Prima seguros (s): _____ % | Fecha cotización: _____<br>Vida económica (Vs): _____ años<br>Horas por año (Ha): _____ hr/año<br>Motor: _____ de _____ H.P.<br>Factor operación: _____<br>Potencia operación: _____ H.P.op<br>Coeficiente almacenaje (K): _____<br>Factor mantenimiento (Q): _____ |
|---|---|

**I.- CARGOS FIJOS.**

|                                   |                                     |            |                 |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|-----------------|
| a) Depreciación:                  | $D = \frac{V_o - V_r}{V_e} =$ _____ | = \$ _____ |                 |
| b) Inversión:                     | $I = \frac{V_o + V_r}{2 H_a}$       | = _____    | = _____         |
| c) Seguros:                       | $S = \frac{V_o + V_r}{2 H_a}$       | = _____    | = _____         |
| d) Almacenaje:                    | A = KD                              | = _____    | = _____         |
| e) Mantenimiento:                 | M = QD                              | = _____    | = _____         |
| <b>SUMA CARGOS FIJOS POR HORA</b> |                                     |            | <b>\$ _____</b> |

**II.- CONSUMOS.**

|   |   |         |                 |
|---|---|---------|-----------------|
| a) Combustible: E = a Pc  | Diesel: E = 0.20 x _____ HP. op. x \$ _____ /lt. = \$ _____<br>Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op x \$ _____ /lt. = _____  |         |                 |
| b) Otras fuentes de energía:  | _____   | = _____ |                 |
| c) Lubricantes: L = a Pc  | Capacidad carter: C = _____ litros<br>Cambios aceite: t = _____ horas<br>$a = \frac{C}{t} + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ _____ HP op. = _____ lt/hr.<br>∴ L = _____ lt/hr x \$ _____ /lt. = _____ | = _____ |                 |
| d) Llantas: LI = $\frac{Vl}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica) | Vida económica: Hv = _____ horas<br>∴ LI = \$ _____ / horas   | = _____ |                 |
| <b>SUMA CONSUMOS POR HORA</b>                                       |   |         | <b>\$ _____</b> |

**III.- OPERACION.**

|                                 |   |            |                 |
|---------------------------------|---|------------|-----------------|
| Salarios: S                     | operador: \$ _____<br>_____ : _____<br>_____ : _____<br>Sal/turno-prom: \$ _____<br>Horas/turno-prom: (H)<br>H = 8 horas x _____ (factor rendimiento) = _____ horas |            |                 |
| ∴ Operación = O = $\frac{S}{H}$ | = \$ _____ / horas  | = \$ _____ |                 |
| <b>SUMA OPERACION POR HORA</b>  |   |            | <b>\$ _____</b> |

**COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA (HMD) \$ \_\_\_\_\_**

P A R T E II .-

A partir de los datos del proyecto geometrico (perfil - y curva masa), analice los rendimientos de un sistema: TRACTOR EMPUJADOR MOTOESCREPAS, con el propósito de determinar los costos unitarios directos de excavación y acarreos.

- Se usaran: Tractor D8  
Motoescrepas TS-14B
- Transitaran sobre un camino sin revestir debiendo considerar los siguientes factores:

Resistencia por pendiente =  $10 \text{ Kg} \times \text{Ton.} \times 1\%$

Resistencia al rodamiento {  $15 \text{ Kg} \times \text{Ton.} \times 2.5 \text{ cm.}$  penetración.  
 $20 \text{ Kg} \times \text{Ton.}$  (deformaciones internas).

Coefficiente de Tracción = 0.45

Peso de la máquina en las ruedas motrices = 55%

FACTOR DE VELOCIDAD = 0.65

EFICIENCIA = 45 Min/Hora.

ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR = 800 M.

TIEMPOS FIJOS = 1.5 Min.

- El material a emplear en el camino es un limo arcilloso cuyas características son:

PESO VOLUMETRICO EN BANCO = 1640 Kg/m<sup>3</sup>.

PESO VOLUMETRICO SUELTO = 1260 Kg/m<sup>3</sup>.

PESO VOLUMETRICO MAXIMO = 1890 Kg/m<sup>3</sup>.

HUMEDAD OPTIMA = 18%

HUMEDAD NATURAL = 10%

- Los terraplenes se compactaran al 90% de su peso volumetrico máximo.

- En general los terraplenes se construirán con el producto de las excavaciones, de acuerdo con el diagrama de masas, excepto los indicados con (A) y (B), para cuyos casos se tiene lo siguiente:

PRESTAMO (A).- Ubicado en una franja de 20 m paralela al eje del camino, a una distancia de 40 a 60 m., medida transversalmente desde el eje del camino.

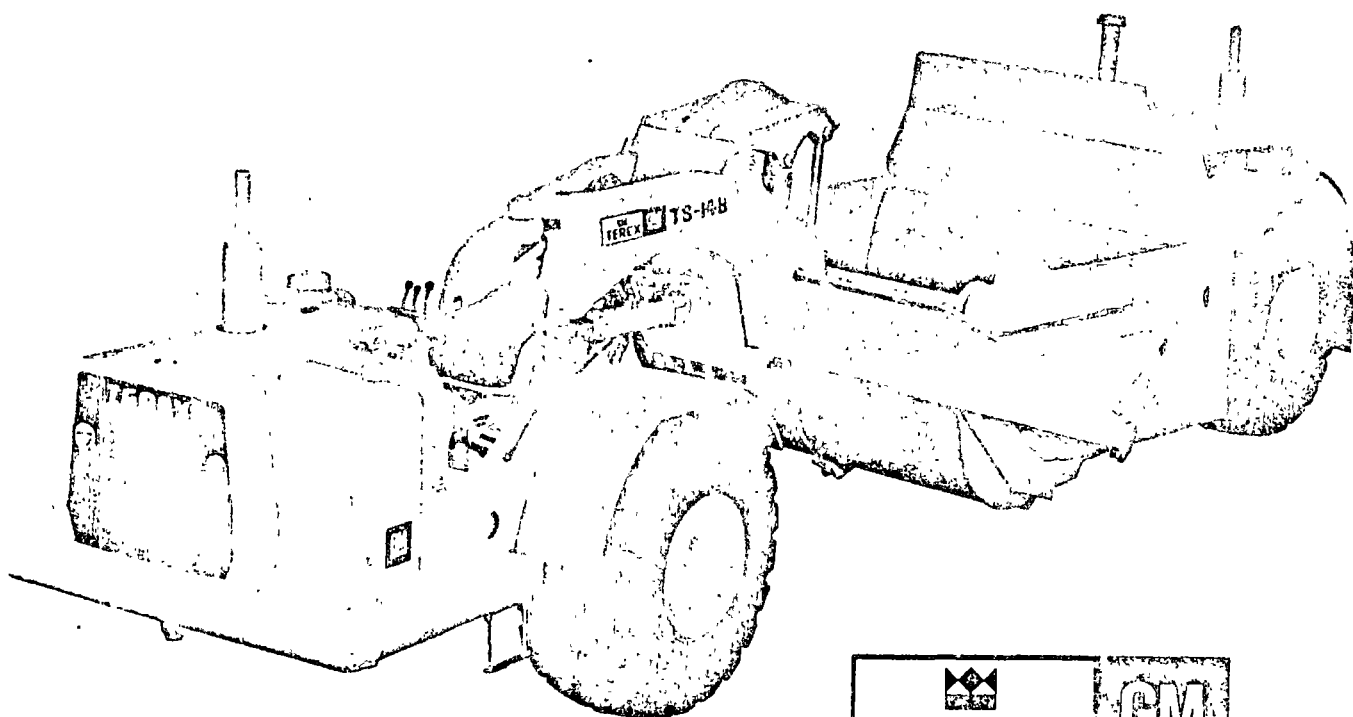
PRESTAMO (B).- Ubicado en una área de 200 x 200 m., a 520 m de centro de extracción. a centro del tiro.

P R E G U N T A S :

- 1.- TIEMPO DEL CICLO OPTIMO
- 2.- TIEMPO DEL CICLO MAS DESFAVORABLE
- 3.- SELECCION DEL RENDIMIENTO PARA ESTABLECER EL  
COSTO POR ACARREO ( $M^3-Hm$ )
- 4.- EQUIPO REQUERIDO PARA REALIZAR ESTE TRABAJO  
(EXCAVACION Y ACARREO), EN 90 DIAS HABILES -  
CON TURNOS DE 8 HORAS.



# TEREX TS-14B SCRAPER



288 Flywheel Horsepower

All-Wheel Drive

47,000 Pound Payload

# TEREX TS-14 B SCRAPER

## MODEL 17UOT-97SH

**SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE**

### CAPACITY

Struck Measure (S.A.E. Rating) .....14 cu. yds. (10.7 m<sup>3</sup>)  
 Heaped 3:1 slope .....16 cu. yds. (12.2 m<sup>3</sup>)  
 Heaped 1:1 (S.A.E. Rating) .....20 cu. yds. (15.3 m<sup>3</sup>)  
 Bowl has 42" (1067 mm) backboard to prevent spillage.

### TRACTOR (17UOT)

#### ENGINE

##### General Motors 4-71N, 2 Cycle Diesel

Note: Two separate throttle controls for front and rear engines may be used separately or together.

Gross Tractor HP @ 2100 RPM .....160  
 Flywheel HP @ 2100 RPM .....144

NOTE: Above ratings at sea level and 60°F. (15.5°C.). Gross horsepower rating includes standard engine equipment such as water pump, fuel pump and lubricating oil pump. Flywheel horsepower is the net horsepower after deduction from gross horsepower for fan, alternator and air compressor requirements.

Number of cylinders .....4  
 Bore and stroke ..... 4 1/4" x 5" (108 mm x 127 mm)  
 Piston Displacement .....284 cu. in. (4.7 liters)  
 Maximum torque @ 1550 RPM .....407 ft-lb (56.3 kg m)  
 Oil-MIL-L-2104B .....SAE 30  
 Fuel .....No. 2-D recommended  
 Governor type .....Limiting speed  
 Maximum RPM, full load .....2100  
 Maximum RPM, no load .....2240  
 Idle Speed .....700  
 Air cleaner .....(1) Donaldson dry T-type (STG-12)

#### TRANSMISSION—Allison CLT-3461

Allison Torqmatic Transmission with 400 series four element converter. Automatic converter lock-up is standard in top five speed ranges. Torqmatic transmission has spur planetary gearing. Six speeds forward, one reverse. Full powershifting through hydraulically actuated multiple disc clutches.

Ratios: 1st 3.81:1 2nd 2.74:1 3rd 1.94:1  
 4th 1.39:1 5th 1.00:1 6th 0.72:1  
 Reverse 4.35:1  
 Stall speed .....1950-2050 RPM  
 Maximum speed @ 2100 RPM .....23.0 MPH (37.0 km/hr)

#### TORQUE CONVERTER—Allison TC-420

Mounted integral with transmission. Maximum torque multiplication 2.88:1.

#### DRIVE AXLE

Heavy duty, full floating with Eaton 3910 single reduction bevel gear differential and planetary reduction in each wheel.

Ratios: Transfer .....1.21:1  
 Differential .....4.11:1  
 Planetary .....5.33:1  
 Total Reduction .....26.51:1

#### STEERING SYSTEM

Full hydraulic type provided by two single stage, double acting cylinders. Full 90° swing to either right or left.

Steering cylinder bore and stroke .....5.5" x 17.50" (139.7 mm x 445 mm)

Steering pump

Type .....Gear

Drive .....Gear

Capacity @ 2100 RPM & 1500 psi .....32 GPM (84.5 liters/min)

System Pressure @ 1500 RPM .....1500 psi (105.5 kg/cm<sup>2</sup>)

### BRAKES (Tractor and Scraper)

Two shoe internal expanding type.

Brake Lining:

Diameter .....20" (508 mm)  
 Shoe Width .....6" (152 mm)  
 Lining Thickness .....3/4" (19 mm)  
 Lining area-tractor axle .....520 sq. in. (3355 cm<sup>2</sup>)  
 Lining area-scraper axle .....520 sq. in. (3355 cm<sup>2</sup>)  
 Air compressor capacity .....12 cfm (.340m<sup>3</sup>/min)

### TIRES & RIMS (Tractor and Scraper)

|          | Tire Size              | Rim Size     |
|----------|------------------------|--------------|
| Standard | 29.5 x 25 - 22 PR, E-3 | 25" (635 mm) |
| Optional | 29.5 x 25 - 28 PR, E-3 | 25" (635 mm) |
| Optional | 24.0 x 25 - 24 PR, E-3 | 17" (432 mm) |

NOTE: Productivity and performance capabilities of TEREX scrapers are such that under specific job conditions the Ton-MPH capability of Standard or Optional tires can be exceeded. Operation above the Ton-MPH rating may lead to premature tire problems. TEREX recommends that the user consult the tire manufacturer, and evaluate all job conditions in order to make the proper tire selection.

### ELECTRICAL SYSTEM

12 volt GM. One heavy duty 12 volt, 150 amp-hr battery. 65 amp alternator.

### SERVICE DATA

|                          | U. S. Gal. | (Lit.)  |
|--------------------------|------------|---------|
| Water Cooling System     | 10 gals.   | (37.9)  |
| Fuel Tank                | 95 gals.   | (359.6) |
| Crankcase (dry fill)     | 3.8 gals.  | (14.4)  |
| Transmission & Converter | 6 gals.    | (22.7)  |
| Hydraulic System         | 54 gals.   | (204.4) |
| Drive Axle               | 4.6 gals.  | (17.4)  |

### SCRAPER (97SH)

#### ENGINE

Same as tractor.

#### TRANSMISSION

Stall speed .....2050-2150 RPM  
 Other specifications and ratios same as tractor.

#### TORQUE CONVERTER

Same as tractor.

#### DRIVE AXLE

Heavy duty, full floating with Eaton 3910 single reduction bevel gear differential and planetary reduction in each wheel. NoSPIN differential standard, allows lock up of both wheels in poor traction areas.

Ratios: Transfer .....1.21:1  
 Differential .....4.11:1  
 Planetary .....5.33:1  
 Total Reduction .....26.51:1

#### CONTROLS

Three lever control allows independent operation of the apron, bowl and ejector. Hydraulic valves are mechanically actuated.

#### CUTTING EDGE

Four section cutting edge with variable length drop center. All blades interchangeable and reversible.

Cutting edge dimensions  
 16" x 28.50" x 1" (406 mm x 723.9 mm x 25.4 mm)

## BOWL

Two identical and interchangeable hydraulic cylinders are used to operate the scraper bowl. The bowl cylinders are connected to the bowl through levers and linkage.

Bowl cylinder bore and stroke .....9.17" x 18.22" (232,9 mm x 462,8 mm)

## APRON

Full floating type with large opening for easy ejection. The apron cylinder is connected to the apron by a  $\frac{3}{4}$ " cable 14' long.

Apron cylinder bore and stroke .....9.17" x 24.97" (232,9 mm x 634,2 mm)

## EJECTION

Positive roll-out type ejection actuated by a single acting hydraulic cylinder. Apron and ejector cylinders are identical.

Ejector cylinder bore and stroke .....9.17" x 24.97" (232,9 mm x 634,2 mm)

## HYDRAULIC SYSTEM

Hydraulic system is full flow filtered and has one reservoir with one tandem pump for steering and scraper controls.

Scraper Bowl Control Pump  
 Type ..... Gear  
 Drive ..... Gear  
 Capacity @ 2100 RPM  
 @ 1500 psi .....52 GPM (196,8 liters/min)  
 System Pressure @ 1500 RPM .....1500 psi (105,5 kg/cm<sup>2</sup>)

## SERVICE DATA

|                               | U. S. Gal. | (Lit.)  |
|-------------------------------|------------|---------|
| Water cooling system ..       | 10 gals.   | ( 39,7) |
| Fuel tank ..                  | 80 gals.   | (302,8) |
| Crankcase (dry fill) ..       | 3.8 gals.  | ( 14,4) |
| Transmission and Converter .. | 6 gals.    | ( 22,7) |
| Drive Axle ..                 | 4.6 gals.  | ( 17,4) |

## DIMENSIONS

|                                       |                        |            |
|---------------------------------------|------------------------|------------|
| Wheelbase—Drive to Scraper Axle ..... | 23'- 2"                | ( 7061 mm) |
| Length—Overall .....                  | 39'- 7"                | (12060 mm) |
| Width—Overall .....                   | 11'- 3 $\frac{1}{2}$ " | ( 3442 mm) |
| Height—Max. ....                      | 10'- 4"                | ( 3150 mm) |
| Apron Opening .....                   | 6'-10 $\frac{1}{2}$ "  | ( 2096 mm) |
| Width of Cutting Edge .....           | 9'- 6 $\frac{1}{2}$ "  | ( 2908 mm) |
| Width of Cut .....                    | 9'-10"                 | ( 2997 mm) |
| Depth of Cut (Max.) .....             | 1'- 2"                 | ( 356 mm)  |
| Depth of Spread (Max.) .....          | 2'- 4"                 | ( 711 mm)  |
| Clearance—Under Drive Axle .....      | 1'-11"                 | ( 584 mm)  |

Clearance—Under Bowl ..... 1'-11" ( 584 mm)  
 Non-Stop 180° Turning Width for  
 vehicle clearance .....33'- 0" (10058 mm)

## WEIGHTS

| NET WEIGHT DISTRIBUTION   | kg.                            |
|---------------------------|--------------------------------|
| Drive Axle .....          | 55.2%..... 29,175 lbs. (13234) |
| Scraper Axle .....        | 44.8%..... 23,625 lbs. (10716) |
| Total .....               | 52,800 lbs. (23950)            |
| PAYLOAD .....             | 47,000 lbs. (21319)            |
| GROSS WEIGHT DISTRIBUTION |                                |
| Drive Axle .....          | 45.6%..... 49,453 lbs. (22432) |
| Scraper Axle .....        | 50.4%..... 50,347 lbs. (22837) |
| Total .....               | 99,800 lbs. (45269)            |

## STANDARD EQUIPMENT (Tractor and Scraper)

Dry T-Type Air Cleaners, Full Flow Hydraulic Filtration, Engine Oil Pressure Gauges, Engine Temperature Gauges, Converter Oil Temperature Gauges, Clutch Pressure Gauges, Ammeters, Air Restriction Gauges, Mufflers, Maintenance and Parts Manuals.

Tractor Only: Tachometer, Hourmeter, Air Pressure Gauge, Air Horn, Air Suspension Seat.

Scraper Only: NoSPIN Differential.

NOTE: Standard equipment conforms to SAE Code J185 - Access, Egress.

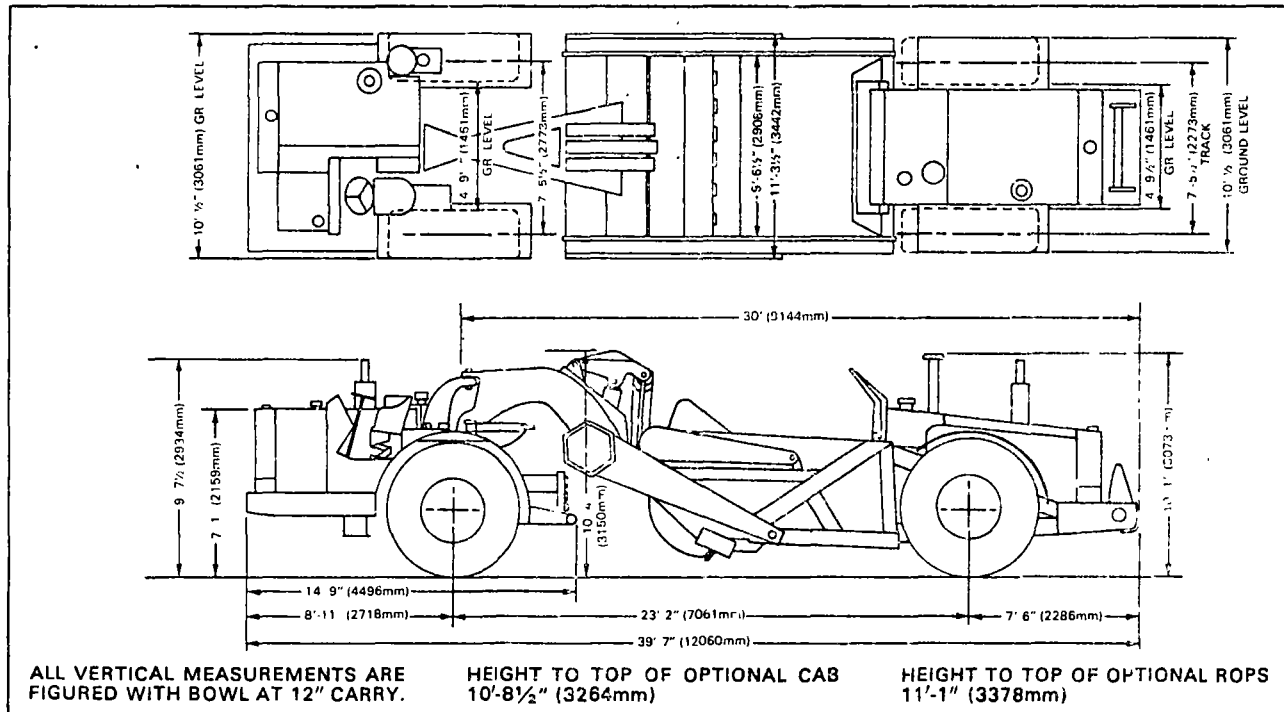
## OPTIONAL EQUIPMENT

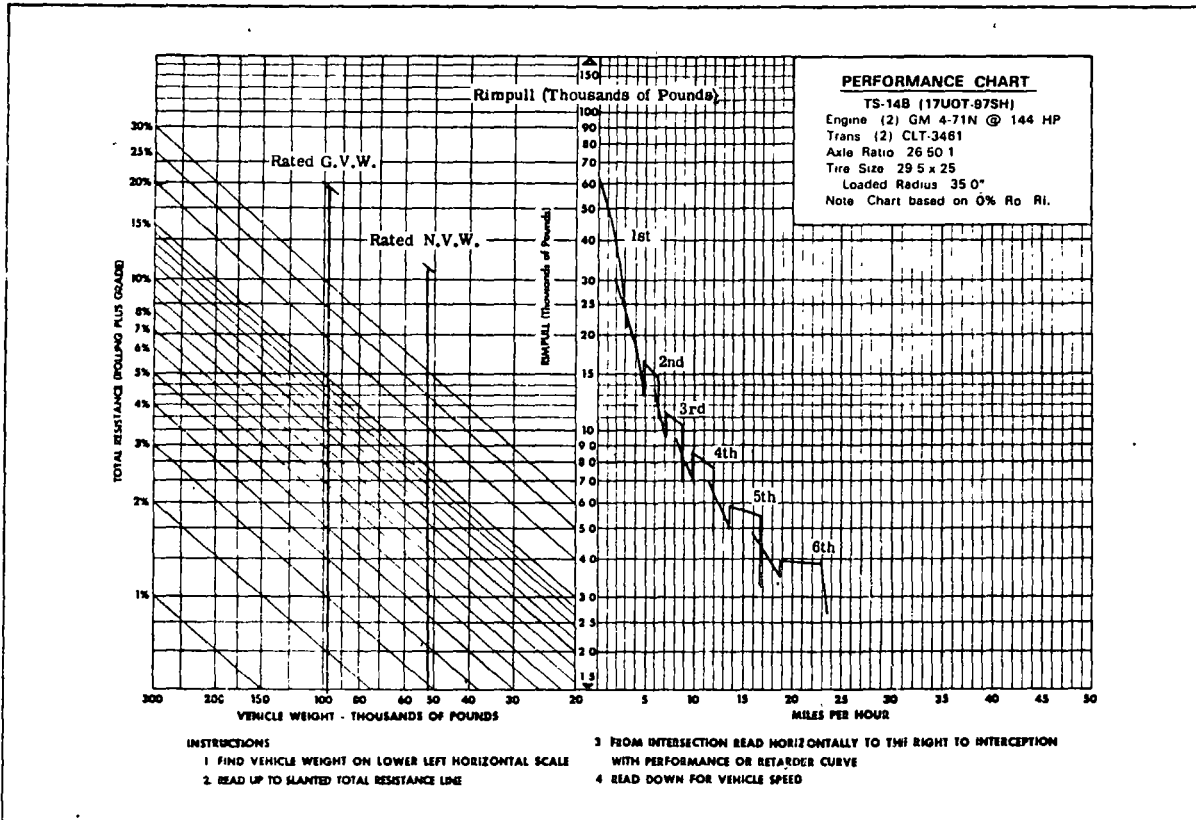
OPTIONS TO HELP USER COMPLY WITH OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ACT. Emergency and Parking Brake System (SAE J319B) Includes Individual Tractor Wheel Brake Control. Fenders, Full Width, Tractor and Scraper (SAE J321A) Includes Steps and Grab Handles (SAE J185). Canopy, Roll-Over Protective Structure (SAE J320A) will fit over optional cab. Seat Belt (SAE J386). Reverse Alarm (SAE J994).

OTHER OPTIONS: Security Kit, Brake Drum Guards, Cab, Windshield and Wiper, Cab Defroster and Heater, Canopy, Bostrom Norseman Seat, Cold Start Kit, Twin Hitch, Roller Push Block, Severe Application Kit, Heavy Duty Side Cutters, Spillguard Extension, Downshift Inhibitors, 29.5x25 XRB Radial Tires, Apron Cable, Roller.

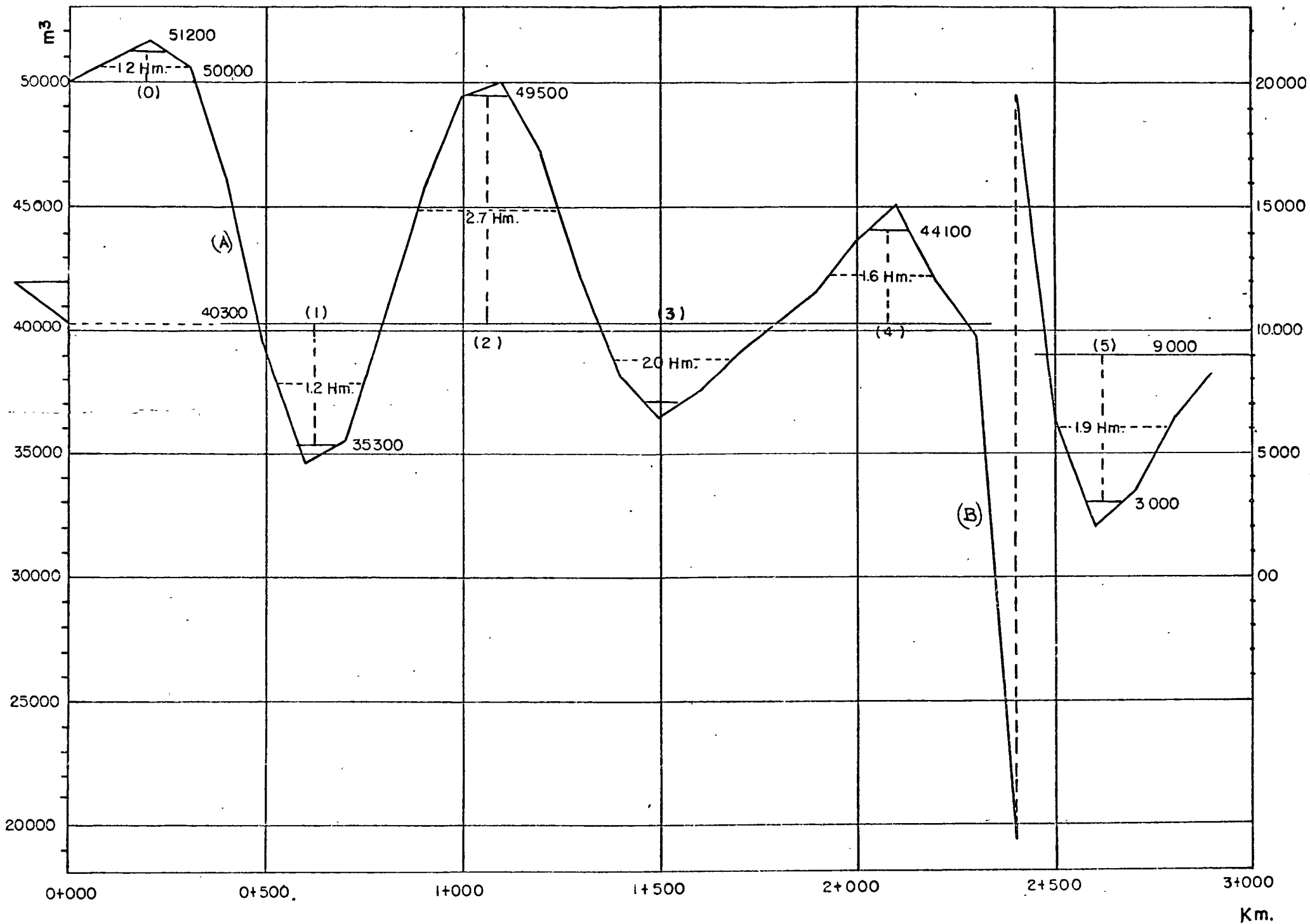
### CONVERSION CHART

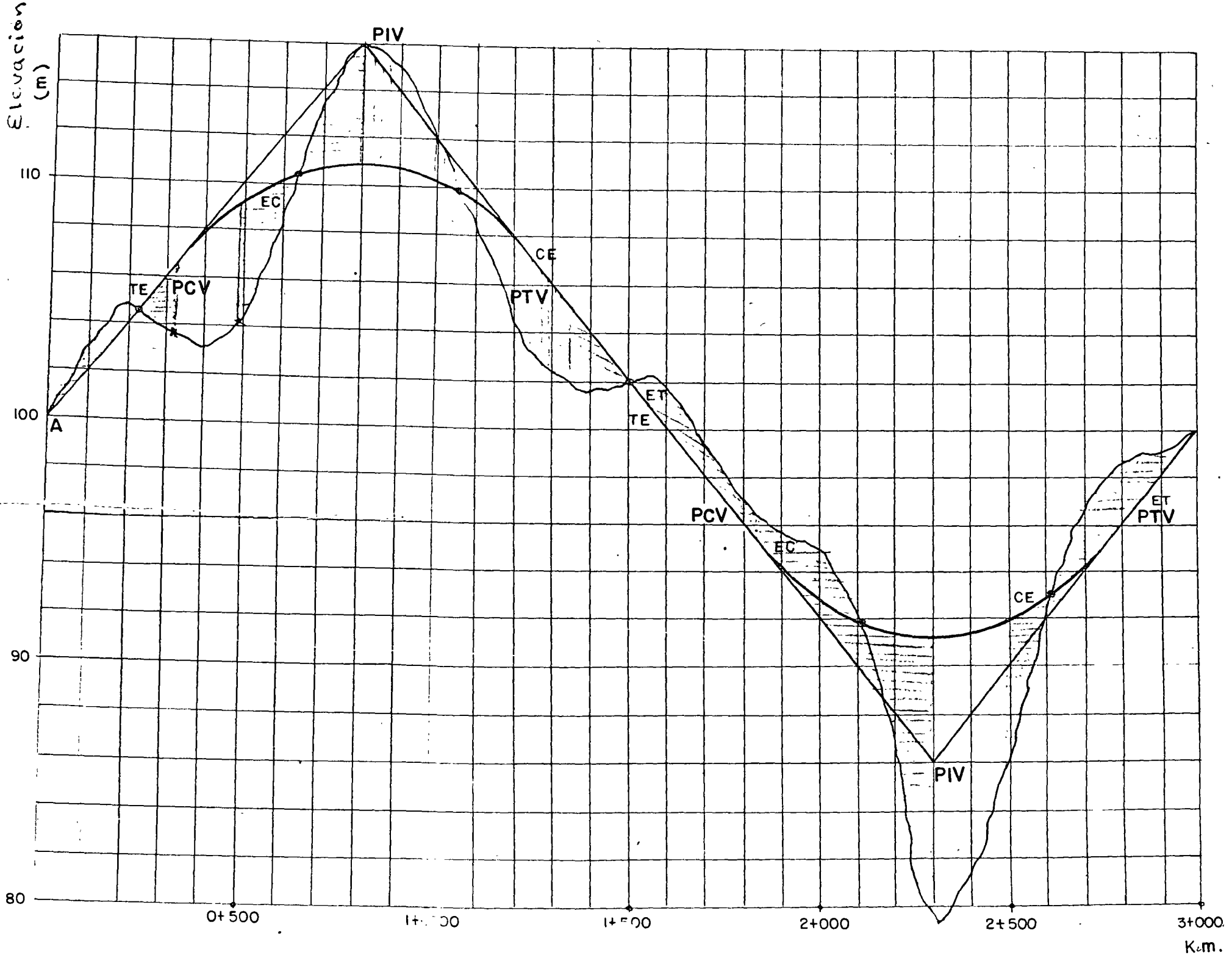
|             |                      |             |                         |
|-------------|----------------------|-------------|-------------------------|
| 1 mile      | = 1.609 kilometers   | 1 U.S. Gal. | = 3.785 liters          |
| 1 foot      | = 30.48 centimeters  | coolant     | = 8.3 lbs. (approx)     |
| 1 inch      | = 2.54 centimeters   | 1 lb.       | = 0.4536 kilograms      |
| 1 U.S. Gal. | = 3.785 liters       | 1 sq. in.   | = 6.452 sq. centimeters |
| 1 U.S. Gal. | = 0.833 imp. gals.   | 1 sq. ft.   | = 929 sq. centimeters   |
| 1 U.S. Gal. | = 0.833 imp. gals.   | 1 sq. yd.   | = 0.836 sq. meters      |
| diesel fuel | = 7.3 lbs. (approx.) | 1 cu. yd.   | = 0.7645 cu. meters     |

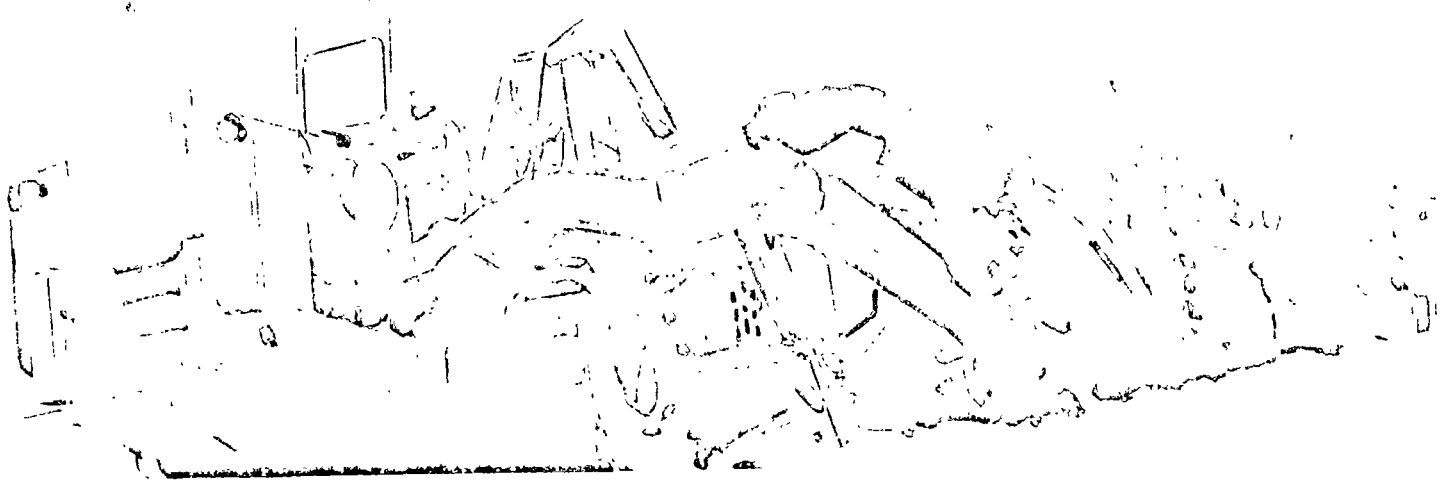




TEREX, Division of General Motors, Hudson, Ohio, U.S.A. 44236  
 General Motors Scotland Limited, Lanarkshire, Scotland  
 Diesel Division, General Motors of Canada Limited, London, Ontario







## How to speed your scraper runs

THE OWNERS of earthmoving scrapers know how difficult it is to keep these costly machines working 100% of the time. But few realize that the stoppages add up to serious production loss because few have taken the trouble to chart them. That is why so much interest has been stirred up by a stop-watch study of scrapers reported by researchers J.P. Clemmens and R.J. Dillman of the U.S. Federal Highway Administration.

The study shows that if you get 69% of full production during good-weather days, you are just matching the average of 11 representative U.S. highway construction contractors whose operations were analyzed.

The 43 scrapers they ran included sizes from 15 to 41 m<sup>3</sup> payload capacity. The types were single-engine, twin-engine, elevating and push-pull.

Of the 31% of lost production, nearly half (13%) was due to minor delays (under 15 min). These delays occurred continually on all projects, and though there were many causes nearly half the total lost time was due to waits for the push-loading tractor to connect. The other 18% of lost time was for major delays (over 15 min); here the two chief causes were job shut downs and repairs.

### What researchers found

Here are further overall findings.

missed or transferred caused major delays.

**Providing some answers**

The Federal Highway Administration report also draws these conclusions:

- Ripping of hard-packed dry soil as well as rocky material importantly reduces scraper loading time. Ripping also lessens strain and wear.

- Follow the manufacturer's suggestions and always load downhill if it is feasible; it speeds loading and saves energy. Also load in the direction of the haul-out, to eliminate turning with loads. Load in the haul-out direction even when the load path is slightly or moderately uphill. But never load on *too steep* an upgrade. Use judgement here.

- Always wait for the pusher before starting to load, whether with a single-engine or a twin-engine scraper. This saves scraper strain. The operator's wait time can be spent making quick inspection, filling out reports, reading instructions—things that otherwise would take up his productive time.

If you can, have a full-time supervisor in the loading pit. He can more than earn his wages by eliminating delay and confusion, and by foreseeing trouble in time to prevent it.

Having a supervisor on the grade also can improve job efficiency.

- The best pusher-scraper balance for top production doesn't always mean lowest production cost. Try to minimize both pusher waits and scraper waits.

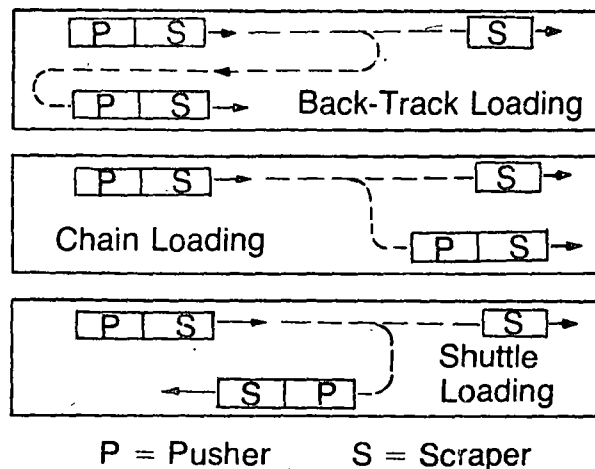
- The quality of supervisory and managerial personnel is an important intangible factor in achieving high scraper production. Lack of good work planning, good communications between supervisors and operators, and availability of skilled, trained operators have a very adverse effect.

*World Construction* adds a footnote to these findings by observing that even some of the largest and most successful U.S. earthmoving contractors admit they could get higher efficiency out of their scraper fleets. The common practice of assuming a 50-min production hour when estimating job costs reflects an attitude of fatalism in the battle to achieve near-100% productivity.

The better earthmoving firms consistently produce 10 to 20% more from their scrapers—a margin far exceeding traditional profit margins. They do it by providing superior management at all levels, by attracting better operators and directing them more closely, by keeping equipment fleets modern, and by requiring "all-out" good maintenance.

As one contractor expressed it, "Our scrapers are mechanical marvels, but they are only as good as we are." ■

The detailed report this review is based upon is available, on request, from the Federal Highway Administration, Region 15, Demonstration Projects Division, 1000 North Glebe Road, Arlington, Virginia, 22201 U.S.A. Ask for report DP-PC-920.



**LOADING METHODS:** The *back-track method* of push-loading was the most commonly observed and offered the advantage of always being able to load in the direction of the haul. *Chain-loading* was occasionally combined with the back-track method when excavation was conducted in a long cut. It was the most economical method to use when possible, but cut areas were usually limited in length. *Shuttle-loading* was the method least frequently observed. In this instance, one pusher served two separate scraper fleets—each hauling in the opposite direction. In most instances, however, hauling was limited from one cut area to one fill area and favored back-track loading.



## Causes of Pusher Minor Delays

| Minor Delay                              | Percent of<br>Minor Delay Time | Percent of<br>Minor Delay Time<br>(WFS Delay Excluded) |
|--|--------------------------------|--|
| Wait for scraper (WFS)                   | 85.0                           | —  |
| Ripping and trimming                     | 3.4                            | 22.6   |
| Personnel inefficiencies                 | 3.0                            | 20.1   |
| Pusher maintenance and repair            | 2.4                            | 16.3   |
| Maintain cut area                        | 1.4                            | 9.3  |
| Supervisory instructions                 | 1.2                            | 7.8  |
| Personal (Drink water, etc.)             | 1.2                            | 7.7  |
| Scraper or pusher stuck<br>while loading | 0.9                            | 6.0  |
| Traffic (contractor and<br>public)       | 0.5                            | 3.4  |
| Change sites                             | 0.3                            | 2.3  |
| Maneuver into position                   | 0.3                            | 1.9  |
| Start late-quit early                    | 0.3                            | 1.9  |
| Change operators                         | 0.1                            | 0.7  |
| <b>TOTAL:</b>                            | <b>100.0</b>                   | <b>100.0</b>   |

**MINOR DELAYS** were classified as those delays of less than 15 minutes duration, but they accounted for nearly half of all production delay time and were considered most avoidable. The "wait for scraper" delays accounted for most of the lost time.

How do they match your own experience?

- Push-loading time was about the same for twin-engine as for single-engine scrapers. The rear engine of the twin scraper seemed to be of little help during loading because of pusher uplift on rear tires, lessening traction.

- Tandem pushers shortened loading time to 0,70 min, compared with 0,82 min average for single-engine scrapers.

- At the dumping site, scrapers cycled faster and ran less chance of getting stuck if they dumped *before* turning around. By doing this, scrapers also spread more evenly, lessening the effort required to lay out and compact the material.

- Single-engine scrapers dumped more slowly than twin-engine machines. Bigger scrapers took longer to dump than smaller ones.

- Turning was faster on fills (0,21 min average) than in the loading pits (0,30 min) because of less congested conditions. Also, in the cut the operators tended to slow down because they anticipated waiting for the pusher.

- On the haul roads twin-engine scrapers traveled faster than singles, but size of scraper made no difference.

- The time required to accelerate to and decelerate from top haul speed was important in measuring cycle time, particularly on short runs.

- The well-known influence of haul road smoothness, hardness and

grades was again proved, but without precise data on the range of conditions observed.

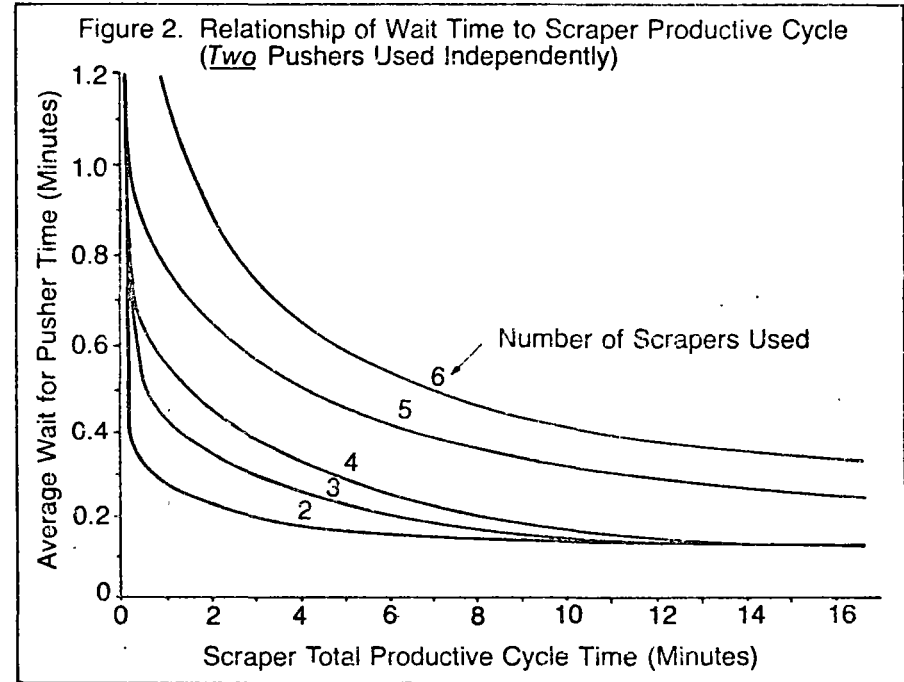
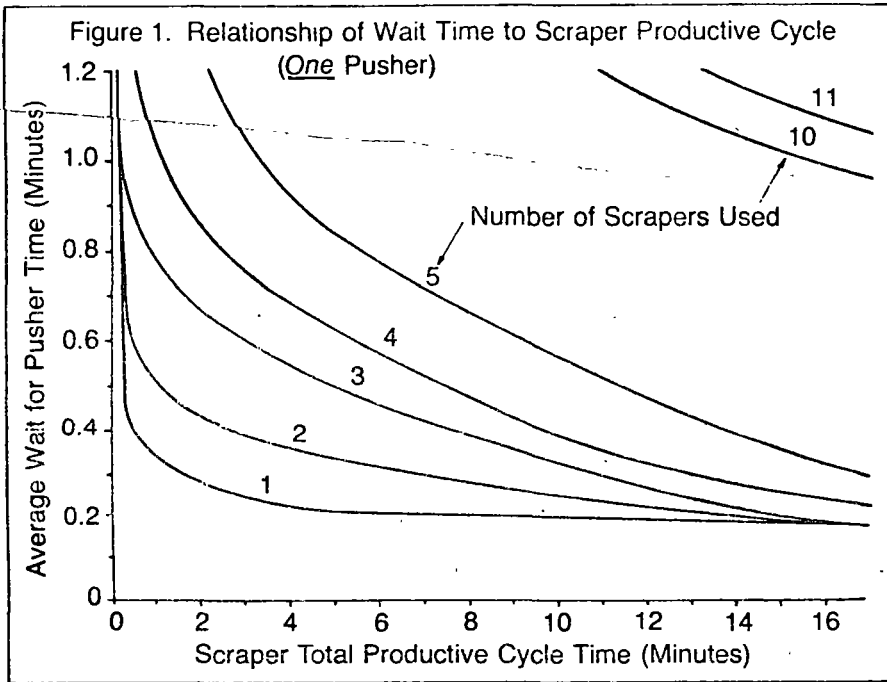
- Pusher delays always occurred, whatever the haul distance and ratio of loaders to scrapers.

- Minor delays, which added up so impressively, often were for conditions peculiar to the day's operation: maneuvering into position, getting stuck while loading or unloading, trimming, finishing, or cleaning up. Other minor delays were incurred in refueling, greasing or oil-changing during work time, pusher/maintenance, and problems in spreading and compaction. Minor repairs to scrapers and support equipment also consumed time.

- Human inefficiencies accounted for many minor delays: starting late and quitting early; stopping for drinking water; instructions from supervisors; illness; and labor shortages.

- Time was lost during vehicle travel: stopping to remove physical obstructions such as rocks; stopping or slowing because of poor or impassable haul roads; waiting for blasting; waiting for vehicular traffic on highways which scrapers had to cross; and major equipment relocation carried out within the project.

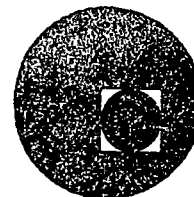
- Major scraper delays in contrast with minor ones, weren't regular or consistent among the projects observed. Repairs accounted for 67% of this lost time; repair delays were greater for older machines. Shut-downs where workers were dis-



**AVERAGE WAIT TIMES**, as the curves in these two charts show, tend to approach a minimum as productive cycle times increase. Some time was consumed by the pusher in maneuvering into position behind the scraper; additionally, pushers were often used to perform other functions such as trimming cut slopes, ripping material, etc., which also resulted in additional wait time. Scrapers also contributed to this wait time by their tendency to travel in groups rather than be spaced evenly throughout the cycle. Hence, several scrapers often arrived simultaneously, causing a wait queue to form.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA XI. REEMPLAZO DE EQUIPO.

ING. CARLOS DE LA MORA NAVARRETE.

JULIO, 1978.

Palacio de Minería

Calle de Tacuba 5,

primer piso.

México 1, D. F.

# REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO

## I INTRODUCCION

### Información

- A) Problemas de Estandarización
- B) Reportes de Obra
- C) Elementos básicos para operar un sistema de información de costos

## II COSTOS DE EQUIPO

### Conceptos y Determinación

## III FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO

- A) Objetivo del reemplazo
- B) Integración de los costos para el análisis de reemplazo.

## IV METODOLOGIA Y EJEMPLOS

- A) Método de la comparación simple. Ejemplo.
- B) Método de los costos promedios acumulados. Ejemplo.
- C) Método de los costos de los valores actualizados. Ejemplo.

## I INTRODUCCION

### A) Problemas de Estandarización.

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

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

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

Análisis muy provechosos pueden hacerse del costo de conceptos e independientes del análisis de reemplazo, que por sí solos justifican el esfuerzo de estandarizar criterios.

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

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

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

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

- Conocimiento del equipo por operadores
- Conocimiento del equipo por personal mecánico
- Refacciones disponibles y conjuntos
- Mejoramiento en las técnicas de mantenimiento, Predictivo y Preventivo.

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

Económicamente se puede cuantificar el ahorro:

- A) En inventario de refacciones
- B) En mantenimiento preventivo y correctivo,
- C) En menor costo para estandarizar motores de la misma línea
- D) En mejor valor de rescate de equipo

Y también se pueden presentar ciertas desventajas que hay que medir por los efectos que causen en ciertos trabajos.

**Inflexibilidad.-** Utilización de capacidad no necesariamente adecuada:

Rendimiento dudoso en trabajos de gran volumen, que puede ser mejorado ventajosamente con otro equipo.

Al contrario capacidad sobrada que implica una gran inversión pudiendo utilizar un equipo más sencillo y más económico.

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

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

Todo esto sucede por la ausencia de "competencia" entre los distribuidores al establecer en forma inadecuada ciertos tipos de estandarización.

## B) REPORTES DE OBRA.

Para la estandarización de criterios es conveniente estandarizar los reportes.

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

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

Se recomiendan:

- 1) Operación
- 2) Consumos (Combustibles y Lubricantes)
- 3) Mantenimiento (Preventivo y Correctivo)
- 4) Rentas
- 5) Llantas
- 6) Taller mecánico

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

El Superintendente puede informar producción alcanzada, pues en sentido estricto el análisis de reemplazo debería guiarse por el - "costo mínimo por M<sup>3</sup>."

Reporte de Operador (Diario)

Horas trabajadas  
 Tiempos perdidos (causas)  
 Fallas presentadas  
 Trabajo realizado  
 Frente de trabajo

Reporte de personal de mantenimiento y programación de servicios (costo de mantenimiento).

Programa de servicio semanal  
 Reporte diario de trabajo personal mecánico  
 Reporte de consumo personal de mantenimiento (Control de Costos), combustibles, etc. (Costo por consumos).

Bitácoras.

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

C) ELEMENTOS BASICOS PARA OPERAR UN SISTEMA DE INFORMACION DE COSTOS.

- 1) Unificación de Criterios.  
Definición clara de los conceptos de costos.
- 2) Diseño del sistema contable adecuado al tamaño de la obra  
Diseño de los reportes para la integración del costo
- 3) Diseño de la organización y utilización de los costos obtenidos.
- 4) Reportes de costos a diferentes niveles:

Departamento de mantenimiento  
Departamento de maquinaria  
Departamento de planeación  
Departamento de compras  
Gerencia

II COSTOS DE EQUIPO

Conceptos y Determinación del Costo

Los costos de equipo mayor, menor y vehículos se dividen en los siguientes conceptos:

- 1) Operación
- 2) Consumos
- 3) Mantenimiento
- 4) Rentas
- 5) Llantas
- 6) Taller mecánico

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

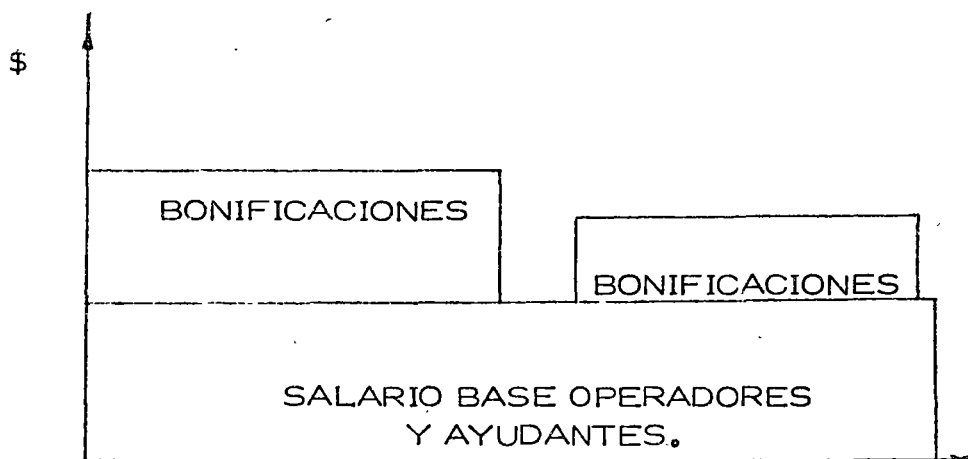
- 6A) Mano de obra
- 6B) Equipo auxiliar y herramienta
- 6C) Mantenimiento



Los conceptos de los costos de equipo mayor, menor y vehículos, se definen y se determinan como sigue:

1) Operación

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

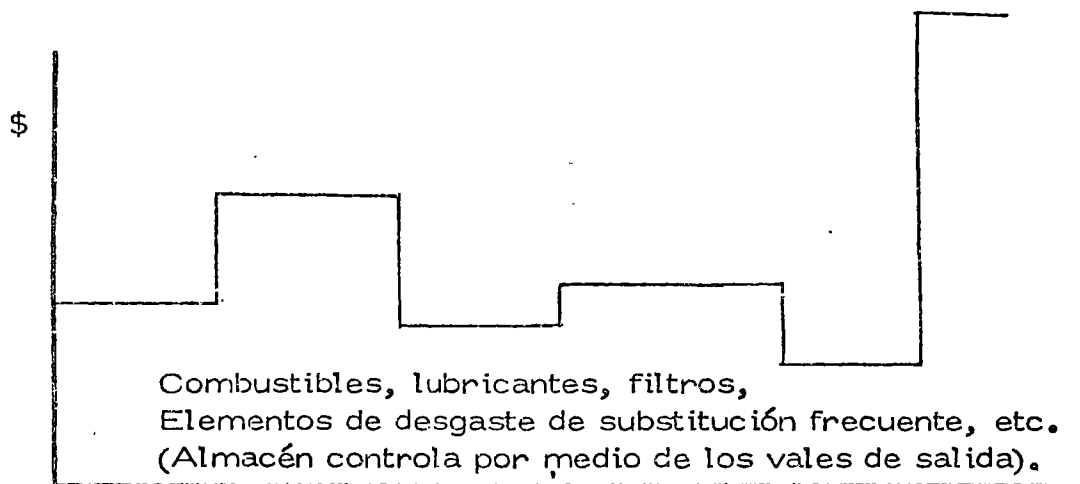


Se determina en base a la lista de raya identificando a los operadores y ayudantes, directamente encargados de la máquina o grupo de máquinas, cuantificándose a partir del costo total que para la empresa - representa la labor de ese trabajador.

2) Consumos

Cargos originados por:

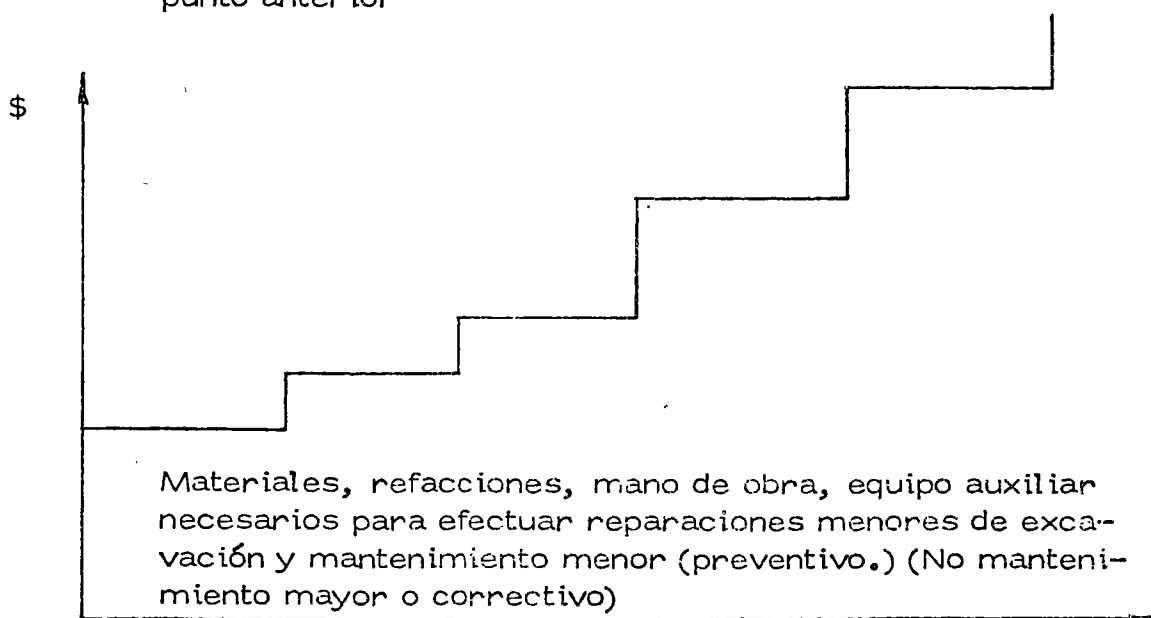
- 2.1. Combustible o cualquier otra fuente de energía.
- 2.2. Elementos filtros y lubricantes en general.
- 2.3. Elementos de desgaste de sustitución frecuente, como: Cuchillas, gavilanes, tornillos y tuercas para los mismos, dientes para botes y para escarificadores, cable de acero, muelas, corcavos, etc.



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

### 3) Mantenimiento Menor

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

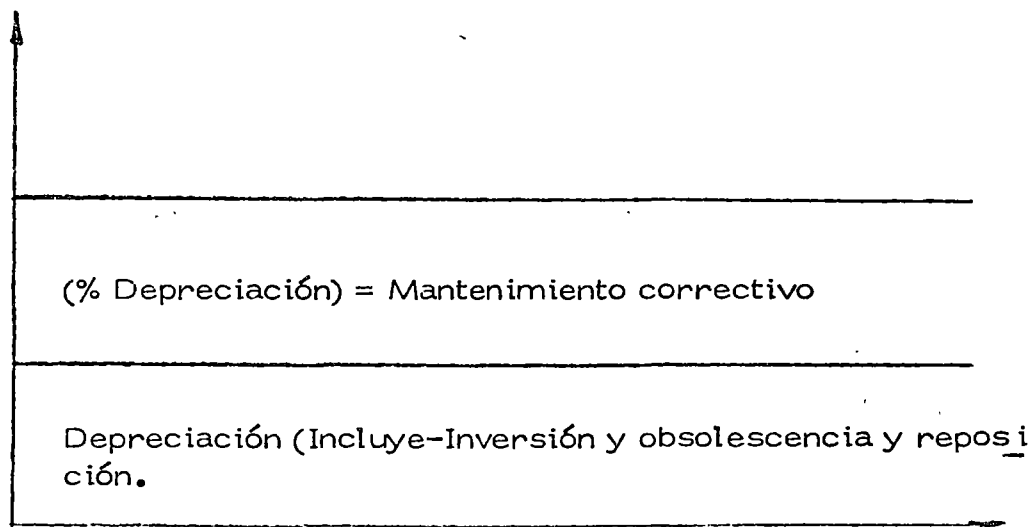


Se determina en la misma forma que los consumos, debe tenerse especial cuidado en la formación de los vales de salida de almacén para evitar errores en los cargos.

4) Rentas

Formado por los Conceptos de:

- 4.1. Depreciación
- 4.2. Mantenimiento mayor. (Correctivo).



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

5) Llantas

Costo integrado por dos conceptos: (amortización y operación).

- 5.1. Amortización (Llantas)  
Cargo por la disminución del valor original de las llantas, como consecuencia del uso:

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

## 5.2 Costo de operación (llantas).

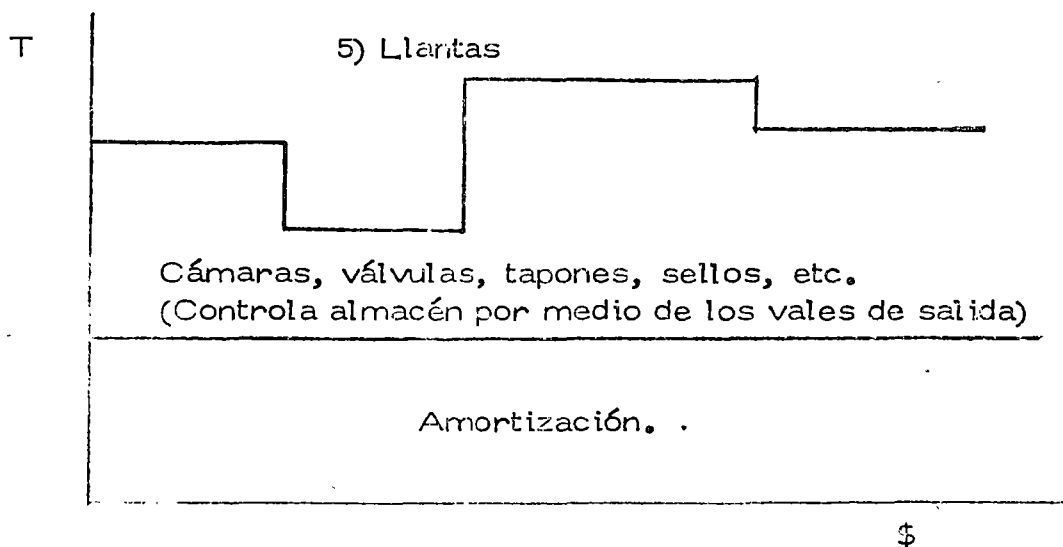
Cargo por el valor de cámaras, válvulas, corbatas, tapones, sellos, birlos para masas de ruedas y todas las refacciones, materiales y equipo auxiliar necesario para hacer las reparaciones de las llantas.

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

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

Para la elaboración del avalúo de llantas se anexa la table de conversión de medidas de llantas.

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



LLANTAS - VII

TABLA DE CONVERSION DIRECTA DE TREINTADOSAVOS DE PULGADA A PORCENTAJE DE LAS SIGUIENTES MEDIDAS DE LLANTAS.

| Profundidad del Dibujo | H. R. L. 12.00-24 | S. G. E. 13.00-24 | H. R. R. 13.00-25 | Cremallera 14.00-24 | D. R. 16.00-24 | S. G. L. 15.5-25 | D. R. 17.5-25 | H. R. R. 18.00-24 | S. G. L. B. L. 20.5-25 | S. H. R. L. W. 20.5-25 | H. R. L. 21.00-25 | S. G. L. B. L. 23.5-25 | S. H. R. L. W. E. 23.5-25 | H. R. L. 24.00-25 | S. H. R. L. W. E. 26.5-25 | H. R. L. 27.00-33 | S. H. R. L. W. E. 29.5-25 | H. R. L. 33.5-33 | EXTRA | ESPECIAL 33.5-35 |
|------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|----------------|------------------|---------------|-------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|------------------|-------|------------------|
| 1/32                   | 3.4%              | 3.3%              | 3.2%              | 3.0%                | 2.7%           | 3.2%             | 2.4%          | 2.8%              | 2.6%                   | 2.1%                   | 2.5%              | 2.3%                   | 2.0%                      | 2.0%              | 1.8%                      | 1.9%              | 1.8%                      | 1.4%             | 0.78% |                  |
| 2/32                   | 6.8               | 6.6               | 6.4               | 6.0                 | 5.4            | 6.4              | 4.8           | 5.7               | 5.2                    | 4.3                    | 5.1               | 4.6                    | 4.0                       | 4.1               | 3.7                       | 3.6               | 3.7                       | 2.8              | 1.5   |                  |
| 3/32                   | 10.3              | 10.0              | 9.6               | 9.0                 | 8.1            | 9.6              | 7.3           | 8.5               | 7.8                    | 6.5                    | 7.6               | 6.9                    | 6.1                       | 6.2               | 5.1                       | 5.7               | 5.6                       | 4.2              | 2.3   |                  |
| 4/32                   | 13.7              | 13.3              | 12.9              | 12.1                | 10.8           | 12.9             | 9.7           | 11.4              | 10.5                   | 8.6                    | 10.3              | 10.5                   | 8.1                       | 8.3               | 7.5                       | 7.6               | 7.5                       | 5.6              | 3.1   |                  |
| 5/32                   | 17.2              | 16.6              | 16.1              | 15.1                | 13.5           | 16.1             | 12.1          | 14.2              | 13.1                   | 10.8                   | 12.8              | 11.6                   | 10.2                      | 10.4              | 9.4                       | 9.6               | 9.4                       | 7.0              | 3.9   |                  |
| 6/32                   | 20.6              | 20.0              | 19.3              | 18.1                | 16.2           | 19.3             | 14.6          | 17.1              | 15.7                   | 13.0                   | 15.4              | 13.9                   | 12.2                      | 12.5              | 11.3                      | 11.5              | 11.3                      | 8.4              | 4.6   |                  |
| 7/32                   | 24.1              | 23.3              | 22.5              | 21.2                | 18.9           | 22.5             | 17.0          | 20.0              | 18.4                   | 15.2                   | 17.9              | 16.9                   | 14.2                      | 14.5              | 13.2                      | 13.4              | 13.2                      | 9.8              | 5.4   |                  |
| 8/32                   | 27.5              | 26.6              | 25.8              | 24.2                | 21.6           | 25.8             | 19.5          | 22.8              | 21.0                   | 17.3                   | 20.5              | 18.6                   | 16.3                      | 16.6              | 15.0                      | 15.3              | 15.0                      | 11.2             | 6.2   |                  |
| 9/32                   | 31.0              | 30.0              | 29.0              | 27.2                | 24.3           | 29.0             | 21.9          | 25.7              | 23.6                   | 19.5                   | 23.1              | 20.9                   | 18.3                      | 18.7              | 16.9                      | 17.3              | 16.9                      | 12.6             | 7.0   |                  |
| 10/32                  | 34.4              | 33.3              | 32.2              | 30.3                | 27.0           | 32.2             | 24.3          | 28.5              | 26.3                   | 21.0                   | 25.7              | 23.2                   | 20.4                      | 20.8              | 18.8                      | 19.2              | 18.8                      | 14.0             | 7.8   |                  |
| 11/32                  | 37.9              | 36.6              | 35.4              | 33.3                | 29.7           | 35.4             | 26.8          | 31.4              | 28.9                   | 23.9                   | 28.2              | 25.5                   | 22.4                      | 22.9              | 20.7                      | 21.1              | 20.7                      | 15.4             | 8.5   |                  |
| 12/32                  | 41.3              | 40.0              | 38.7              | 36.3                | 32.4           | 38.7             | 29.2          | 34.2              | 31.5                   | 26.0                   | 30.7              | 27.9                   | 24.4                      | 25.0              | 22.6                      | 23.0              | 22.6                      | 16.8             | 9.3   |                  |
| 13/32                  | 44.8              | 43.3              | 41.9              | 39.3                | 35.1           | 41.9             | 31.7          | 37.1              | 34.2                   | 28.2                   | 33.4              | 30.2                   | 26.5                      | 27.0              | 24.5                      | 25.0              | 24.5                      | 18.2             | 10.1  |                  |
| 14/32                  | 48.2              | 46.6              | 45.1              | 42.4                | 37.8           | 45.1             | 34.1          | 40.0              | 36.8                   | 30.4                   | 35.9              | 32.5                   | 28.5                      | 29.1              | 26.4                      | 26.9              | 26.4                      | 19.6             | 10.9  |                  |
| 15/32                  | 51.7              | 50.0              | 48.3              | 45.4                | 40.5           | 48.3             | 35.4          | 42.8              | 39.4                   | 32.6                   | 38.4              | 34.8                   | 30.8                      | 31.2              | 28.3                      | 28.8              | 28.3                      | 21.0             | 11.7  |                  |
| 16/32                  | 55.1              | 53.3              | 51.6              | 48.4                | 43.2           | 51.6             | 39.0          | 45.7              | 42.1                   | 34.7                   | 42.1              | 34.7                   | 41.0                      | 37.2              | 32.6                      | 33.2              | 30.2                      | 22.4             | 12.4  |                  |
| 17/32                  | 58.6              | 56.6              | 54.6              | 51.5                | 45.9           | 54.6             | 41.4          | 48.5              | 44.7                   | 38.9                   | 43.5              | 39.5                   | 34.6                      | 35.4              | 32.0                      | 32.6              | 32.0                      | 23.8             | 13.2  |                  |
| 18/32                  | 62.0              | 60.0              | 58.0              | 54.5                | 48.6           | 58.0             | 43.9          | 51.4              | 47.3                   | 39.1                   | 46.1              | 41.8                   | 36.7                      | 37.5              | 33.9                      | 34.6              | 33.9                      | 23.5             | 14.0  |                  |
| 19/32                  | 65.5              | 63.3              | 61.2              | 57.5                | 51.3           | 61.2             | 46.3          | 54.2              | 50.0                   | 41.3                   | 48.7              | 44.1                   | 39.7                      | 39.5              | 35.8                      | 36.5              | 35.8                      | 26.6             | 14.8  |                  |
| 20/32                  | 68.9              | 66.6              | 64.5              | 60.6                | 54.0           | 64.5             | 48.7          | 57.1              | 52.6                   | 43.4                   | 51.2              | 46.5                   | 40.8                      | 41.6              | 37.7                      | 38.8              | 37.7                      | 28.0             | 15.6  |                  |
| 21/32                  | 72.4              | 70.0              | 67.7              | 63.6                | 56.7           | 67.7             | 51.2          | 60.0              | 55.2                   | 45.6                   | 53.8              | 48.0                   | 42.8                      | 43.7              | 32.6                      | 40.3              | 39.6                      | 29.4             | 16.3  |                  |
| 22/32                  | 75.8              | 73.3              | 70.9              | 66.6                | 59.4           | 70.9             | 53.6          | 62.8              | 57.8                   | 47.8                   | 56.4              | 51.1                   | 44.8                      | 45.8              | 41.5                      | 42.3              | 41.5                      | 30.8             | 17.1  |                  |
| 23/32                  | 79.3              | 76.6              | 74.1              | 69.8                | 62.1           | 74.1             | 56.0          | 65.7              | 60.6                   | 50.5                   | 58.9              | 53.4                   | 46.9                      | 47.9              | 43.4                      | 44.2              | 43.4                      | 32.2             | 17.9  |                  |
| 24/32                  | 82.7              | 80.0              | 77.4              | 72.7                | 64.8           | 77.4             | 58.5          | 68.5              | 63.1                   | 52.1                   | 61.5              | 55.8                   | 48.9                      | 50.0              | 45.2                      | 46.1              | 45.2                      | 33.6             | 18.7  |                  |
| 25/32                  | 86.2              | 83.3              | 80.6              | 75.7                | 67.5           | 80.6             | 60.9          | 71.4              | 65.7                   | 54.3                   | 64.1              | 58.1                   | 51.1                      | 52.0              | 47.1                      | 48.0              | 47.1                      | 35.0             | 19.5  |                  |
| 26/32                  | 89.6              | 86.6              | 83.8              | 78.7                | 70.2           | 83.8             | 63.4          | 74.2              | 68.4                   | 56.5                   | 66.6              | 60.4                   | 53.0                      | 54.1              | 49.0                      | 50.0              | 49.0                      | 36.4             | 20.2  |                  |
| 27/32                  | 93.1              | 90.0              | 87.0              | 81.8                | 72.9           | 87.0             | 65.8          | 77.1              | 71.0                   | 58.6                   | 69.2              | 62.7                   | 55.1                      | 56.2              | 50.9                      | 51.9              | 50.9                      | 37.8             | 21.0  |                  |
| 28/32                  | 96.5              | 93.3              | 90.3              | 84.8                | 75.6           | 90.3             | 68.2          | 80.0              | 73.6                   | 60.8                   | 71.7              | 65.1                   | 57.1                      | 58.3              | 52.8                      | 53.8              | 52.8                      | 39.2             | 21.8  |                  |
| 29/32                  | 100.0             | 96.6              | 93.5              | 87.8                | 78.3           | 93.5             | 70.7          | 82.8              | 76.3                   | 63.0                   | 74.3              | 67.4                   | 59.1                      | 60.4              | 54.7                      | 55.7              | 54.7                      | 40.6             | 22.6  |                  |
| 30/32                  |                   | 100.0             | 95.7              | 90.9                | 81.0           | 96.7             | 73.1          | 85.7              | 78.9                   | 65.2                   | 76.9              | 69.7                   | 61.2                      | 62.5              | 56.6                      | 57.6              | 56.6                      | 42.0             | 23.4  |                  |

LLANTAS - VII

| Profundidad del Diseño | H.R.R. 13.00-25 | Cremallera 14.00-24 | D.R. 14.00-24 | S.G.L.L. 16.00-24 | D.R. 17.5-25 | S.G.L.B.L. 20.5-25 | S.H.R.L.W. 20.5-25 | H.R.L. 21.00-25 | S.G.L.B.L. 23.5-25 | S.H.R.L.W.R. 23.5-25 | H.R.L. 24.00-25 | S.H.R.L.W.R. 26.5-25 | H.R.L. 27.00-33 | S.H.R.L.W.E. 29.5-25 | H.R.L. 33.5-33 | EXTRA 33.25-35 | ESPECIAL 33.5-35 |
|------------------------|-----------------|---------------------|---------------|-------------------|--------------|--------------------|--------------------|-----------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------|----------------|------------------|
| 31/32                  | 100.0           | 93.9                | 83.7          | 100.0             | 75.6         | 88.5               | 81.5               | 67.3            | 79.4               | 72.0                 | 63.2            | 64.5                 | 58.4            | 59.6                 | 58.4           | 43.4           | 24.1             |
| 32/32                  |                 | 95.9                | 86.4          |                   | 78.0         | 91.4               | 84.2               | 69.5            | 82.0               | 74.4                 | 65.3            | 66.6                 | 60.3            | 61.5                 | 60.3           | 44.8           | 24.9             |
| 33/32                  |                 | 100.0               | 89.1          |                   | 80.4         | 94.2               | 86.8               | 71.0            | 84.6               | 76.7                 | 67.3            | 68.7                 | 62.2            | 63.4                 | 62.2           | 46.2           | 25.7             |
| 34/32                  |                 |                     | 91.8          |                   | 82.8         | 97.1               | 89.4               | 73.9            | 87.1               | 79.0                 | 69.3            | 70.8                 | 64.1            | 65.3                 | 64.1           | 42.6           | 26.5             |
| 35/32                  |                 |                     | 94.5          |                   | 85.3         | 100.0              | 92.1               | 76.0            | 89.7               | 81.3                 | 71.4            | 72.9                 | 66.0            | 67.3                 | 66.0           | 49.0           | 27.3             |
| 36/32                  |                 |                     | 97.2          |                   | 87.8         |                    | 94.7               | 78.2            | 92.3               | 83.7                 | 73.4            | 75.0                 | 67.9            | 69.2                 | 67.9           | 50.4           | 28.0             |
| 37/32                  |                 |                     | 100.0         |                   | 90.2         |                    | 97.3               | 80.4            | 94.8               | 86.0                 | 75.5            | 77.0                 | 69.8            | 71.1                 | 69.8           | 51.8           | 28.8             |
| 38/32                  |                 |                     |               |                   | 92.6         |                    | 100.0              | 82.6            | 97.4               | 88.3                 | 77.5            | 79.1                 | 71.6            | 73.0                 | 71.6           | 53.2           | 29.6             |
| 39/32                  |                 |                     |               |                   | 95.1         |                    |                    | 84.7            | 100.0              | 90.6                 | 79.5            | 81.2                 | 73.5            | 81.2                 | 73.5           | 54.6           | 30.4             |
| 40/32                  |                 |                     |               |                   | 97.5         |                    |                    | 86.9            |                    | 93.0                 | 81.6            | 83.3                 | 75.4            | 76.9                 | 75.4           | 56.0           | 31.2             |
| 41/32                  |                 |                     |               | 100.0             |              |                    |                    | 89.1            |                    | 95.3                 | 83.6            | 85.4                 | 77.3            | 78.1                 | 77.3           | 57.4           | 31.9             |
| 42/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    | 91.3            |                    | 97.6                 | 85.7            | 87.5                 | 79.2            | 80.7                 | 79.2           | 58.8           | 32.7             |
| 43/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    | 93.4            | 100.0              |                      | 87.7            | 89.5                 | 81.1            | 82.6                 | 81.1           | 60.2           | 33.5             |
| 44/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    | 95.6            |                    |                      | 89.7            | 91.6                 | 83.0            | 84.6                 | 83.0           | 61.6           | 34.3             |
| 45/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    | 97.8            |                    |                      | 91.8            | 93.7                 | 84.9            | 86.5                 | 84.9           | 63.0           | 35.1             |
| 46/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    | 100.0              |                 |                    |                      | 93.8            | 95.8                 | 86.7            | 88.4                 | 86.7           | 64.4           | 35.8             |
| 47/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      | 95.9            | 97.9                 | 88.6            | 90.3                 | 88.6           | 65.8           | 36.6             |
| 48/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    | 100.0                | 97.9            | 100.0                | 90.5            | 92.3                 | 90.5           | 67.2           | 37.4             |
| 49/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      | 92.4            | 94.2                 | 92.4           | 68.6           | 38.2             |
| 50/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      | 94.3            | 96.1                 | 94.3           | 70.0           | 39.0             |
| 51/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      | 96.2            | 98.0                 | 96.2           | 71.4           | 39.7             |
| 52/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      | 98.1            | 100.0                | 98.2           | 72.8           | 40.5             |
| 53/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 | 100.0                |                 | 100.0                |                | 74.2           | 41.3             |
| 54/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 75.6           | 42.1             |
| 55/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 77.0           | 42.8             |
| 56/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 78.4           | 43.5             |
| 57/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 79.8           | 43.3             |
| 58/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 80.2           | 44.1             |
| 59/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 81.6           | 44.9             |
| 60/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 82.0           | 45.7             |
| 61/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 84.4           | 46.5             |
| 62/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 85.8           | 47.2             |
| 63/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 87.2           | 48.0             |
| 64/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 88.6           | 48.8             |
| 65/32                  |                 |                     |               |                   |              |                    |                    |                 |                    |                      |                 |                      |                 |                      |                | 90.0           | 49.5             |

LLANTAS - VII

| Profundidad del Deseño |   | EXTRA | 33.25-35 | ESPECIAL | 33.5-35 |
|------------------------|---|-------|----------|----------|---------|
| 66/32                  | Nota: Las llantas deben de retirarse para su reparación cuando tengan un 10% de vida, o sea como se indica en treintadosavos abajo de cada medida, excepto cuando por dictamen técnico tengan que retirarse antes. (Cortadas, arrancamientos, secciones, resanes, etc.)   | 91.4  | 50.3     |          |         |
| 67/32                  |   | 92.8  | 51.1     |          |         |
| 68/32                  |   | 94.2  | 51.9     |          |         |
| 69/32                  |   | 95.0  | 52.7     |          |         |
| 70/32                  |   | 96.0  | 53.5     |          |         |
| 71/32                  |   | 97.4  | 54.2     |          |         |
| 72/32                  | 1.- Para determinar el valor de una Llanta Nueva se hará en la forma siguiente:   | 98.2  | 55.0     |          |         |
| 73/32                  |   | 99.0  | 55.8     |          |         |
| 74/32                  |   | 100.0 | 56.6     |          |         |
| 75/32                  | (A).- De el precio de la Llanta Nueva se le asignará un 33.4% al casco y el resto al piso (66.6%).  |       | 57.4     |          |         |
| 76/32                  |   |       | 58.1     |          |         |
| 77/32                  |   |       | 58.9     |          |         |
| 78/32                  |   |       | 59.7     |          |         |
| 79/32                  | Ejem. Determinar el valor de una Llanta Nueva 16.00-25 que ha rodado 18/32 ó sea aprox. el 50% de su vida: precio Llanta 16.00-25 \$10,000.00 de lo cual corresponde al casco \$ 3,333.00 y al piso \$6,666.00 por lo tanto como la Llanta ha rodado la mitad de su vida, el piso tendrá un valor de \$3,333.00 que agregandole El Valor de el casco nos dará el valor real de la Llanta que será de: \$6,666.00. |       | 60.5     |          |         |
| 80/32                  |   |       | 61.3     |          |         |
| 81/32                  |   |       | 62.0     |          |         |
| 82/32                  |   |       | 62.8     |          |         |
| 83/32                  |   |       | 63.6     |          |         |
| 84/32                  |   |       | 64.4     |          |         |
| 85/32                  |   |       | 65.2     |          |         |
| 86/32                  |   |       | 65.9     |          |         |
| 87/32                  |   |       | 66.7     |          |         |
| 88/32                  |   |       | 67.5     |          |         |
| 89/32                  |   |       | 68.2     |          |         |
| 90/32                  |   |       | 69.1     |          |         |
| 91/32                  |   |       | 69.9     |          |         |
| 92/32                  |   |       | 70.7     |          |         |
| 93/32                  |   |       | 71.5     |          |         |
| 94/32                  |   |       | 72.3     |          |         |
| 95/32                  |   |       | 73.1     |          |         |
| 96/32                  |   |       | 73.9     |          |         |
| 97/32                  |   |       | 74.7     |          |         |
| 98/32                  |   |       | 75.5     |          |         |
| 99/32                  |   |       | 76.4     |          |         |
| 100/32                 |   |       | 77.3     |          |         |

LLANTAS VII

| Profundidad<br>del<br>Diseño | ESPECIAL<br>33.5-35 |
|------------------------------|---------------------|
| 101/32                       | 78.1                |
| 102/32                       | 78.9                |
| 103/32                       | 79.8                |
| 104/32                       | 80.8                |
| 105/32                       | 81.7                |
| 106/32                       | 82.6                |
| 107/32                       | 83.5                |
| 108/32                       | 84.5                |
| 109/32                       | 85.4                |
| 110/32                       | 86.2                |
| 111/32                       | 87.1                |
| 112/32                       | 87.9                |
| 113/32                       | 88.8                |
| 114/32                       | 89.7                |
| 115/32                       | 90.4                |
| 116/32                       | 91.1                |
| 117/32                       | 91.9                |
| 118/32                       | 92.7                |
| 119/32                       | 93.4                |
| 120/32                       | 94.2                |
| 121/32                       | 95.0                |
| 122/32                       | 95.8                |
| 123/32                       | 96.6                |
| 124/32                       | 97.3                |
| 125/32                       | 98.0                |
| 126/32                       | 98.7                |
| 127/32                       | 99.3                |
| 128/32                       | 100.0               |



# AVALUO DE LLANTAS

Otra: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Máquina \_\_\_\_\_

Llegada de \_\_\_\_\_

No. Eco. \_\_\_\_\_

Sale a \_\_\_\_\_

Formuló \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

| POSICION | MARCA | SERIE | MEDIDA Y No.<br>DE CAPAS | N<br>R | ESTADO | 32 veces | % VIDA | CASCO | PISO | TOTAL |
|----------|-------|-------|--------------------------|--------|--------|----------|--------|-------|------|-------|
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |
|          |       |       |                          |        |        |          |        |       |      |       |

BITACORA

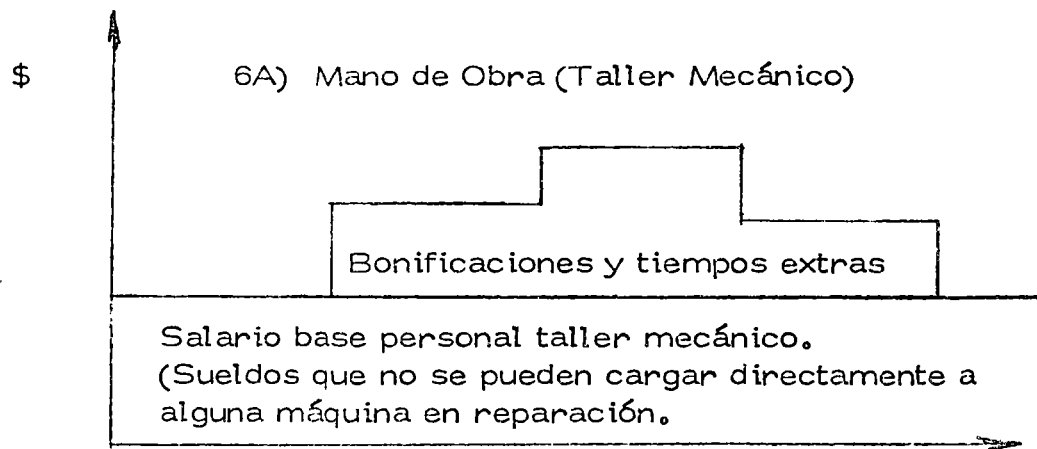
• N = Nueva  
R = Renovada

6) Taller Mecánico

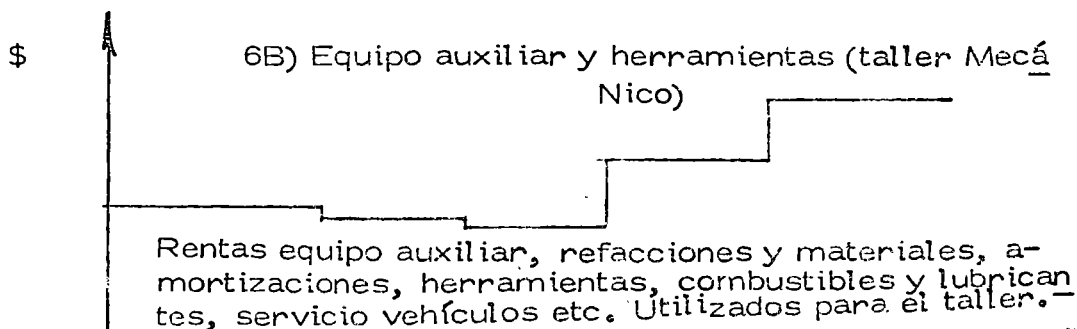
El costo de taller mecánico se divide a su vez en: Mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento.

6A) Mano de obra. (Taller Mecánico)

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

6B) Equipo Auxiliar y Herramientas. (Taller Mecánico).

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



6C) Mantenimiento (Taller Mecánico).

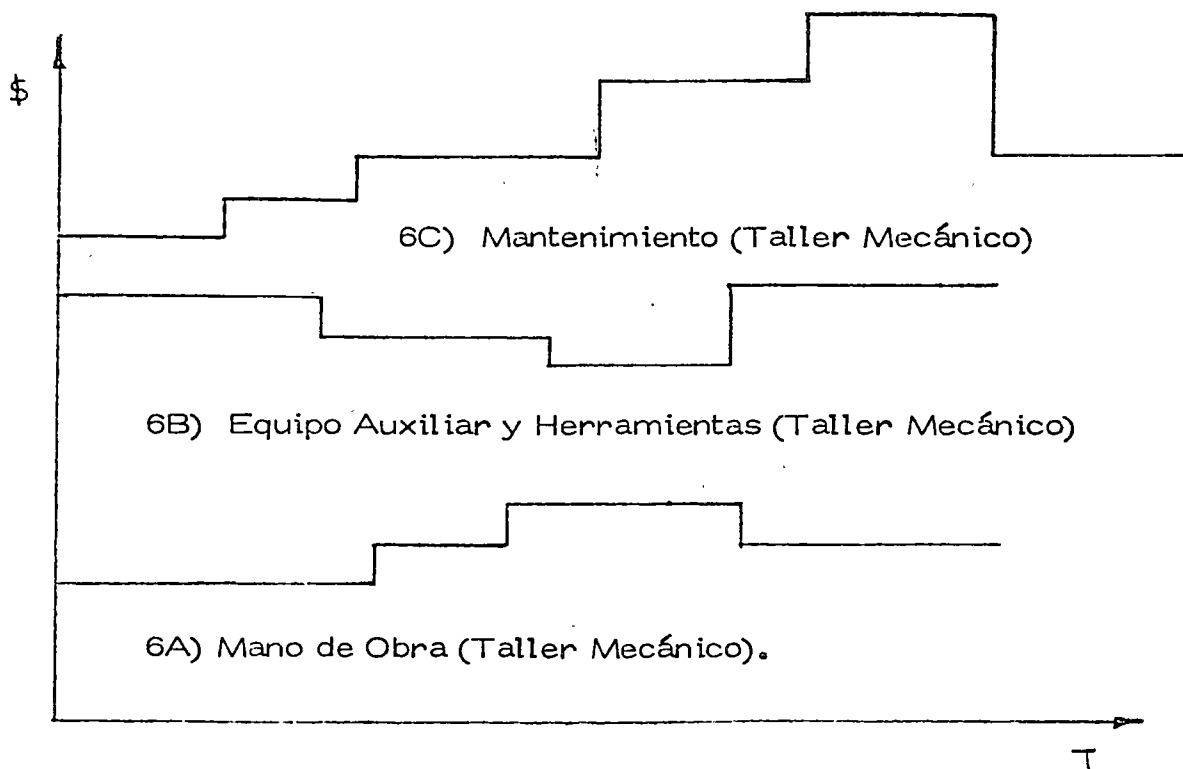
Costo de materiales que no pueden cargarse directamente a una máquina o grupo de máquinas.



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

GRAFICA

COSTO TOTAL - TALLER MECANICO



### PRORRATEO DEL COSTO DEL TALLER MECANICO.

El costo indirecto del taller mecánico, suma de los tres conceptos anteriores, debe prorratearse utilizando la forma No. 5 entre el -- equipo mayor, menor y vehículos en forma siguiente:

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

### III.- FACTORES PARA EL REEMPLAZO DE EQUIPO.

#### A) Objetivos del Reemplazo

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

Existen métodos que permiten determinar el momento óptimo de reemplazo.

Los métodos de reemplazo económico determinan la vida económica para la cual se maximiza la utilidad neta o minimiza el costo total.

En la práctica los métodos utilizados son los que minimizan el costo.

Su aplicación práctica se hace, al equipo considerado mayor, en análisis individuales y por equipo.

B) Integración de los costos para el análisis de reemplazo.

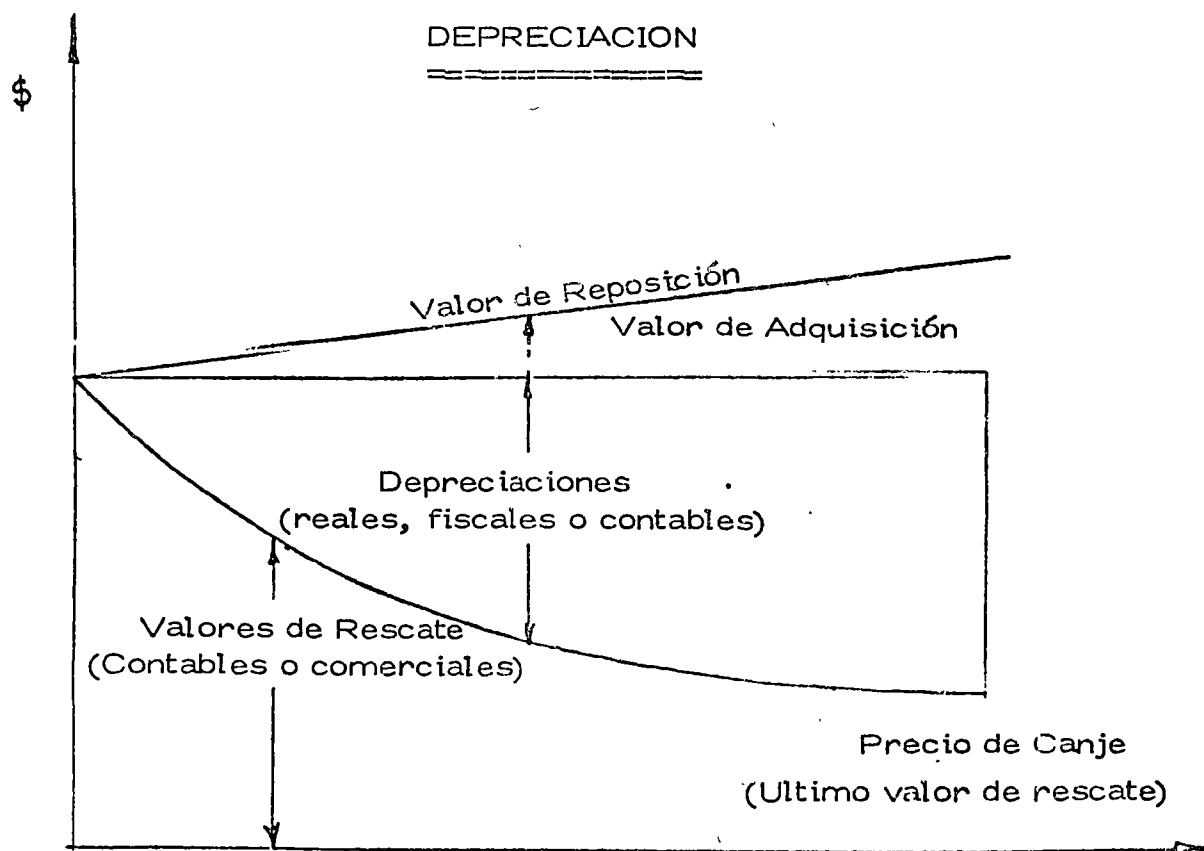
Los costos tratados anteriormente a nivel de obra como operación, - consumos, mantenimiento, rentas, llantas y taller mecánico se integran a los costos que se llevan en la empresa para efectos de análisis de reemplazo de equipo, políticas de precios, eficiencia, selección - de equipos, etc., de la siguiente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

| <u>COSTOS A NIVEL DE OBRA</u> | <u>COSTOS A NIVEL DE EMPRESA.</u>  |
|-------------------------------|--|
| OPERACION                     | COSTO<br>DE<br><u>MANTENIMIENTO</u><br><br><u>TOTAL</u>  |
| CONSUMOS                      |  |
| MANTENIMIENTO (PREVENTIVO)    |  |
| LLANTAS                       |  |
| TALLER MECANICO               |  |
| RENTAS                        | MANTENIMIENTO CORRECTIVO<br><br><u>DEPRECIACION</u><br><br><u>INVERSION</u><br><br><u>OBSOLESCENCIA</u><br><br><u>MAQUINA PARADA</u> |
| MANTENIMIENTO CORRECTIVO      |  |
| DEPRECIACION                  |  |
| COSTO DE CAPITAL              |  |
| INNOVACIONES TECNOLOGICAS     |  |
| EQUIPO IMPRODUCTIVO PARADO    |  |

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

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

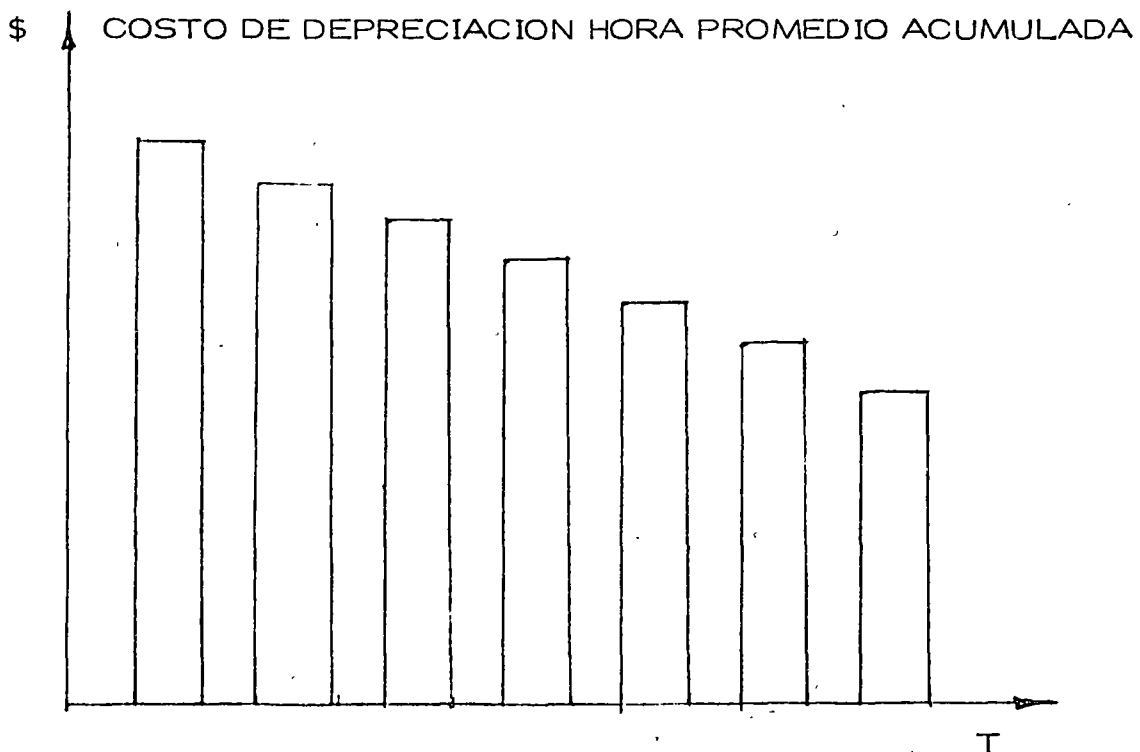
|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <u>Depreciación Real.</u> - | Valores de rescate, comerciales reales.  |
| <u>Máquina parada.</u> -    | Valores comerciales de renta.  |
| <u>Inversión.</u> -         | Costo de capital, tasa de intereses, etc.<br>Actualización del dinero.   |
| <u>Mantenimiento.</u> -     | Integrado por todos los conceptos de operación, consumos, llantas, taller mecánico, mantenimiento menor o -- preventivo y mantenimiento mayor o correctivo. Se explica a continuación y lo denominaremos costo de mantenimiento total. |
| <u>Obsolescencia.</u> -     | Innovaciones tecnológicas  |



## COSTO DE DEPRECIACION

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

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



El costo de depreciación aconseja retener la máquina o equipo en cuestión pues el costo siempre es decreciente.

## MAQUINA PARADA

### TIEMPOS DE MAQUINA PARADA

(TIEMPOS MUERTOS)

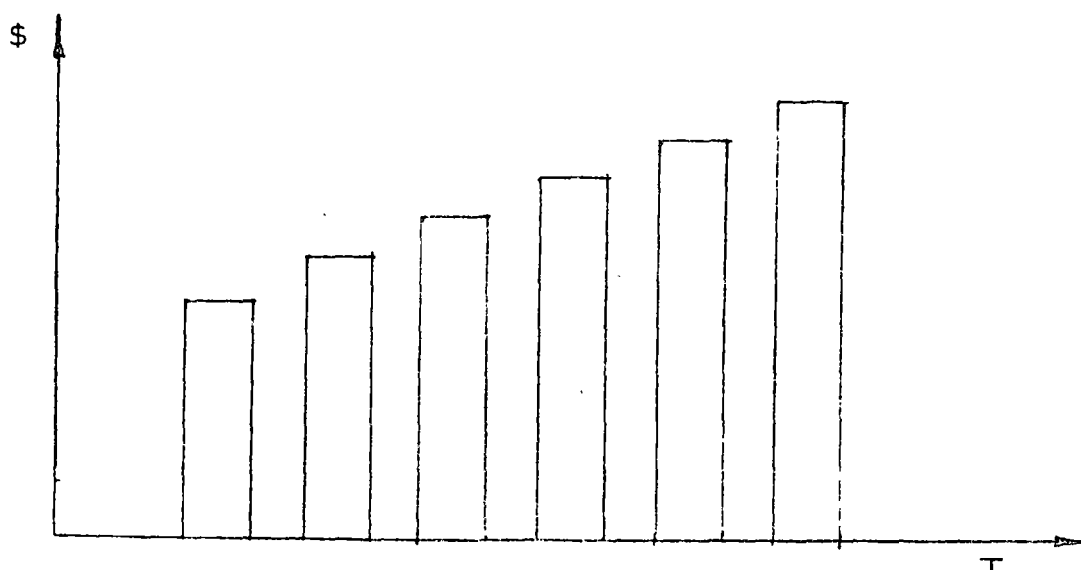
En términos generales se considera que la eficiencia de un equipo no es el 100% y existe una regla empírica de considerar un 3% de diferencia para los 3 primeros años y después un decremento de 2% durante 6 años.

Es decir :

|                                | 1er.<br>Año | 2o.<br>Año | 3er.<br>Año | 4o.<br>Año | 5o.<br>Año | Etc. |
|--------------------------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|------|
| Eficiencia o<br>Disponibilidad | 97%         | 94%        | 92%         | 90%        | 88%        | Etc. |
| 100% Eficiencia                | 400 hs.     | 400        | 400         | 400        | 400        |      |
| Disponibilidad                 | 388         | 376        | 368         | 360        | 352        |      |

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

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





## COSTO POR HORA ACUMULADA MAQUINA PARADA

En realidad es más usual y conveniente interpretar el "Costo de Máquina Parada" al equivalente de un equipo rentado que sustituye efectivamente al equipo parado por causas imprevisibles o simplemente considerar este costo de un equipo rentado aunque sea por falta de tramo o cualquier otro motivo.

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

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

## INVERSION

Costo de Inversión.

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

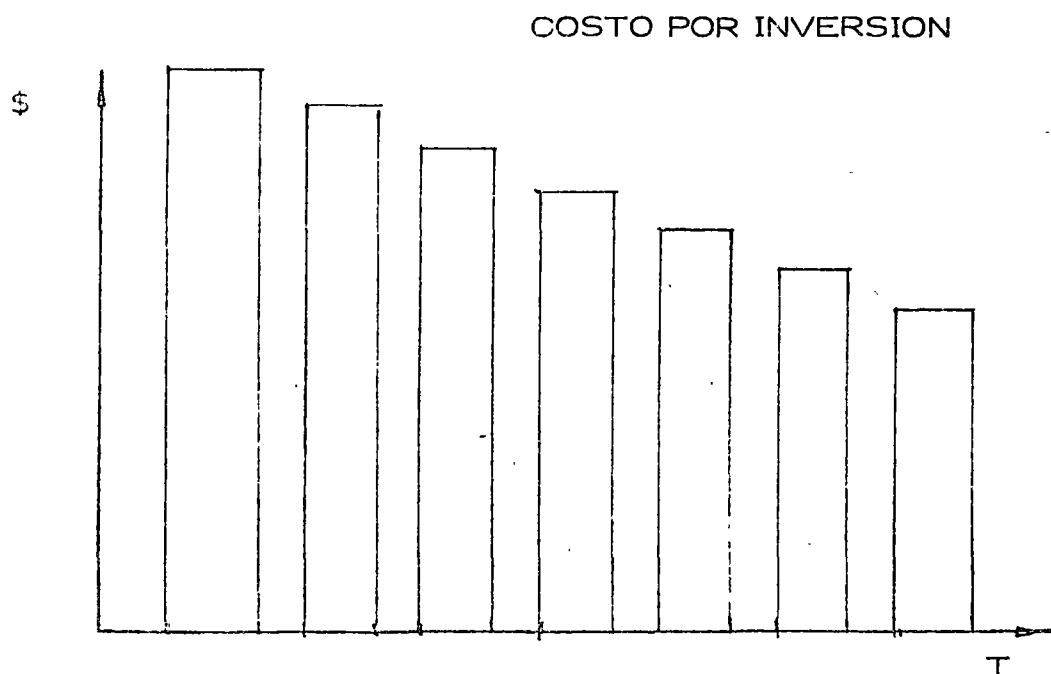
Se calcula en promedio de la siguiente forma



$I = \text{Costo por Inversión}$

$$I = \frac{VA + VR}{2 HA} I$$

Costo por Inversión.- Es el promedio del valor de adquisición más el valor de rescate multiplicado por la tasa de interés considerada -- entre el número de horas acumuladas para obtener el costo por inversión por hora promedio acumulada.



COSTO POR HORA ACUMULADA INVERSION.-

La inversión generalmente aconseja retener la máquina dado que el costo de capital tiende a disminuir, ("La inversión es rentable").

La suma de minimizar los costos nos determinará más adelante el momento de costo mínimo óptimo, después del cual se aconseja estudiar el reemplazo de equipo; es decir cuando los costos empiezan a incrementarse en forma continua y muestran que seguirán esa tendencia.

En forma estricta se debe utilizar el concepto de "valor actualizado" que calcula el valor del dinero en el tiempo relacionando las cantidades erogadas con los períodos, trasladando la inversión total a un punto de referencia (horizonte en el tiempo) para tomar la decisión con seguridad del valor absoluto.

## MANTENIMIENTO

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

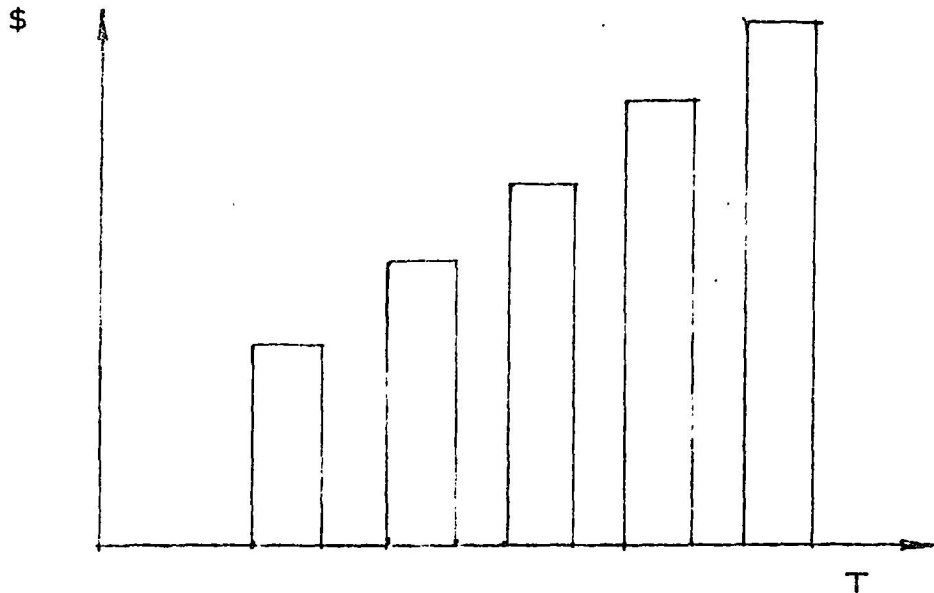
El mantenimiento preventivo corresponde a los gastos ocasionados en reparaciones menores y en mantenimiento como su nombre lo indica para conservar en condiciones de trabajo la máquina durante su vida útil sin necesidad de interrumpir gravosamente su ritmo de trabajo, - (materiales, refacciones, mano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

El mantenimiento correctivo o mayor corresponde a las erogaciones por concepto de reparaciones generales en las que sí es determinante desarmar totalmente y dejar al equipo nuevamente en condiciones de trabajo. Este mantenimiento sí ocasiona paros en los frentes de trabajo que hay que preveer con equipo alternativo

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

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

## COSTO POR HORA ACUMULADA MANTENIMIENTO



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

## OBSOLESCENCIA

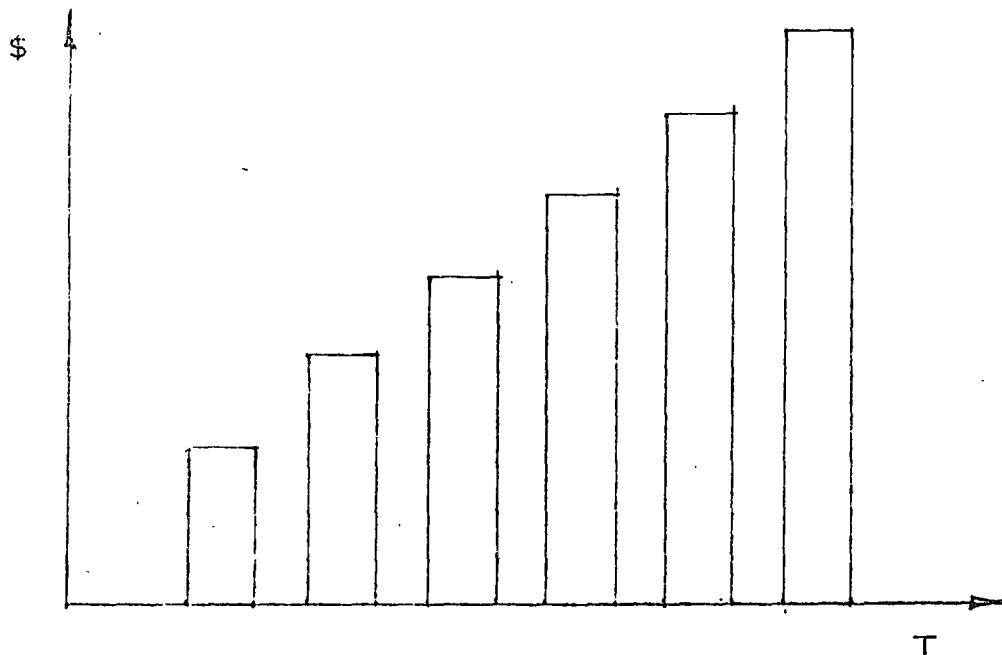
Se considera el efecto que producen las innovaciones tecnológicas, es decir la capacidad de producción que pueden tener los equipos con las mejoras de diseños.

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

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

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

Los efectos adversos del equipo obsoleto (anticuado), son determinantes como lo muestra la gráfica que aconseja reemplazar el equipo -- pues los costos se incrementan al no actualizar el equipo por este concepto.



#### COSTO POR HORA ACUMULADA OBSOLESCENCIA

Otros conceptos implícitos en los factores a utilizar son:

##### Vida de la Máquina .- (Utilización).

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

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

##### Costo de Reposición .-

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

### Depreciación Real vs, Depreciación Fiscal o Contable.

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

#### Cargo por Seguros.-

Es el necesario para cubrir los riesgos a que está sujeta la maquinaria de construcción durante su vida económica, por accidentes que puede sufrir, este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure en una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos, a los posibles riesgos de la maquinaria (autoaseguramiento).

#### Cargo por Almacenaje.-

Es el derivado de las erogaciones necesarias para la guarda y la vigilancia de la maquinaria durante sus períodos de inactividad, dentro de su vida económica, incluye todos los gastos que se realizan por ese motivo como son: la renta o amortización y mantenimiento de las bodegas o patios de guarda y la vigilancia necesaria para la maquinaria.

#### Cargo por Transporte.-

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

## IV. - METODOLOGIA Y EJEMPLOS

### A) Método de Comparación Simple.

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

Se ilustra con el siguiente ejemplo:

Duración del trabajo a ejecutar:

Un Año

Datos de la Máquina Usada :

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| Valor de mantenimiento mayor:         | \$ 150,000 |
| Mantenimiento preventivo mensual:     | \$ 40,000  |
| Valor de rescate actual:              | \$ 150,000 |
| Valor de rescate al final del trabajo | \$ 100,000 |

Datos de la Máquina Nueva :

|  |            |
|--|------------|
| Valor de adquisición:                  | \$ 600,000 |
| Mantenimiento preventivo mensual:      | \$ 25,000  |
| Valor de rescate al final del trabajo: | \$ 300,000 |

Alternativas de Conservar Máquina Usada:

$$\begin{aligned} \text{CMU} &= 150,000 + 40,000 \times 12 - 100,000 \\ &= 150,000 + 480,000 - 100,000 \end{aligned}$$

$$\text{CMU} = 530,000$$

Alternativa de Conservar Máquina Nueva:

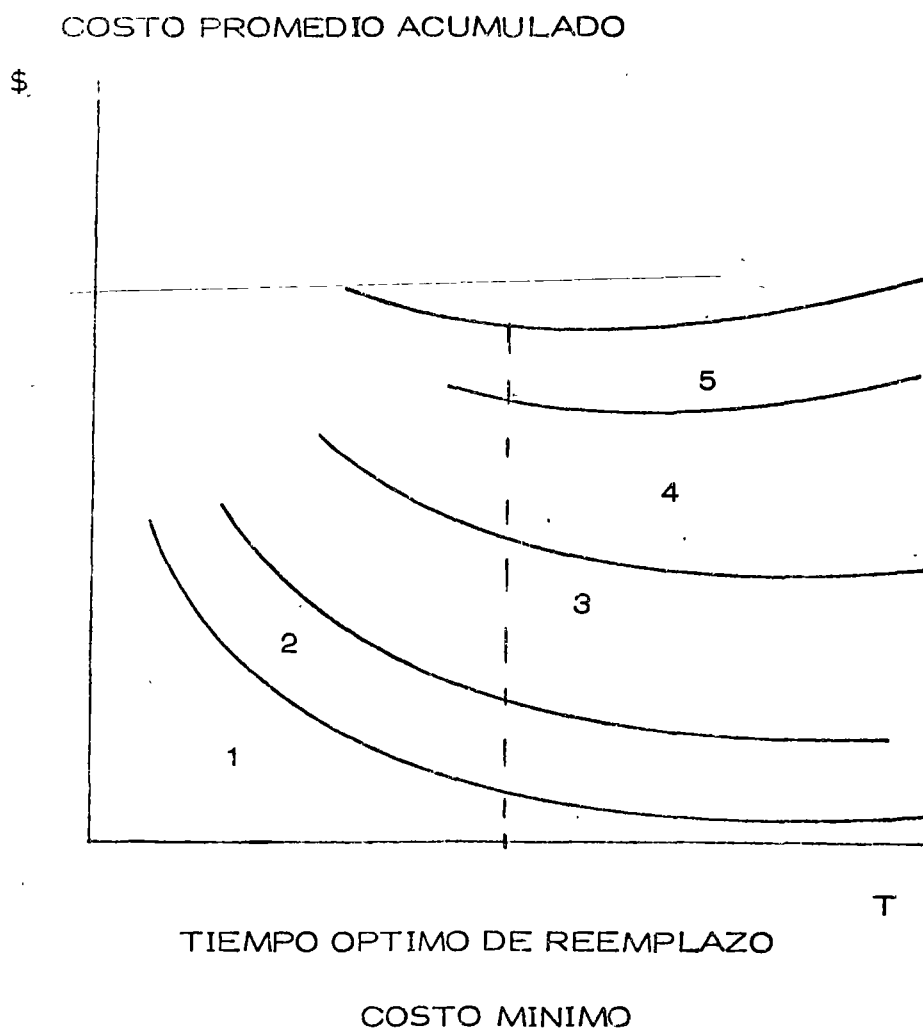
$$\begin{aligned} \text{CMN} &= (600,000 - 150,000) + 25,000 \times 12 - 300,000 \\ &= 450,000 + 300,000 - 300,000 \end{aligned}$$

$$\text{CMN} = 450,000$$

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

B) Método de los Costos Promedios Acumulados.

Presentación de Este Método en Diapositivas



1. Depreciación
2. Inversión
3. Mantenimiento
4. Obsolescencia
5. Máquina Parada



C) Método de los Costos Actualizados.

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

Tres ejemplos de soluciones serán explicados.

Los dos primeros serán consagrados a una presentación simplificada del método; el tercer ejemplo será más completo tomando en cuenta -- muy particularmente los efectos de la actualización.

Primer Ejemplo:

Un transportista compra un camión nuevo cuyo valor es de ----- \$ 60,000.00, él quiere saber cual es el tiempo óptimo de reposición -- de este equipo, es decir, al cabo de cuantos años hay que venderlo -- para comprar uno nuevo.

Los datos necesarios son:

- a) El ritmo de depreciación del equipo, este ritmo se aplica no solo por la amortización contable o fiscal pero también por el valor -- real de reventa o rescate, al cabo de un año...N años. (Costo -- de depreciación).

En este caso supondremos que este valor de reventa es de :

|    |           |    |      |    |   |      |
|----|-----------|----|------|----|---|------|
| \$ | 30,000.00 | al | cabo | de | 1 | año  |
| \$ | 15,000.00 | al | cabo | de | 2 | años |
| \$ | 7,500.00  | al | cabo | de | 3 | años |
| \$ | 3,750.00  | al | cabo | de | 4 | años |
| \$ | 2,000.00  | al | cabo | de | 5 | años |
| \$ | 2,000.00  | al | cabo | de | 6 | años |

Estos \$ 2,000.00 son válidos para cualquier año después del 5o., y estos representan el valor de rescate en cualquier momento, -- inclusive como chatarra. (Ultimo valor de rescate o precio de canje).

Esta hipótesis de depreciación supone que el camión pierde cada -- año la mitad de su valor; esto es muchas veces más realista que -- ciertas convenciones fiscales o contables.

b) Los Costos de Mantenimiento y de Explotación Anuales del Equipo.

La utilización del camión tiene dos series de consecuencias.

- 1a. Incrementos de los gastos de mantenimiento y de reparación. (Costo de Mantenimiento).
- 2a. Abatimiento de la productividad o de la calidad del servicio requerido. (Costo de Obsolescencia).

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

Uno debe tomar en cuenta los costos suplementarios ocasionados en su caso por el arrendamiento de un camión de reposición durante las descomposturas (costo máquina parada), o bien por la interrupción de productividad debida a la disminución del tonelaje - - transportado.

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

|    |           |                 |
|----|-----------|-----------------|
| \$ | 10,000.00 | por el 1er. año |
| \$ | 12,000.00 | por el 2o. año  |
| \$ | 14,000.00 | por el 3er. año |
| \$ | 18,000.00 | por el 4o. año  |
| \$ | 23,000.00 | por el 5o. año  |
| \$ | 28,000.00 | por el 6o. año  |
| \$ | 34,000.00 | por el 7o. año  |
| \$ | 40,000.00 | por el 8o. año  |

c) El valor de Reposición.

Supondremos que uno reemplaza el camión por un equipo que otorgará exactamente los mismos servicios que el anterior que se compró en \$ 60,000.00 (si se tomará en cuenta el progreso técnico, su valor de reposición para un mismo servicio es diferente al precio-considerado). (Costo de Reposición).

En consecuencia a esta serie de hipótesis; como fijaremos el tiempo de reemplazo del camión?, la respuesta a esta pregunta está -

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

CUADRO No. 1

| 1<br>NO N. | 2<br>VALOR DE REVENTA<br>O RESCATE | 3<br>COSTO DE<br>DEPRECIACION | 4<br>COSTO DE<br>UTILIZACION | 5<br>COSTO TOTAL<br>ANUAL | 6<br>COSTO<br>ACUMULADO | 7<br>COSTO ANUAL<br>MEDIO |
|------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
|            | ( 60,000)                          |                               |                              |                           |                         |                           |
| 1          | 30,000                             | 30,000                        | 10,000                       | 40,000                    | 40,000                  | 40,000                    |
| 2          | 15,000                             | 15,000                        | 12,000                       | 27,000                    | 67,000                  | 33,500                    |
| 3          | 7,500                              | 7,500                         | 14,000                       | <u>21,500</u>             | 88,500                  | 29,500                    |
| 4          | 3,750                              | 3,750                         | 18,000                       | 21,750                    | 110,250                 | 27,560                    |
| 5          | 2,000                              | 1,750                         | 23,000                       | 24,750                    | 135,000                 | <u>27,000</u>             |
| 6          | 2,000                              | 0                             | 28,000                       | 28,000                    | 163,000                 | 27,170                    |
| 7          | 2,000                              | 0                             | 34,000                       | 34,000                    | 197,000                 | 27,900                    |
| 8          | 2,000                              | 0                             | 40,000                       | 40,000                    | 237,000                 | 29,600                    |

dada por el siguiente cálculo sucesivo:

Los costos totales anuales (depreciación del año considerado más costos de utilización). (Columna No. 5 del Cuadro No. 1).

Costos totales acumulados del año considerando. (Columna No. 6 del Cuadro No. 1).

Costo medio anual. (Columna No. 7 del Cuadro No. 1).

La duración de utilización óptima es aquella para la cual este costo medio anual es mínimo. Referencia Cuadro No. 1.

La política óptima es entonces reemplazar el camión al cabo de 5 años donde el costo medio anual ocasionado por la utilización de este camión, es mínima (de 27,000.00).

Nota: Lo que acabamos de hacer no es totalmente exacto: Si existe realmente como lo hemos supuesto un mercado de ocasión, en el que se pueden conseguir camiones usados de 1, 2, 3, - etc. años, susceptibles de dar los mismos servicios de un camión nuevo, la política óptima consistirá para nuestro transportista el comprar cada año un camión usado de dos años (que conforme al cuadro No. 1 pagaría \$ 15,000.00 por su compra), y la reventa en el mismo año sería de \$ 7,500.00; el costo anual sería entonces en estas condiciones:

$$\$ 7,500.00 + \$ 14,000.00 = \$ 21,500.00$$

Valor que es el mínimo de la columna No. 5, y que corresponde efectivamente a la que el transportista gastaría cada año para asegurar el servicio considerado.

Esta política es mejor que la definida anteriormente, consistiendo en comprar camiones nuevos y conservarlos 5 años; dado que esta última corresponde al mínimo de la columna No. 7 costándonos \$ 27,000.00 en diferencia contra \$ 21,500.00.

Segundo Ejemplo:

Una máquina "X" cuesta \$ 10,000.00; los gastos ocasionados para su

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

CUADRO No. 2

| 1<br>Nº N | 2<br>VALOR DE REVENTA<br>O RESCATE | 3<br>COSTO DE<br>DEPRECIACION | 4<br>COSTO DE<br>UTILIZACION | 5<br>COSTO TOTAL<br>ANUAL | 6<br>COSTO<br>ACUMULADO | 7<br>COSTO ANUAL<br>MEDIO |
|-----------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
|           | (10,000)                           |                               |                              |                           |                         |                           |
| 1         | 1,000                              | 9,000                         | 200                          | 9,200                     | 9,200                   | 9,200                     |
| 2         | 1,000                              | 0                             | 2,200                        | 2,200                     | 11,400                  | 5,700                     |
| 3         | 1,000                              | 0                             | 4,200                        | 4,200                     | 15,600                  | 5,200                     |
| 4         | 1,000                              | 0                             | 6,200                        | 6,200                     | 21,800                  | 5,450                     |
| 5         | 1,000                              | 0                             | 8,200                        | 8,200                     | 30,000                  | 6,000                     |
| 6         | 1,000                              | 0                             | 10,200                       | 10,200                    | 40,200                  | 6,700                     |

funcionamiento son de \$ 200.00 el primer año; estos aumentan \$ 2,000.00 por año, en este caso no hay mercado de ocasión, entonces el valor de reventa es muy bajo y consideraremos que desde el primer año es de \$ 1,000.00.

En el cuadro anterior vemos que el óptimo de reemplazo consiste en reemplazar la máquina al fin del tercer año de utilización y que el mínimo costo anual medio ocasionado por la utilización de esta máquina es de \$ 5,200.00 por año.

### Tercer Ejemplo:

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

La secuencia en forma muy general es la siguiente :

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

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

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

|          |   |
|----------|---|
| Equipo A | Valor de compra de este equipo es de \$ 50,000.00; sus costos de utilización anual son de \$ 8,000.00 por los primeros cinco años y aumentan \$ 2,000.00 por año. |
| Equipo B | Valor de compra de este equipo es de \$ 25,000.00; sus costos de utilización anuales son de \$ 12,000.00 por año.   |

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

Principio del cálculo: Si  $C$  es el valor de compra de uno de los equipos.  $F_1, F_2, F_3, \dots, F_n$ , son los costos totales de utilización al cabo de 1, ...,  $N$  años.

IV.- METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

CUADRO No.3

ALTERNATIVA "A"

| ANO N | DEPRECIACION | COSTOS DE UTILIZACION | COSTO TOTAL ANUAL | FACT.ACT. $\frac{1}{(1+i)^N}$ | COSTO TOTAL ACTUALIZADO P(N) ACUMULADO. | COSTO MEDIO ANUAL $P = \frac{P(N) \cdot (1-R)}{1-R^N}$ |
|-------|--------------|-----------------------|-------------------|-------------------------------|---|--|
| 1     | 50,000       | 8,000                 | 58,000            | 1                             | 58,000                                  | 58,000   |
| 2     | 0            | 8,000                 | 8,000             | 0.91                          | 65,280                                  | 34,178   |
| 3     | 0            | 8,000                 | 8,000             | 0.83                          | 71,920                                  | 26,266   |
| 4     | 0            | 8,000                 | 8,000             | 0.75                          | 77,920                                  | 22,316   |
| 5     | 0            | 8,000                 | 8,000             | 0.68                          | 83,360                                  | 19,955   |
| 6     | 0            | 10,000                | 10,000            | 0.62                          | 89,560                                  | 18,653   |
| 7     | 0            | 12,000                | 12,000            | 0.56                          | 96,280                                  | 17,931   |
| 8     | 0            | 14,000                | 14,000            | 0.51                          | 103,420                                 | 17,570   |
| 9     | 0            | 16,000                | 16,000            | 0.47                          | 110,940                                 | <u>17,453</u>  |
| 10    | 0            | 18,000                | 18,000            | 0.42                          | 118,500                                 | 17,467   |
| 11    | 0            | 30,000                | 30,000            | 0.35                          | 129,000                                 | 17,982   |
| 12    | 0            | 44,000                | 44,000            | 0.32                          | 143,080                                 | 19,006   |

IV. - METODOLOGIA Y EJEMPLOS.

| AÑO | DEPRECIACION | MANT.   | ABSOL.  | M.P.    | UTIL.   | COSTO TOTAL | FVA<br>$\frac{1}{(1+i)^n}$ | COSTO TOTAL<br>ACTUALIZADO<br>P(n) ACUM. | COSTO MEDIO ANUAL<br>$P = \frac{P(n) \cdot (1-r)}{1-r^n}$ |
|-----|--------------|---------|---------|---------|---------|-------------|----------------------------|--|---|
| 1   | 700,000      | 30,000  |         |         | 30,000  | 730,000     | 1                          | 730,000                                  | 730,000   |
| 2   | 500,000      | 70,000  |         |         | 70,000  | 570,000     | 0.89                       | 1'237,300                                | 654,656.04  |
| 3   | 300,000      | 150,000 |         |         | 150,000 | 450,000     | 0.80                       | 1'547,300                                | 595,540.68  |
| 4   | 300,000      | 150,000 |         |         | 150,000 | 450,000     | 0.71                       | 1'916,800                                | 565,916.99  |
| 5   | 200,000      | 200,000 | 50,000  |         | 250,000 | 450,000     | 0.64                       | 2'204,800                                | 549,210.16  |
| 6   | 0            | 250,000 | 100,000 | 50,000  | 400,000 | 400,000     | 0.57                       | 2'432,800                                | 532,003.73  |
| 7   | 0            | 250,000 | 100,000 | 50,000  | 400,000 | 400,000     | 0.51                       | 2'636,800                                | 520,091.13  |
| 8   | 0            | 300,000 | 150,000 | 200,000 | 600,000 | 600,000     | 0.45                       | 2'700,026                                | <u>489,827.91</u>   |
| 9   | 0            | 400,000 | 250,000 | 200,000 | 650,000 | 650,000     | 0.40                       | 2'960,026                                | 501,201.96  |
| 10  | 0            | 400,000 | 230,000 | 250,000 | 880,000 | 880,000     | 0.36                       | 3'276,826                                | 523,771.80  |

V.A. 2'000,000

$i = 12\%$

$r = 0.89$

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

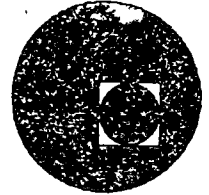
F.A. =  $\frac{1}{(1+i)^n}$

P(n) = F.A. (ct).





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA XII. METODOS DE SELECCION DE EQUIPO.

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA.

JULIO, 1978.



SELECCION DE EQUIPO DE

CONSTRUCCION

DESARROLLO DE UN PROBLEMA

El problema ha sido simplificado para facilitar su  
uso didáctico.

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERIN\_TENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIEN\_TE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M<sup>3</sup>, DE UN BANCO - DE PRESTAMO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TE\_REX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3½ YD<sup>3</sup>, - LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PERFECTAS CONDI\_CIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE- LA EMPRESA NO ESTA EN POSIBILIDADES DE ADQUI-RIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 1200 MTS.

## CALCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO EN MOTOESCREPA

### TEREX TS - 14

#### DATOS :

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Material                            | Limo arenoso seco                             |
| Peso volumétrico                    | 1600 kg/m <sup>3</sup>                        |
| Altitud S.N.M.                      | 2000 m  |
| Longitud de acarreo                 | 1200 m  |
| 600 m                               | 1% de pendiente adversa                       |
| 300 m                               | Tramo horizontal                              |
| 300 m                               | 4% de pendiente favorable                     |
| Camino revestido                    |   |
| Coefficiente de abundamiento        | 1.25 o su recíproco 0.8                       |
| Capacidad de la motoescrepa colmada | 15 m <sup>3</sup>                             |
| Peso de la máquina vacía            | 24.1 ton                                      |
| Peso de la máquina cargada          | $24.1 + 1600 \times 0.8 \times 15 = 43.3$ ton |
| Costo directo hora máquina          | \$ 322.00                                     |

(ver la siguiente hoja)

Motoescrepas de tiro y empuje

|                                |  |   |
|--------------------------------|--|---|
| CONSTRUCTORA<br>_____<br>_____ | Máquina: <u>Motoescropa</u><br>Modelo: <u>Terex TS-14</u><br>Datos Adic: _____ | Hoja No: _____<br>Calculó: _____<br>Revisó: _____<br>Fecha: _____ |
| OBRA: _____                    |  |   |

## DATOS GENERALES

|  |  |
|--|--|
| Precio adquisición: \$ <u>1'200,000.00</u>             | Fecha cotización: <u>Enero/73</u>            |
| Equipo adicional -<br><u>Llantas</u> <u>124,000.00</u> | Vida económica (Ve): <u>5</u> años           |
| Valor inicial (Va): <u>\$ 1'076,000.00</u>             | Horas por año (Ha): <u>2000</u> hr/año       |
| Valor rescate (Vr): <u>10% = \$ 120,000.00</u>         | Motores <u>Diesel</u> de <u>160</u> HP.      |
| Tasa interés (i): <u>12%</u>                           | Factor operación: <u>0.7</u>                 |
| Prima seguros (s): <u>2%</u>                           | Potencia operación: <u>2x7x 1.60</u> HP. óp. |
|  | Coefficiente almacenaje (K): <u>0.1</u>      |
|  | Factor mantenimiento (Q): <u>0.75</u>        |

## I. CARGOS FIJOS.

|                   |                            |  |                                   |
|-------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| a) Depreciación:  | $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$   | $= \frac{1076000 - 120000}{10000}$                     | $= \$ 95.60$                      |
| b) Inversión:     | $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$ | $= \frac{1076000 + 120000}{2 \times 2000} \times 0.12$ | $= 35.88$                         |
| c) Seguros:       | $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$ | $= \frac{1076000 + 120000}{2 \times 2004} \times 0.02$ | $= 5.98$                          |
| d) Almacenaje:    | $A = KD$                   | $= 0.1 \times 95.60$                                   | $= 9.56$                          |
| e) Mantenimiento: | $M = QD$                   | $= 0.75 \times 95.60$                                  | $= \underline{\underline{71.70}}$ |

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 218.72



## SOLUCION

- A) Resistencia al Rodamiento: 15kg/por cada ton de máquina por cada 2.5 cm de penetración.

Penetración en camino revestido: 5 cm.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ kg/ton M.}$$

Sumando 20 kg/ton M. por deformaciones de llantas, fricciones internas, etc., tendremos:

$$\text{Resistencia al rodamiento} = 30 + 20 = 50 \text{ kg/ton M.}$$

- B) Resistencia por Pendiente: 10 kg/ton M. por cada 1%

$$\text{Tramo de 600 m de ida} = 1\% \times 10 = 10 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m de ida} = 0$$

$$\text{Tramo de 300 m de ida} = 4\% \times 10 = 40 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m de regreso} = 4\% \times 10 = 40 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m de regreso} = 0$$

$$\text{Tramo de 600 m de regreso} = 1\% \times 10 = 10 \text{ kg/ton M.}$$

- C) Resistencia Total de Ida :

$$\text{Tramo de 600 m} = 50 + 10 = 60 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 + 0 = 50 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 - 40 = 10 \text{ kg/ton M.}$$



## D) Resistencia Total de Regreso: (vacía)

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 \mp 40 = 90 \text{ kg/ton M.}$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 \mp 0 = 50$$

$$\text{Tramo de 600 m} = 50 - 10 = 40 \text{ kg/ton M.}$$

## E) Resistencia Total de la Máquina :

a) Máquina cargada = 43.3 ton

$$\text{Tramo de 600 m} = 60 \times 43.3 = 2.6 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 \times 43.3 = 2.2 \text{ ton}$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 10 \times 43.3 = 0.4 \text{ ton}$$

b) Máquina vacía = 24.1 ton

$$\text{Tramo de 300 m} = 90 \times 24.1 = 2.2$$

$$\text{Tramo de 300 m} = 50 \times 24.1 = 1.2$$

$$\text{Tramo de 600 m} = 40 \times 24.1 = 1.0$$

## F) Corrección por Altitud :

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada } 100 \text{ m}}{100} = 5\%$$

por lo que habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

Máquina Cargada

$$2.6 \times 1.05 = 2.7 \text{ tm}$$

$$2.2 \times 1.05 = 2.3 \text{ tm}$$

$$0.4 \times 1.05 = 0.4 \text{ tm}$$

## Máquina Vacía

$$2.2 \times 1.05 = 2.3 \text{ tm}$$

$$1.2 \times 1.05 = 1.3 \text{ tm}$$

$$1.0 \times 1.05 = 1.1 \text{ tm}$$

Con los datos anteriores se entra a la gráfica proporcionada - por el fabricante, la cual anexamos al final del problema.

## G) Velocidades:

## Velocidades de la motoescrepa cargada

| Tramo | Velocidad     | Transmisión    | Velocidad media<br>0.65 x velocidad |
|-------|---------------|----------------|-------------------------------------|
| 600 m | 12m/h 19 km/h | 4 <sup>a</sup> | 12 km/h                             |
| 300 m | 16m/h 26 km/h | 5 <sup>a</sup> | 17 km/h                             |
| 300 m | 23m/h 37 km/h | 6 <sup>a</sup> | 25 km/h                             |

## Velocidad de la motoescrepa vacía

| Tramo | Velocidad     | Transmisión    | Velocidad media<br>0.65 x velocidad |
|-------|---------------|----------------|-------------------------------------|
| 300 m | 16m/h 26 km/h | 5 <sup>a</sup> | 17 km/h                             |
| 300 m | 23m/h 37 km/h | 6 <sup>a</sup> | 25 km/h                             |
| 600 m | 23m/h 37 km/h | 6 <sup>a</sup> | 25 km/h                             |

## H) Tiempos

## Tiempo de motoescropa cargada

| Tramo | Tiempo  |
|-------|---------|
| 600   | 3.0 min |
| 300   | 1.1 min |
| 300   | 0.7 min |

Total 4.8 min

## Tiempo de motoescropa vacía

| Tramo | Tiempo  |
|-------|---------|
| 300   | 1.1 min |
| 300   | 0.7 min |
| 600   | 1.5 min |

Total 3.3 min

## Tiempo total del ciclo

Tiempo fijo = 1.3

Tiempo ida = 4.8

Tiempo regreso = 3.3

Total 9.4

## I) Costo del Metro Cúbico de Material Movido en Banco

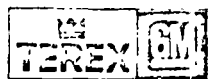
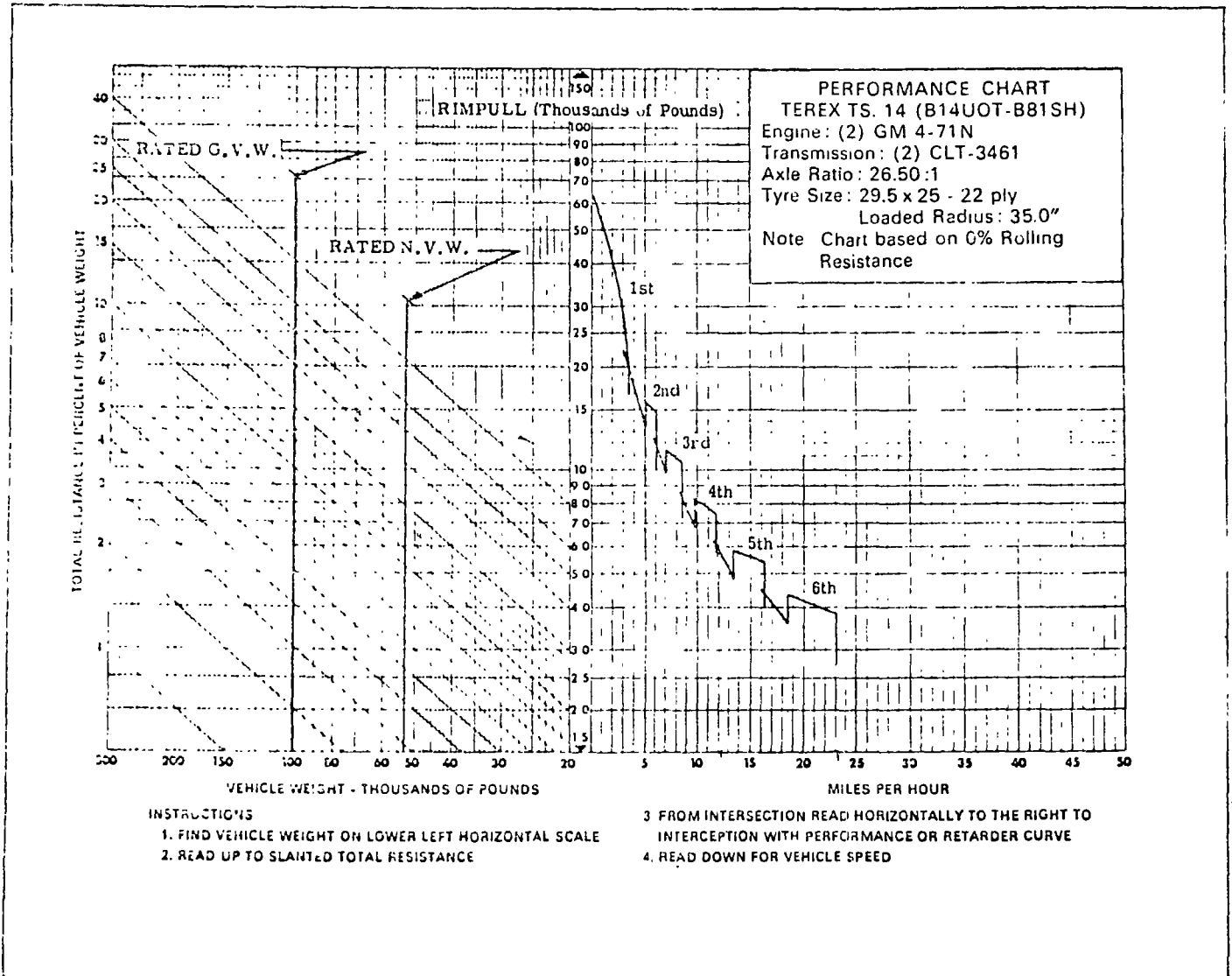
Tiempo total 9.4

$$\text{Número de viajes por hora} = \frac{60}{9.4} = 6.4$$

$$\text{Capacidad de la motoescrepa en banco} = 15 \times 0.8 = 12 \text{ m}^3$$

$$\text{Producción} = 6.4 \times 12 = 77 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{\text{costo horario}}{\text{producción real}} = \frac{322}{77 \times 0.75} = \underline{\underline{5.58}}$$



TEREX Division, Hudson, Ohio, U.S.A. 44236  
 General Motors Scotland Limited, Lanarkshire, Scotland  
 Diesel Division, General Motors of Canada Limited, London, Ontario

CALCULO DEL COSTO POR M<sup>3</sup> DE ACARREO USANDO CARGADOR

## FRONTAL MICHIGAN MODELO 8-111-A Y CAMIONES

## DATOS

|                             |                                      |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| Material                    | Limo arenoso seco                    |
| Peso volumétrico            | 1600 kg/m <sup>3</sup>               |
| Altitud S.N.M.              | 2000 m                               |
| Longitud de acarreo         | 1200                                 |
| Camión alquilado a          | \$ 2.20 ± 1.10/m <sup>3</sup> abund. |
| Coeficiente de abundamiento | 1.25 o su recíproco 0.8              |
| Capacidad del cucharón      | 3.5 m <sup>3</sup>                   |
| Costo directo hora-máquina  | \$ 314.00                            |

(Desarrollado en la hoja siguiente)

|              |                                  |                |
|--------------|----------------------------------|----------------|
| CONSTRUCTORA | Máquina: <u>Cargador Frontal</u> | Hoja No: _____ |
| _____        | Modelo: <u>3½ yd<sup>3</sup></u> | Calculó: _____ |
| OBRA: _____  | Datos Adic: _____                | Revisó: _____  |
| _____        | _____                            | Fecha: _____   |

## DATOS GENERALES

|   |   |
|---|---|
| Precio adquisición: \$ <u>986,525.00</u>              | Fecha cotización: <u>Enero/73</u>       |
| Equipo adicional -<br><u>Llantas</u> <u>86,712.00</u> | Vida económica (Ve): <u>5</u> años      |
| _____   | Horas por año (Ha): <u>2000</u> hr/año  |
| Valor inicial (Va): \$ <u>899,813.00</u>              | Motores <u>Diesel</u> de <u>290</u> HP. |
| Valor rescate (Vr): <u>10%</u> = \$ <u>98,652.50</u>  | Factor operación: <u>0.7</u>            |
| Tasa interés (i): <u>12%</u>                          | Potencia operación: <u>203</u> HP. op.  |
| Prima seguros (s): <u>2%</u>                          | Coefficiente almacenaje (K): <u>0.1</u> |
|   | Factor mantenimiento (Q): <u>1.0</u>    |

## I. CARGOS FIJOS.

|                   |                            |  |                                   |
|-------------------|----------------------------|--|-----------------------------------|
| a) Depreciación:  | $D = \frac{Va - Vr}{Ve}$   | $= \frac{896000 - 98600}{10000}$         | $= \$ 79.74$                      |
| b) Inversión:     | $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$ | $= \frac{896000 + 98600}{2 \times 2000}$ | $\times 0.12 = 29.83$             |
| c) Seguros:       | $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$ | $= \frac{896000 + 98600}{2 \times 2000}$ | $\times 0.02 = 4.97$              |
| d) Almacenaje:    | $A = KD$                   | $= \frac{0.1 \times 79.74}{1}$           | $= 7.97$                          |
| e) Mantenimiento: | $M = QD$                   | $= \frac{1.00 \times 79.74}{1}$          | $= \underline{\underline{79.74}}$ |

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 202.25





## SOLUCION

$$\text{Capacidad del cucharón} = 3.5 \times 0.76 = 2.7$$

$$\text{Factor de carga} = 0.8$$

$$\text{Volumen por ciclo} = 2.7 \text{ m}^3 \times 0.8 = 2.1 \text{ m}^3/\text{ciclo}$$

$$\text{Tiempo del ciclo (ciclo básico)} 35.0 \text{ seg} = 0.58 \text{ min}$$

$$\frac{35 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 0.58 \text{ min.}$$

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{60 \text{ min/hora}}{0.58 \text{ min/ciclo}} = 103 \text{ ciclos/hora}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 2.1 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 103 \text{ ciclos/hora} \\ &= 216 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

$$\frac{314}{216 \times 0.75} = 1.94$$

Costo Acarreo

$$\frac{3.30}{0.8} = 4.13$$

Costo Total

$$\text{Carga} \quad \text{—} \quad 1.94$$

$$\text{Acarreo} \quad \text{—} \quad \frac{4.13}{6.07}$$

Quince días después, el Superintendente llega con el Gerente a plantearle la solución y se encuentra con que el Gerente le envía los cargadores, a pesar de la demostración de la bondad del uso de las motoescrepas y el fuerte ahorro en dinero. A insistencia del Superintendente confiesa que se comprometió a rentar las motoescrepas puesto que le significan una ganancia interesante.

El Superintendente que cree en la toma de decisiones cuantitativa obtiene del Gerente los siguientes datos:

$$\text{Ganancia neta de motoescrepa/mes} = 6,000$$

$$\text{Tiempo de ejecución } 2 \times 6 \times 2 \times 25 \times 1.62 = 97,200$$

$$\frac{800,000}{97,200} = 8.2$$

$$\text{Ganancia total} = 8.2 \times 6 \times 6,000 = 295,200$$

$$\text{Ganancia/m}^3 = \frac{295,200}{800,000} = 0.37$$

Restando al costo de cargador + camiones 0.37 tendremos como costo neto, tomando en consideración la utilidad de la renta

$$6.07 - 0.37 = 5.70$$

LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI :

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| MOTOESCROPAS                   | 5.58 |
| CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS | 6.07 |
| CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS |      |
| RENTANDO MOTOESCROPAS          | 5.70 |

EL INGENIERO VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE -  
SU DECISION ES MALA.

SIN EMBARGO EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFIA DE SU  
CALCULO DE DURACION DE LA OBRA. NO HA CONSIDERADO  
TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA .

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTO -  
RES SU TIEMPO DE EJECUCION.

| No. DE HORA TRABAJADA | FACTOR EFICIENCIA | COSTO REAL | TIEMPO EJECUCION |
|-----------------------|-------------------|------------|------------------|
| 300                   | 0.75              | 5.70       | 8.2              |
| * 280                 | 0.75              | 5.67       | 8.8              |
| 260                   | 0.75              | 5.64       | 9.5              |
| 240                   | 0.75              | 5.61       | 10.3             |
| 220                   | 0.75              | 5.57       | 11.2             |

\* CASO - RENDIMIENTO -

$$2 \times 280 \times 162 = 90,720$$

$$\frac{800,000}{90,700} = 8.8 \text{ MESES}$$

$$8.8 \times 6 \times 6,000 = 316,800$$

$$\frac{316,800}{800,000} = .40$$

$$6.07 - .40 = 5.67$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVENGA EL ALQUILER NECESITA TARDARSE  
11.2 MESES O SEA 3 MESES MAS O 36% MAS DEL TIEMPO  
PLANEADO.

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLI -  
NARA POR SU DECISION ORIGINAL.

AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTA  
OBLIGADO A OCUPAR CAMIONES ¿QUE SUCEDE SI COM --  
PRA LA EMPRESA LOS CAMIONES?

HACE EL SIGUIENTE ANALISIS.

## CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

### DATOS

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| Material                      | Limo arenoso              |
| Peso volumétrico              | 1600 kg/m <sup>3</sup>    |
| Altitud S.N.M.                | 2000 m                    |
| Longitud de acarreo           | 1200 m                    |
| 600 m                         | 1% de pendiente adversa   |
| 300 m                         | Tramo horizontal          |
| 300 m                         | 4% de pendiente favorable |
| camino revestido              |                           |
| Coefficiente de abundamiento  | 1.25 o su recíproco 0.8   |
| Capacidad del camión          | 6 m <sup>3</sup>          |
| Costo directo hora-camión     | 73.91                     |
| Velocidad promedio de ida     | 15 km/h                   |
| Velocidad promedio de regreso | 30 km/h                   |

### Tiempo del Ciclo

$$\text{De ida: } t = \frac{1200 \times 60}{15000} = \frac{72}{15} = 4.8 \text{ min.}$$

$$\text{De regreso: } t = \frac{1200 \times 60}{30} = 2.4 \text{ min.}$$

$$\text{Total} = 7.2$$

|   |                                    |                |
|---|------------------------------------|----------------|
| CONSTRUCTORA<br>_____<br>_____<br>OBRA: _____ | Camión Volteo                      | Hoja No: _____ |
|   | Máquina: <u>6.00 m<sup>3</sup></u> | Calculó: _____ |
|   | Modelo: _____                      | Revisó: _____  |
|   | Datos Adic: _____                  | Fecha: _____   |

## DATOS GENERALES

|                                   |                      |  |                      |
|-----------------------------------|----------------------|--|----------------------|
| Precio adquisición:               | \$ <u>115,000.00</u> | Fecha cotización:                          | <u>Enero/73</u>      |
| Equipo adicional -<br>Llantas (6) | <u>12,528.00</u>     | Vida económica (Ve):                       | <u>5</u> años        |
| Valor inicial (Va):               | \$ <u>102,472.00</u> | Horas por año (Ha):                        | <u>2000</u> hr/año   |
| Valor rescate (Vr):               | _____% = \$ _____    | Motores <sup>Gasol</sup> <sub>ina</sub> de | <u>210</u> HP.       |
| Tasa interés (i):                 | <u>12%</u>           | Factor operación:                          | <u>0.7</u>           |
| Prima seguros (s):                | <u>2%</u>            | Potencia operación:                        | <u>155.0</u> HP. op. |
|                                   |                      | Coefficiente almacenaje (K):               | <u>0.01</u>          |
|                                   |                      | Factor mantenimiento (Q):                  | <u>0.9</u>           |

## I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación: } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{102\,472.00}{10000} = \$ 10.25$$

$$b) \text{ Inversión: } I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{102\,472.00}{2 \times 2000} \times 0.12 = 2.56$$

$$c) \text{ Seguros: } S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{102\,472.00}{2 \times 2000} \times 0.02 = 0.51$$

$$d) \text{ Almacenaje: } A = KD = \frac{0.10 \times 10.25}{1} = 1.03$$

$$e) \text{ Mantenimiento: } M = QD = \frac{0.9 \times 10.25}{1} = \underline{\underline{9.23}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora                      \$ 23.58





$$\text{Tiempo del ciclo del cargador} = \frac{35 \text{ seg}}{60 \text{ seg}} = 0.58 \text{ min}$$

Para cargar un camión de  $6 \text{ m}^3$  son necesarios 3 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios  $0.58 \text{ min} \times 3 = 1.74$  min para cargar  $6.0 \text{ m}^3$ .

$$\text{Tiempo de descarga} = 30$$

$$\text{Tiempo total del ciclo del camión} = 7.2 + 1.74 + 0.5 = \underline{\underline{9.44}} \text{ min}$$

Número de viajes por hora

$$\frac{60 \times 0.75}{9.44} = \frac{45}{9.44} = 4.76$$

$$\text{Volumen por hora} = 4.76 \times 6.0 = 28.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo por } \text{m}^3 = \frac{73.91}{28.56 \times 0.8} = \underline{\underline{3.23}}$$

Número de camiones

$$\text{Producción del cargador} = 216 \times 0.75 = 162 \text{ m}^3$$

$$\frac{162}{22.85} = 7.08 = 8 \text{ camiones}$$

Por concepto de camiones esperando, el factor es :

$$\frac{8}{7.08} = 1.13$$

$$3.23 \times 1.13 = \underline{\underline{\$ 3.65}}$$

Costo del acarreo más carga

$$\text{Acarreo} = 3.65$$

$$\text{Carga} = \underline{1.94}$$

$$\text{Total} = \underline{\underline{\$ 5.59}}$$

Le resultan pues las siguientes alternativas

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| a) Motoescrapas                     | 5.58 |
| b) Cargador y camiones alquilados   | 6.07 |
| c) Igual a b) rentando motoescrapas | 5.70 |
| d) Cargador y camiones propios      | 5.59 |
| e) Igual a d) rentando motoescrapas | 5.22 |

El Superintendente lleva estos datos al Gerente quien le responde que no puede comprar los camiones porque le parece que no va a poder usarlos después. El Superintendente que trata de usar sus conocimientos en estadística analiza los datos de camiones que usó la empresa y se encuentra con que el total de camiones se ha usado en la siguiente forma

| No. Camiones | Vendidos al final del año | Probabilidad |
|--------------|---------------------------|--------------|
| 13           | 1                         | .76          |
| 27           | 2                         | .34          |
| 15           | 3                         | .20          |
| 12           | 4                         | .15          |
| 12           | 5                         | .15          |
| 79           |                           | 1.00         |

Encuentra también que se han vendido en la forma siguiente

|   | % Valor de Adquisición |
|---|------------------------|
| 1 | 50                     |
| 2 | 35                     |
| 3 | 25                     |
| 4 | 20                     |

Con esto encuentra los valores de depreciación real por hora del camión

| Si se vende al final del año | Valor Depreciado | No. Horas |       |
|------------------------------|------------------|-----------|-------|
| 1                            | 51,242           | 2000      | 25.62 |
| * 2                          | 66,615           | 4000      | 16.65 |
| 3                            | 76,854           | 6000      | 13.14 |
| 4                            | 81,978           | 8000      | 10.25 |
| 5                            | 102,485          | 10 000    | 10.25 |

$$* 102,485 \times 0.65 = 66,615$$

## COSTO DE HORA MAQUINA

| AÑO | COSTO/HORA | COSTO ACARREO  | PROBABILIDAD |      |
|-----|------------|----------------|--------------|------|
| 1   | 89.28      | 4.42           | .16          | 0.71 |
| 2   | 80.31      | 3.96           | .34          | 1.35 |
| * 3 | 76.80      | 3.80           | .20          | 0.76 |
| 4   | 73.91      | 3.65           | .15          | 0.55 |
| 5   | 73.91      | 3.65           | .15          | 0.55 |
|     |            | VALOR ESPERADO |              | 3.92 |

(NO SE HA TOMADO EN CUENTA EL AUMENTO EN INTERESES DE LA INVERSION)

$$73.91 - 10.25 + 13.14 = 76.80$$

ACARREO ESPERADO - 3.92

CARGA 1.94  
5.86

- UT. MOTOESCREPAS 0.37  
5.49

## LAS ALTERNATIVAS SON

|  |        |
|--|--------|
| a) Motoescrepas                                  | 5.58   |
| b) Cargador y camiones alquilados                | 6.07   |
| c) Igual a b) rentando motoescrepas              | 5.70   |
| d) Cargador y camiones propios (5 años uso)      | 5.59 * |
| e) Igual a d) rentando motoescrepas              | 5.22 * |
| f) Cargador y camiones propios (uso estadístico) | 5.86   |
| g) Igual a f) rentando motoescrepas              | 5.49   |

\* Condicionados.

EL GERENTE POR FIN ACEPTA LA PROPOSICION DEL SUPERINTENDENTE. EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEACION DE SU TRABAJO Y PIENSA SI - NO PODRIA PAVIMENTAR EL CAMINO Y ASI PODER - INCREMENTAR LA VELOCIDAD Y DISMINUIR LA IN--- VERSION EN LA COMPRA DE 16 CAMIONES.

CONSIDERA QUE EL CAMION SE AMORTIZARA TOTAL MENTE EN LA EMPRESA.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO  
PAVIMENTADO

Velocidad de ida            20 km/h

Velocidad de regreso    35 km/h

$$\text{De ida : } t = \frac{1200 \times 60}{2000} = \frac{72}{20} = 3.6 \text{ min.}$$

$$\text{de regreso : } t = \frac{1200 \times 60}{35} = 2.00$$

$$\text{Total} = 5.6 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo total del ciclo} = 5.6 + 1.74 + 0.5 = 7.84 \text{ min}$$

$$\text{Número de viajes por hora} = \frac{45}{7.84} = 5.73$$

$$\text{Volumen por hora} = 5.76 \times 6 = 34.56 \text{ m}^3$$

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{73.91}{34.56 \times 0.8} = \$2.67$$

$$\text{Número de camiones} = \frac{\text{Producción del cargador}}{\text{Vol. por hora} \times \text{coef. de abundamiento}}$$

$$\frac{162 \text{ m}^3}{27.64} = 5.86 = 6 \text{ camiones}$$

Por concepto de camiones esperando, el factor es :

$$\frac{6}{5.6} = 1.07$$

$$2.67 \times 1.07 = \$ 2.85$$

Costo del acarreo más carga

$$\text{Acarreo} = 2.85$$

$$\text{Carga} = \underline{1.94}$$

$$\$4.79$$

$$\text{—UT. Motoescrapas} \quad \underline{\$0.37}$$

$$\$4.42$$

Al cotizar el pavimento encuentra que una empresa que se dedica a ese tipo de trabajo le plantea un presupuesto de \$ 480,000.00.

El costo por  $M^3$  es de

$$\frac{480,000}{800,000} = 0.60$$

$$\begin{array}{r} \text{El costo total es pues} \quad 4.42 + \\ \quad \quad \quad \quad \quad \underline{0.60} \\ \quad \quad \quad \quad \quad \$ 5.02 \end{array}$$



## LAS ALTERNATIVAS SON

|   |      |
|---|------|
| a) Motoescrepas   | 5.58 |
| b) Cargador y camión alquilado  | 6.07 |
| c) Igual a b) rentando las motoescrepas                                     | 5.70 |
| d) Cargador y camiones propios (5 años uso)                                 | 5.59 |
| e) Igual a d) rentando las motoescrepas                                     | 5.22 |
| f) Cargador y camiones propios (uso estadístico)                            | 5.86 |
| g) Igual a f) rentando motoescrepas   | 5.49 |
| h) Cargador y camiones propios (uso estadístico)<br>pavimentando el camino. | 5.02 |

EL SUPERINTENDENTE MUESTRA SUS ALTERNATIVAS -  
AL GERENTE, DICIENDOLE QUE ES CLARO QUE LE CONVIENE PAVIMENTAR EL CAMINO.

EL GERENTE LE DICE QUE SI BIEN LOS DATOS DEMUESTRAN LA BONDAD DE LA PAVIMENTACION, EL NO ESTA DE ACUERDO EN INVERTIR, AL INICIAR LA OBRA, \$ 480,000 QUE NO RECUPERARA SINO HASTA LA TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA EN EL CONTRATO.

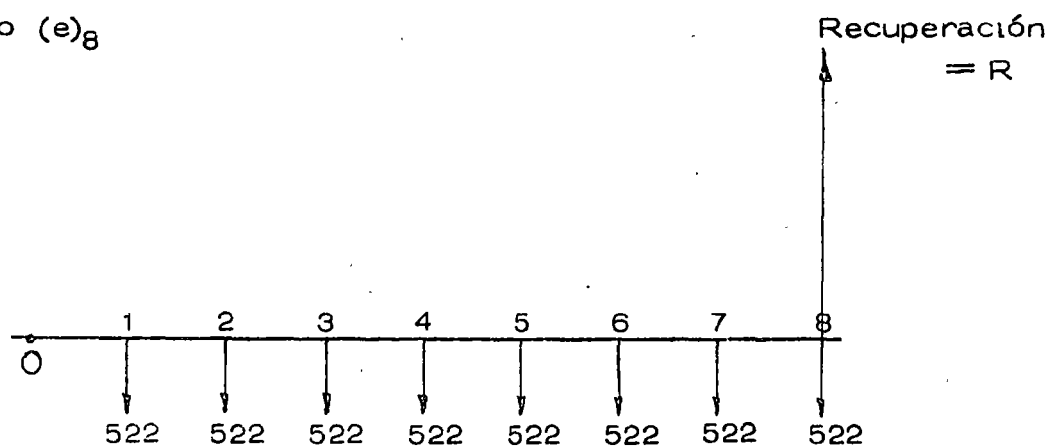
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN LOS DOS SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR UN ESTUDIO DE VALOR ACTUALIZADO.

Hace una comparación entre las alternativas e y h haciendo uso del método de valor actualizado.

Como la recuperación es al final y es la misma en el tiempo y en su valor no la considera para fines de comparación.

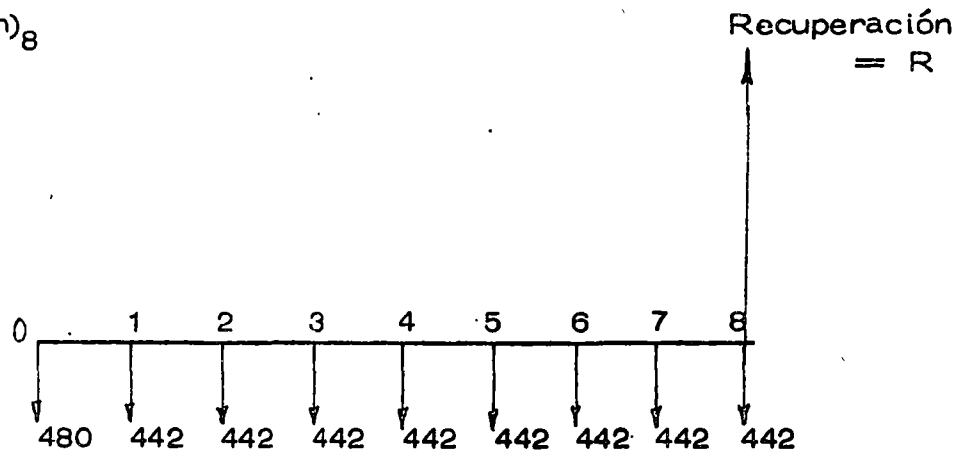
Supone que la obra durará 8 meses y que los egresos por costo directo serán lineales; le resultan así las siguientes gráficas de Ingresos-Egresos.

Caso (e)<sub>8</sub>



en miles de pesos

$$\text{Costo/mes} = \frac{5.22 \times 800,000}{8} = 522,000$$

Caso (h)<sub>8</sub>

$$\text{Costo/mes} = \frac{4.42 \times 800,000}{8} = 442,000$$

El Superintendente supone una tasa de interés mínima aceptable de 12% anual ó 1% mensual. Usando la tabla de los apuntes obtiene los siguientes valores actualizados.

Caso (e)<sub>8</sub> interés 1%

$$522 \times 7.652 = 3,994 \text{ miles de pesos}$$

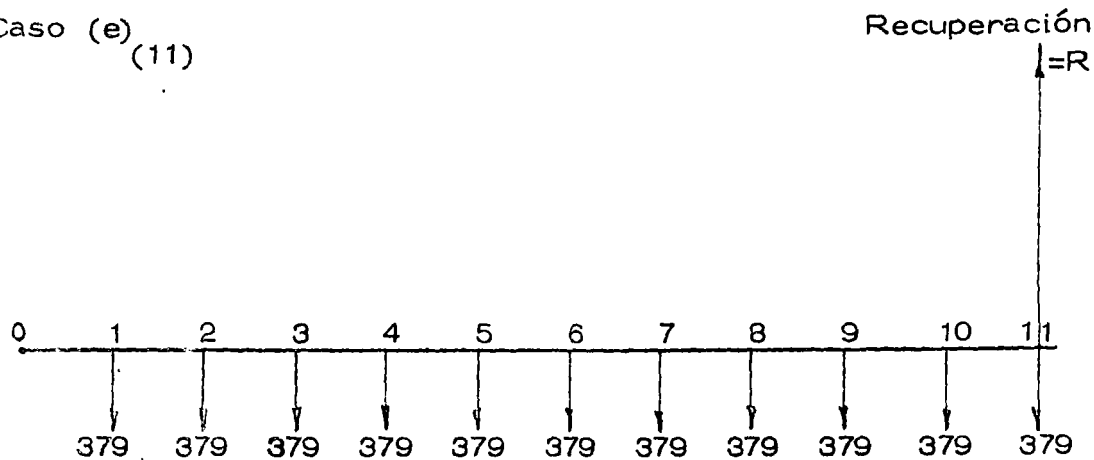
Caso (h)<sub>8</sub> interés 1%

$$480 + 442 \times 7.652 = 3,862 \text{ miles de pesos}$$

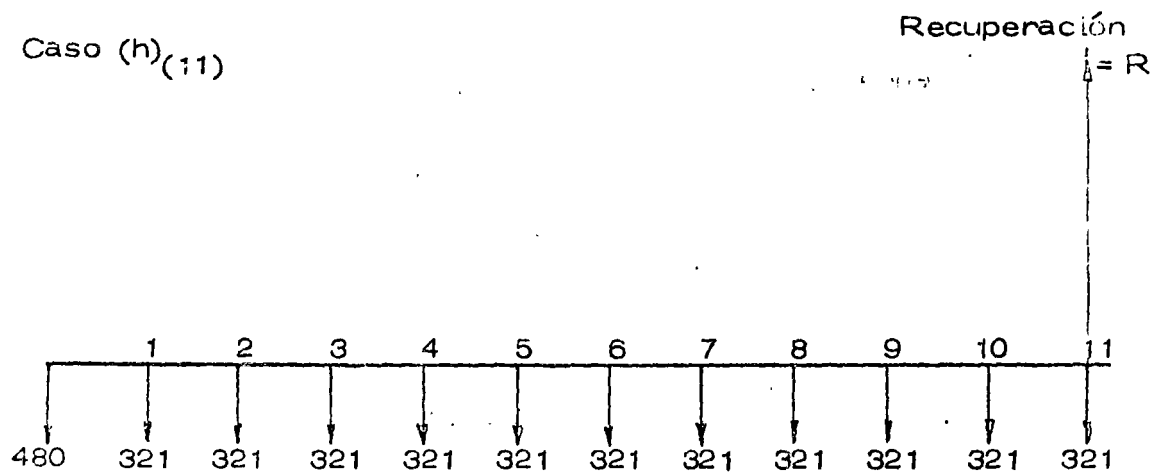
Le conviene seleccionar la alternativa de costo actualizado mínimo, que sigue siendo la (h).

El Gerente le recuerda que él piensa que se va a tardar 11 meses en el trabajo.

El Superintendente supone los 11 meses y obtiene lo siguiente

Caso (e)  
(11)

$$\text{Costo/mes} = \frac{5.22 \times 800,000}{11} = 379,636.36$$

Caso (h)<sub>(11)</sub>

$$\text{Costo/mes} = \frac{4.42 \times 800,000}{11} = 321,454$$

Suponiendo el mismo interés y como en el caso anterior que gastos y recuperaciones se verifican al fin de mes, y usando la tabla de valores actualizados obtendremos :

Caso (e)<sub>11</sub> 1% mensual

$$379,636 \times 10.368 = 3,936,069.00$$

Caso  $(h)_{11}$  1% mensual

$$480,000 + 321,454.00 \times 10.368 = 3,812,835.00$$

Le sigue conviniendo seleccionar la alternativa h.

El Gerente le pide que en vista de que las condiciones de la -- empresa no son muy buenas, le analice qué sucedería si se obliga a pagar 18% de interés anual  $1\frac{1}{2}\%$  mensual.

En el curso de duración 8 meses tiene los siguientes valores-actualizados.

Caso  $e_8$  interés  $1\frac{1}{2}\%$  mensual

$$522 \times 7,486 = 3,907,692$$

Caso  $h_8$  interés  $1\frac{1}{2}\%$  mensual

$$480 + 442 \times 7.486 = 3,788,812$$

En el caso de duración 11 meses tiene los siguientes valores

Caso  $e_{11}$  interés  $1\frac{1}{2}\%$  mensual

$$379,638 \times 10.071 = 3,823,334$$

Caso  $h_{11}$  interés  $1\frac{1}{2}\%$  mensual

$$480,000 + 321,454 \times 10.071 = 3,717,363$$

Con todos estos datos el Superintendente hace la siguiente -- tabla.

| Costo Actualizado                |              |              |         |
|----------------------------------|--------------|--------------|---------|
|                                  | Caso e       | Caso h       | e - h   |
| Duración 8 meses<br>Interés 1%   | 3,994,000.00 | 3,862,000.00 | 132 000 |
| Duración 8 meses<br>Interés 1½"  | 3,907,692.00 | 3,788,812.00 | 118 880 |
| Duración 11 meses<br>Interés 1%  | 3,936,069.00 | 3,812,835.00 | 123 234 |
| Duración 11 meses<br>Interés 1½% | 3,823,334.00 | 3,717,363.00 | 105 971 |

LA DIFERENCIA  $e-h$  ES SIEMPRE POSITIVA POR LO QUE EN TODOS LOS CASOS CONVIENE LA SOLUCION  $h$ , PUESTO QUE EL COSTO ACTUALIZADO ES MENOR.

PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A LOS CAMBIOS EN TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RANGOS ESTUDIADOS, PODREMOS PUES CON UNA CONFIANZA RAZONABLE PROCEDER A PAVIMENTAR EL CAMINO.

ATENCIÓN. AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE HAN CONSIDERADO DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.



## LECTURA RECOMENDADA

## ECONOMIC DECISION MODELS. FOR ENGINEERS AND MANAGERS.

Autor - James L. Riges ,

Editorial - Mc Graw-Hill.

Teoría general de decisiones, con ejemplos de toma de decisiones en el área financiera. Problemas de valor actualizado. Decisiones -- con riesgo e incertidumbre. Fácil de leer; los ejemplos son sencillos.

## INGENIERIA DE SISTEMAS.

Autores - Varios.

Editorial - Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

A través de ejemplos se ven aplicaciones de la Ingeniería de Sistemas y modelos de Investigación de Operaciones a problemas comunes -- en la Industria de la Construcción.

## PROBABILITY, STATISTICS AND DECISION FOR CIVIL ENGINEERS.

Autores - Jack R. Benjamín  
C. Alun Cornell

Editorial - Mc Graw-Hill

Elementos de probabilidad, modelos probabilísticos. Decisiones -- con abundantes ejemplos de aplicación a problemas de Ingeniería Civil.

## TEORIA Y CALCULO ELEMENTAL DE LAS DECISIONES.

Autores - Herman Chernoff .  
Lincon E. Moses.

Editorial - Compañía Editorial Continental.

Probabilidades, estadística, utilidad, incertidumbre, modelos pro

A N E X O I

## VALUACION DE ALTERNATIVAS

### VALUACION DE INSUMOS

Al considerar los insumos y su costo, así como sus beneficios, estamos realmente tomando en cuenta los flujos de ingresos y recuperaciones, sin embargo tanto los ingresos como las recuperaciones, se verifican a través del tiempo y vamos a ver que el factor tiempo tiene gran importancia.

Ya que nuestro objetivo es el económico, al valuar insumos y productos utilizamos como medio de valuación una unidad monetaria, sin embargo el valor de la unidad monetaria es función del tiempo, y dado que la corriente de beneficios y costos ocurre a lo largo del tiempo, no es posible compararlos y plantear la necesidad de uniformizar sus valores antes de proceder a la suma.

Los procedimientos usados para uniformizar este valor se basan en las fórmulas de interés compuesto, para utilizar estas fórmulas se consideran una tasa de pérdida de valor que se denomina tasa de actualización y también tasa de interés mínima aceptable.

### INTERES COMPUESTO

Llamando "F" al valor futuro de un Capital, "C" al interés compuesto, colocado a una tasa "i" durante "n" número de años, tendremos que el capital acumulado al final del enésimo intervalo es  $C(1+i)^n$ . Tomando la notación arriba indicada.

$$F = C(1+i)^n$$

Donde repitiendo "i" es la tasa de interés usada, y "n" es el número de intervalos de tiempo que componen el período comprendido entre hoy (Capital "C") y el futuro (Capital "F"). Al factor  $(1+i)^n$  le llamaremos "Factor de valor futuro".

Despejando "C" tendremos

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

Que nos dá el valor actualizado de un capital "F" futuro a "n" intervalos de tiempo a partir de hoy. Al factor  $\frac{1}{(1+i)^n}$  se le llama

"Factor de valor actualizado".

Estos factores se encuentran tabulados en los libros de interés compuesto o de Ingeniería Económica para diferentes valores de "i" y de "n". Al final del capítulo se presenta una tabla de los factores de valor actualizado como ejemplo.

Utilizando estas fórmulas de interés compuesto es posible uniformizar valores de Capitales que se usan o reciben a través del tiempo, de modo que sean comparables y puedan utilizarse para poder tomar una decisión.

## EL METODO DEL VALOR ACTUALIZADO

Consiste en obtener los valores presentes equivalentes a los capitales futuros, tanto de ingresos como de recuperaciones. Se utiliza por supuesto la fórmula del interés compuesto, multiplicando a cada valor futuro por el factor de valor actualizado correspondiente. Cuando se usan simultáneamente egresos y recuperaciones en una alternativa, en general se asocian a ellos signos contrarios; signo positivo para las recuperaciones y signo negativo para los egresos.

El valor actualizado equivalente será egreso o recuperación actualizado si la suma algebraica resulta negativa o positiva respectivamente. Generalmente se actualizan por separado los beneficios y los costos, pues para comparar las diversas alternativas, se usan como criterio de comparación, no solo el resultante final de la suma algebraica, sino el cociente de los beneficios sobre costos actualizados, otro procedimiento conveniente dependiendo de la naturaleza del problema.

Estos métodos son tanto más importantes en la forma de decisiones en la construcción cuanto mayor sea el tiempo de ejecución de la obra, puesto que las diferencias entre los capitales no actualizados y actualizados será mayor.

Al tomar decisiones dentro del ámbito de la empresa, sí es muy importante considerar la variación con el tiempo del valor del dinero, ya que la empresa efectúa sus operaciones a lo largo de tiempos considerablemente largos.

TABLAS DE INTERES COMPUESTO  
FACTORES DE ACTUALIZACION

| No. | 1%          |                         | 12%         |                         |
|-----|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
|     | Pago Simple | Serie Uniforme de pagos | Pago Simple | Serie Uniforme de pagos |
| 1   | 0.9901      | 0.990                   | 0.8929      | 0.893                   |
| 2   | 0.9803      | 1.970                   | 0.7972      | 1.690                   |
| 3   | 0.9706      | 2.941                   | 0.7118      | 2.402                   |
| 4   | 0.9610      | 3.902                   | 0.6357      | 3.037                   |
| 5   | 0.9515      | 4.853                   | 0.5674      | 3.605                   |
| 6   | 0.9420      | 5.795                   | 0.5066      | 4.111                   |
| 7   | 0.9327      | 6.728                   | 0.4523      | 4.564                   |
| 8   | 0.9235      | 7.652                   | 0.4039      | 4.963                   |
| 9   | 0.9143      | 8.566                   | 0.3606      | 5.328                   |
| 10  | 0.9053      | 9.471                   | 0.3220      | 5.650                   |
| 11  | 0.8963      | 10.368                  | 0.2875      | 5.938                   |
| 12  | 0.8874      | 11.255                  | 0.2567      | 6.194                   |
| 13  | 0.8787      | 12.134                  | 0.2292      | 6.424                   |
| 14  | 0.8700      | 13.004                  | 0.2046      | 6.628                   |
| 15  | 0.8613      | 13.865                  | 0.1827      | 6.811                   |
| 16  | 0.8528      | 14.718                  | 0.1631      | 6.974                   |
| 17  | 0.8444      | 15.562                  | 0.1456      | 7.120                   |
| 18  | 0.8360      | 16.398                  | 0.1300      | 7.250                   |
| 19  | 0.8277      | 17.226                  | 0.1161      | 7.366                   |
| 20  | 0.8195      | 18.046                  | 0.1037      | 7.460                   |
| 21  | 0.8114      | 18.857                  | 0.0926      | 7.562                   |
| 22  | 0.8034      | 19.660                  | 0.0826      | 7.645                   |
| 23  | 0.7954      | 20.456                  | 0.0733      | 7.718                   |
| 24  | 0.7876      | 21.243                  | 0.0659      | 7.784                   |
| 25  | 0.7798      | 22.023                  | 0.0588      | 7.843                   |
| 26  | 0.7720      | 22.795                  | 0.0525      | 7.896                   |
| 27  | 0.7644      | 23.560                  | 0.0469      | 7.943                   |
| 28  | 0.7568      | 24.316                  | 0.0419      | 7.984                   |
| 29  | 0.7493      | 25.066                  | 0.0374      | 8.022                   |
| 30  | 0.7419      | 25.808                  | 0.0334      | 8.055                   |
| 31  | 0.7346      | 26.542                  | 0.0298      | 8.085                   |
| 32  | 0.7273      | 27.270                  | 0.0266      | 8.112                   |
| 33  | 0.7201      | 27.990                  | 0.0238      | 8.135                   |
| 34  | 0.7201      | 27.703                  | 0.0212      | 8.157                   |
| 35  | 0.7050      | 29.409                  | 0.0189      | 8.176                   |
| 40  | 0.6717      | 32.835                  | 0.0107      | 8.244                   |
| 45  | 0.6391      | 36.095                  | 0.0061      | 8.283                   |
| 50  | 0.6080      | 39.193                  | 0.0035      | 8.305                   |
| 75  | 0.4741      | 52.587                  |             |                         |
| 100 | 0.3697      | 63.020                  |             |                         |

## TOMA DE DECISION

### PRUEBA DEL MODELO

Es muy conveniente que al desarrollar un modelo, para que represente convenientemente el sistema se pruebe continuamente mientras se está construyendo.

Al terminar el modelo se realizan pruebas para garantizar su propiedad. Si el modelo tiene deficiencias, es decir las salidas, no corresponden a la realidad del sistema, pueden deberse a que no se seleccionaron adecuadamente las variables significativas, o bien las relaciones entre variables no corresponden a la realidad.

Pueden también probarse el modelo a través de pruebas parciales o restringidas de las soluciones propuestas siempre que esto sea posible.

### SENSIBILIDAD

Sensibilidad de un sistema en general se refiere al cambio o cambios en los parámetros del sistema (coeficiente o en su caso entradas).

La sensibilidad tiene especial importancia, pues le indica al ingeniero como se comporta una decisión cuando las condiciones cambian por alguna razón.

El estudio de la sensibilidad es muy importante para formar la decisión, puede ser que una decisión tenga alta sensibilidad, esto sea vulnerable a pequeños cambios de las variables controlables. Cuando esto sucede es muy conveniente realizar una investigación que nos asegure la validez de los datos que están siendo evaluados.

### SELECCION DE LA VIA DE ACCION

Cualquiera que sea el sistema de comparación de alternativas, desde simple intuición hasta el uso de complicados modelos matemáticos, hay que tomar en cuenta ciertas condiciones que influyen importantemente en la decisión.

En primer lugar la persona o personas que van a tomarla. En general la valuación en términos del objetivo no forma algunas varia--

bles en consideración, o puede ser que se consideren variables no significativas algunas variables de carácter probabilístico. Una persona con propensión a no tomar riesgos en un caso de los anteriores, tomará una decisión diferente a una persona que toma riesgos. Esto es una característica psicológica del sujeto que va a tomar la decisión y conviene tomarlo en cuenta.

De todos modos hay que repasar las variables que se consideraron no significativas, pues hay variables que para ciertos valores no son significativas, pero que en otros rangos sí lo son. Un repaso en función de la valuación de las alternativas es pues conveniente.

También es frecuente que la valuación se realice bajo certeza, cuando en prácticamente todos los problemas de Ingeniería se presentan bajo riesgo o incertidumbre. En el momento de tomar una decisión, conviene también repasar cuáles son las condiciones en que realmente se presenta el problema.

El análisis de sensibilidad es también muy conveniente, pues nos indicará como se comporta una solución ante variaciones en las condiciones planteadas.

En general todos estos puntos son analizados y pesados al tomar la decisión, cualquiera que sea el procedimiento de valuación de alternativas que se haya seguido.

## DECISIONES CON VARIABLES ALEATORIAS

### GENERALIDADES

En todos los problemas a que se enfrenta el Ingeniero Civil existe un grado de incertidumbre principiando por la información que recibe, las condiciones del medio ambiente, etc.

El concepto probabilidad es conocido por todo el mundo y su definición ha variado en el transcurso del tiempo. La definición matemática de la probabilidad no pertenece a este curso y en su lugar se puede hablar de probabilidad como la frecuencia relativa de éxito en un experimento, de forma que es el cociente del número de eventos favorables dividido entre el número total de eventos del experimento. De esta definición se puede de inmediato concluir que la probabilidad variará entre cero y uno incluyendo ambos valores, pero que no puede tomar ningún otro valor menor de cero o mayor de uno.

Certeza probabilista es la que se tiene con respecto a un fenómeno o evento cualquiera con probabilidad de ocurrencia = 1. (Evento seguro).

Sin embargo, dentro de los sistemas - obra es muy difícil encontrar eventos cuya probabilidad de ocurrencia sea uno. Esto nos dirige hacia la utilización de técnicas que tomen en cuenta el aspecto probabilista de los fenómenos que maneja. Esto no quiere decir que el ingeniero trate todos los problemas en forma probabilista, sino que cuando menos tenga en cuenta el aspecto probabilista y lo utilice cuando el problema por su importancia se lo exija.

Antes de hacer referencia a las técnicas que ayudan al ingeniero a hacer frente a los problemas probabilistas, comentaremos brevemente los aspectos de riesgo e incertidumbre.

Muy relacionados con los aspectos de probabilidad están los conceptos de riesgo e incertidumbre. En realidad ambos reflejan el punto de vista probabilista de los problemas y no hay distinción clara entre ambos conceptos. Mientras algunos autores los consideran equivalentes, otros establecen una distinción, la que adoptaremos aquí: El análisis del riesgo lo utilizaremos en aquellos casos en que existan eventos probabilistas, pero sus características (la más importante es la distribución de probabilidad) se conocen; mientras que la incertidumbre existe en aquellos casos en que no se conocen las características probabilistas de un fenómeno.



A N E X O    I I

# SINTESIS SOBRE PROBABILIDAD

por

S. ZUÑIGA B.

En el presente trabajo se hace una síntesis sobre algunos conceptos de probabilidad, enunciándolos someramente y sin demostración. Para hacerlos más claros frecuentemente se recurre a dar ejemplos.

## Experimento:

Es una acción mediante la cual se obtiene un resultado y se realiza la observación de éste.

## Experimento Aleatorio:

Experimento cuyo resultado no se puede predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 1.- Tirar un volado, antes de tirarlo no se conoce si el resultado es águila o sol.

## Experimento Determinista:

Experimento cuyo resultado se puede predecir antes de que se realice el experimento.

Ejemplo 2.- Sumar 2 números pares, se conoce de antemano que el resultado va a ser un número par.

## Eventos Elementales:

Son los resultados más simples de un experimento.

Ejemplo 3. - Al tirar un dado y observar el "número resultante" los eventos elementales son seis: 1, 2, 3, 4, 5, 6. El evento "cae par" no es un evento elemental ya que se puede expresar mediante los eventos 2, 4, 6.

## Espacio de Eventos:

Es la totalidad de eventos elementales de un experimento.

Ejemplo 4.- Al tirar un dado, el espacio de eventos es el conjunto de los seis eventos elementales  $s = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ .

Eventos Elementales igualmente posibles:

Cuando al realizar un experimento aleatorio no existen factores que favorezcan la aparición de un evento elemental, se dice que estos son igualmente posibles.

Probabilidad Clásica:

Supongamos que es finito el número de eventos elementales "n" de que está compuesto el espacio de eventos asociado a un experimento aleatorio y además que todos son igualmente posibles. Si un evento A del espacio de eventos está compuesto por "m" eventos elementales, entonces la probabilidad de que el evento A se verifique está definida por la relación:

$$P(A) = \frac{m}{n}$$

en donde:

m = número de eventos elementales en A  
n = número de eventos elementales en el espacio de evento.

Los valores entre los cuales varía la probabilidad de que se verifique un evento son:

$$0 \leq P(A) \leq 1$$

Si la probabilidad de un evento es muy cercana a cero se dice que el evento es prácticamente imposible.

Por el contrario, si la probabilidad de un evento es muy próxima a uno se dice que el evento es prácticamente seguro.

La probabilidad de que no se verifique el evento A es: -----  
 $P(A) = 1 - P(A)$ .

Ejemplo 5.- Si se extrae al azar una bola de una urna que contiene 6 bolas rojas, 4 blancas y 5 azules, encontrar la probabilidad de que la bola extraída:

a) Sea roja      a)  $P(R) = \frac{6}{15}$

b) Sea blanca      b)  $P(B) = \frac{4}{15}$

c) No sea roja      c)  $P(R) = 1 - \frac{6}{15} = \frac{9}{15}$

### Probabilidad Condicional :

Se representa por  $P(B/A)$  y se interpreta como la probabilidad de que el evento B se verifique, con la condición de que previamente el evento A se haya verificado.

### Ley de Adición de Probabilidades:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

en donde:

$P(A \cup B)$  es la probabilidad de que se verifique A y/o B.

$P(A \cap B)$  es la probabilidad de que se verifique A y B.

Si los eventos A y B se excluyen mutuamente:  $P(A \cup B) = 0$

entonces:

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B)$$

Ejemplo 6.- A partir del ejemplo 5, cual es la probabilidad de que la bola extraída sea roja o blanca.

$$P(R \cup B) = P(F) + P(B) = \frac{2}{5} + \frac{4}{15} = \frac{10}{15} = \frac{2}{3}$$

### Ley Condicional de Probabilidades :

$$P(A \cap B) = P(A) P(B/A)$$

Ejemplo 7.- Si de la urna del ejemplo 5 se extraen sucesivamente 2 bolas, ¿cuál es la probabilidad de que una sea roja y la otra blanca?

$$P(R \cap B) = P(R) P(B/R) \\ = \left(\frac{6}{15}\right) \left(\frac{4}{14}\right)$$

### Variable Aleatoria (v.a.):

Si  $x$  es una variable mediante la cual se pueden representar los resultados de un experimento aleatorio, entonces se dice que " $x$ " es una variable aleatoria.

Ejemplo 8.- Sea el experimento aleatorio tirar dos dados y el resultado que interesa es la suma de los números asociados a las caras que caen hacia arriba, los valores de esos resultados se pueden representar mediante una variable que toma los siguientes valores:

$$x = [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]$$

Tipos de Variable Aleatoria:

a) Discreta.- La v.a. está definida en el intervalo  $(a, b)$  y solo toma ciertos valores de ese intervalo.

Ejemplo 9.- Tirar un dado, la v.a. está definida en el intervalo  $(1, 6)$  y solo toma los valores 1, 2, 3, 4, 5, 6.

b) Continua.- La v.a. está definida en el intervalo  $(a, b)$  y toma cualquier calor comprendido en dicho intervalo.

Ejemplo 10.- Medir la altura de  $k$  estudiantes, la v.a. puede tomar cualquier valor entre la altura de la persona más pequeña y la de la más alta.

### VARIABLE ALEATORIA DISCRETA (v.a.d.)

Distribución de Probabilidad:

Si  $x$  es una v.a.d. con valores  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  y se conoce la probabilidad de que se verifiquen cada uno de ellos  $P(x_i)$ , con la condición de que  $\sum P(x_i) = 1$ , el conjunto de valores  $P(x_i)$  recibe el nombre de distribución de probabilidad.

Ejemplo 11.- La distribución de probabilidad de la v.a.d. definida en el problema 8 es:

|        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $x$    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| $P(x)$ | 1/36 | 2/36 | 3/36 | 4/36 | 5/36 | 6/36 | 5/36 | 4/36 | 3/36 | 2/36 | 2/36 |

Esperanza Matemática:

Cualquier función  $h(x)$  de la v.a.d.  $x$  es una v.a.d. que puede tomar los valores  $h(x_1), h(x_2), \dots, h(x_n)$ . La esperanza matemática de  $h(x)$  se define como:

$$E [ h(x) ] = \sum_{i=a}^b h(x_i) P(x_i)$$

Momento respecto al origen:

Se establece cuando  $h(x) = x^n$ , entonces:

$$E [ x^n ] = \sum_{i=a}^b x_i^n P(x_i)$$

Si  $n = 1$ , se obtiene la media de la v.a.d. y se representa por:

$$\mu_x = E x = \sum_{i=a}^b x_i P(x_i)$$

Ejemplo 12.- Para el caso de los dados (problema 8) se tiene:

$$\begin{aligned} \mu_x &= 2(1/36) + 3(2/36) + 4(4/36) + 6(5/36) + 7(6/36) + \\ &+ 8(5/36) + 9(4/36) + 11(2/36) + 12(1/36) = 252/36 = 7 \end{aligned}$$

Momento con respecto a la media: se define cuando  $h(x) = (x - \mu_x)^n$ , entonces:

$$E \left[ (x - \mu_x)^2 \right] = \sum_{i=a}^b (x_i - \mu_x)^n P(x_i)$$

Si  $n = 2$ , se obtiene la variancia de la v.a.d.  $x$  y se representa por:

$$O_x^2 = E \left[ (x - \mu_x)^2 \right] = \sum_{i=a}^b (x_i - \mu_x)^2 P(x_i)$$

Ejemplo 13.- La variancia de la v.a.d. en el caso del problema 8 es:

$$\begin{aligned} O_x^2 &= (2-7)^2 (1/36) + (3-7)^2 (2/36) + (4-7)^2 (3/36) + \\ &+ (5-7)^2 (4/36) + (6-7)^2 (5/36) + (7-7)^2 (6/36) + \\ &+ (8-7)^2 (5/36) + (9-7)^2 (4/36) + (10-7)^2 (3/36) + \\ &+ (11-7)^2 (2/36) + (12-7)^2 (1/36) = 35/6 \end{aligned}$$

Desviación Estándar: Se define como la raíz cuadrada de la variancia y se representa por:

$$O = \sqrt{\sigma^2}$$

Ejemplo 14.- La desviación estándar en el caso del problema 8 es:

$$O = \sqrt{35/6} = 2.42$$

Variable Aleatoria Continua (v.a.c.):

Densidad de Probabilidad. - Para este caso se define la distribución de probabilidad por medio de una función  $f(x)$ , llamada densidad de probabilidad, la que debe cumplir con las siguientes restricciones.

$$a) f(x) \geq 0 \forall x$$

b) El área bajo la curva definida por la función  $f(x)$  y el eje de las abscisas debe valer uno.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$$

c) La probabilidad de que la v.a.c. tome un valor en el intervalo  $(c, d)$  está dada por:

$$P(c \leq x \leq d) = \int_c^d f(x) dx$$

Distribución de Probabilidad Acumulada:

La d.p.a.  $F(x)$  de la v.a.c.  $x$  está definida por :

$$F(x) = P(x \leq a) = \int_{-\infty}^a f(x) dx$$

Esperanza Matemática de una v.a.c. :

$$E[h(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} h(x) f(x) dx$$

Momento de orden  $n$ :

$$E[x^n] = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x) dx$$

Si  $n = 1$ , se define la media de la v.a.c.  $x$

$$\mu_x = E[x] = \int_{-\infty}^{\infty} x f(x) dx$$

Momento de orden  $n$  con respecto a la media:

$$E[(x - \mu_x)^n] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^n f(x) dx$$

Si  $n = 2$ , se define la variancia de la v.a.c.  $x$

$$E[(x - \mu_x)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu_x)^2 f(x) dx$$

## DISTRIBUCIONES TEORICAS DE UNA VARIABLE

a) Variables discretas:

1. Distribución Binomial o de Bernoulli.

Supóngamos efectuar " $n$ " experimentos independientes tales -- que el resultado de cada uno de ellos es un éxito o un fracaso; la probabilidad de un éxito es  $p$  y la de fracaso es  $q$ , siendo  $p + q = 1$ . En tal --

caso se dice que se tienen  $n$  pruebas de Bernoulli con probabilidad " $p$ " de éxito.

Al realizar un experimento de Bernoulli, la probabilidad de que se presenten  $x$  éxitos consecutivos seguidos por  $(n - x)$  fracasos es:

$$\underbrace{pppp\dots pqqq\dots q}_{\substack{x \\ nx}} = p^x q^{n-x} \quad (1)$$

La probabilidad de obtener precisamente  $x$  éxitos y  $(n-x)$  fracasos con otro orden de ocurrencia, está dada también por la expresión (1).

La probabilidad de que se presenten  $x$  éxitos y  $(n-x)$  fracasos en cualquier orden será la suma de las probabilidades de todas las combinaciones posibles de  $n$  elementos de los cuales  $x$  son éxitos y  $(n-x)$  fracasos.

Lo anterior puede expresarse por :

$$P(x) = n^C_x p^x q^{n-x}$$

que recibe el nombre de distribución de Probabilidad Binomial.

La media en esta distribución de probabilidad es:

$$\mu_x = E [ x ] = \sum x P(x) = \sum x n^C_x p^x q^{n-x} = np$$

$\mu_x = np$

La variancia queda definida por :

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= E [ (x - \mu_x)^2 ] = \sum (x - \mu_x)^2 P(x) \\ &= \sum (x - \mu_x)^2 n^C_x p^x q^{n-x} = npq \\ \sigma_x^2 &= npq \end{aligned}$$

## 2. Distribución de Poisson.

Si la v.a.x. designa el número de éxitos de una sucesión de pruebas de Bernoulli y se considera  $n$  suficientemente grande y  $p$  suficientemente pequeña.

$$np = \lambda \quad n \geq 50 \quad p \leq 0.10$$

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}$$



expresión que define la d.p. de Poisson.

La media y la variancia son :

$$\mu_x = E [ x ] = \sum (e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!}) x = \lambda$$

$$\sigma_x^2 = E (x - \mu_x)^2 = \sum_{i=0} (x - \lambda)^2 e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x!} = \lambda$$

b) Variables Continuas.

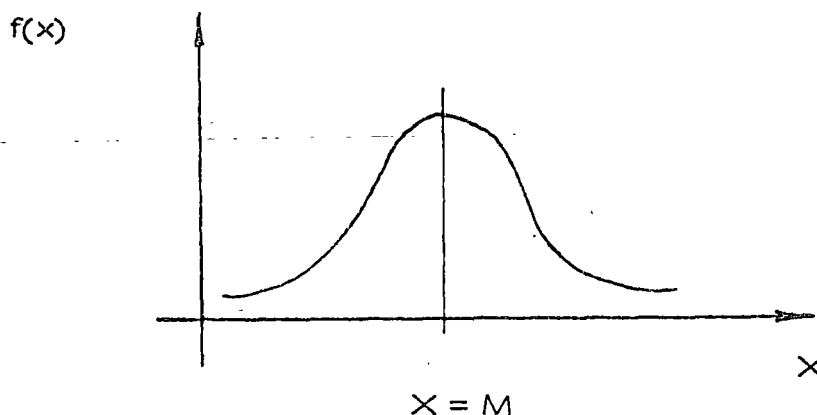
1. Distribución Normal.

Una variable casual que se encuentra frecuentemente en la práctica es una v.a. continua cuya d.p. es la distribución normal.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} S} e^{-\frac{(x-m)^2}{2S^2}}$$

- rango en el cual se encuentra definida la v.a.

La función anterior tiene la siguiente representación geométrica:



La media de la distribución es  $\mu_x = m$

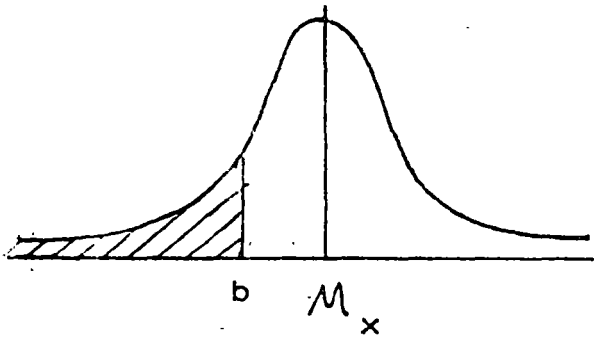
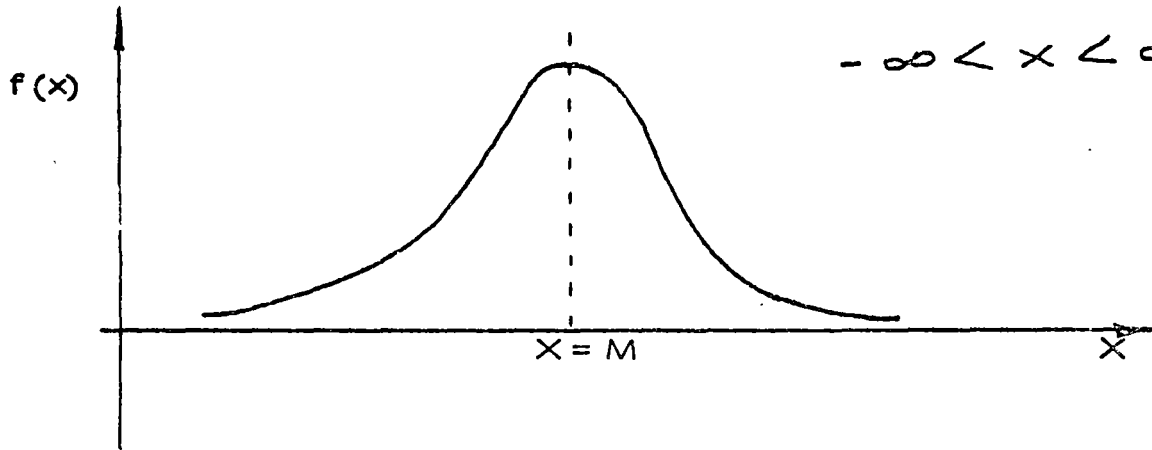
La variancia de la distribución es  $\sigma_x^2 = S^2$

Dadas  $m$  y  $S^2$  es posible calcular que  $x$  tome valores menores o mayores que un cierto número o bien que quede comprendida entre dos valores, por ejemplo :

## DISTRIBUCION NORMAL

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

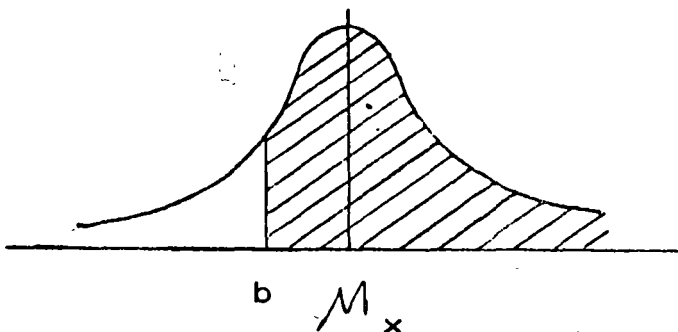
$$-\infty < x < \infty$$



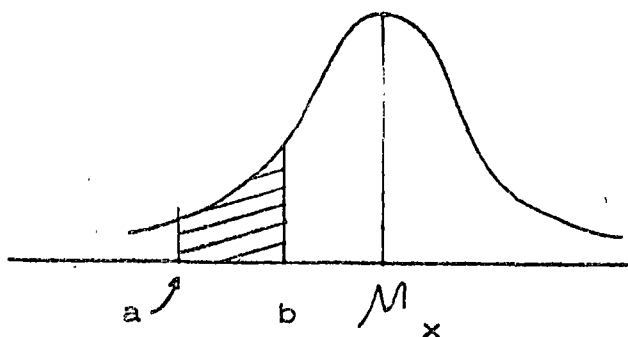
$$M_x = m$$

$$\sigma^2 = s^2$$

$$P(x < b) = \int_{-\infty}^b f(x) dx$$



$$P(x > b) = \int_b^{\infty} f(x) dx$$



$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

## 2.- Distribución Gamma y Exponencial.

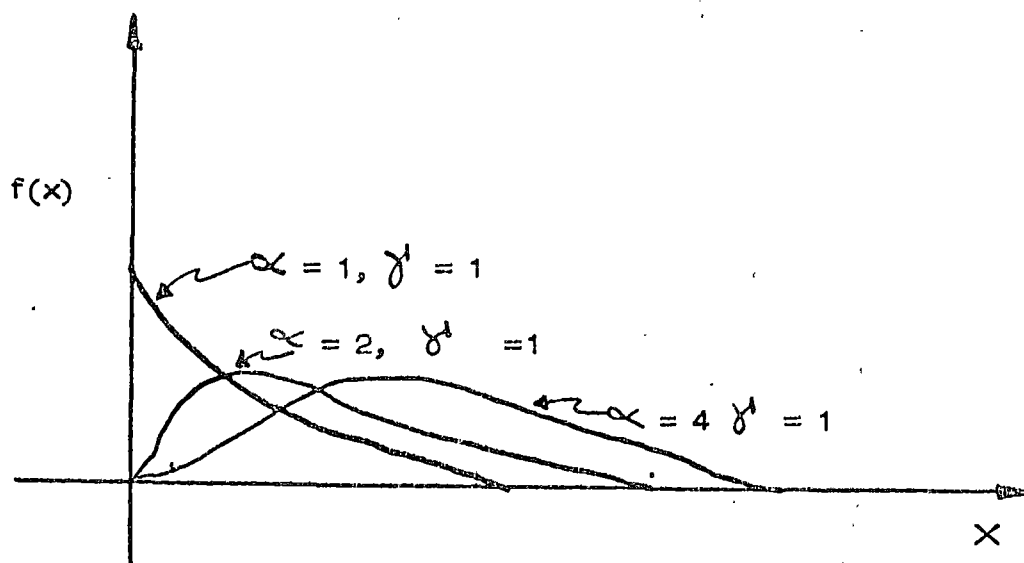
Se dice que la v.a.x. tiene distribución gamma si su d.p. es - de la forma :

$$f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha) \gamma^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$x > 0, \alpha > 0, \gamma > 0$$

$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$  recibe el nombre de función gamma.

$$\mu_x = \alpha \gamma \quad \sigma_x^2 = \alpha \gamma^2$$



Si  $\gamma = 1$  a la función gamma se le llama distribución exponencial.

$$f(x) = \frac{1}{\gamma} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$\mu_x = \gamma \quad \sigma_x^2 = \gamma^2$$

A N E X O    I I I

## ANALISIS DE DECISIONES

### BAJO RIESGO

por

F. J. JAUFFRED

Howard señala que :

1. EL PROCESO DE TOMAR DECISIONES SE ENCUENTRA EN LA MAYORIA DE LOS PROBLEMAS TECNICOS, GUBERNAMENTALES Y DE NEGOCIOS.
2. USUALMENTE EL TOMAR DECISIONES REQUIERE EL ESTUDIO DEL RIESGO Y DE LA INCERTIDUMBRE.
3. EL RIESGO Y LA INCERTIDUMBRE SE ESTUDIAN FORMALMENTE MEDIANTE LA TEORIA DE LA PROBABILIDAD.
4. LA PROBABILIDAD ES UN ESTADO DE LA MENTE, NO DE LAS COSAS.
5. AL ASIGNAR PROBABILIDADES DEBE TOMARSE EN CUENTA TODA LA EXPERIENCIA ANTERIOR DISPONIBLE.
6. EL TOMAR DECISIONES REQUIERE TANTO LA ASIGNACION DE PROBABILIDADES COMO DE VALORES.
7. SOLO PUEDEN TOMARSE DECISIONES CUANDO SE DISPONE DE UN CRITERIO PARA SELECCIONAR ENTRE ALTERNATIVAS.
8. SIEMPRE DEBEN CONSIDERARSE LAS CONSECUENCIAS AL FUTURO DE LA DECISION TOMADA HOY.
9. AL TOMAR DECISIONES SE DEBE DISTINGUIR ENTRE UNA BUENA DECISION Y UN BUEN RESULTADO.

Una buena decisión es aquella basada en la lógica, en el conocimiento de la incertidumbre de la utilidad y preferencias de los ejecutivos.

Un buen resultado es aquel que reporta beneficios esto es, uno altamente valorado.

Tomando una buena decisión se asegurará un alto porcentaje de buenos resultados.

El Análisis de Decisiones es el procedimiento lógico para la evaluación de los factores que influyen una decisión.

Proceso del Análisis de Decisiones :

### I. Fase Determinista

Es indispensable contestar a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es la decisión a tomar?
2. ¿Qué cursos de acción se encuentran a nuestro alcance?
3. ¿Cómo vamos a determinar cuáles cursos de acción son buenos y cuáles malos?
4. Suponiendo que tuviera una bola de cristal a su alcance ¿Qué preguntas numéricas haría con objeto de medir los beneficios de un posible resultado?
5. Construya una matriz de pagos.
6. ¿Cómo se compara el beneficio que recibiré en el futuro con el recibido hoy? (valor presente etc....).

Ya que se ha completado la fase determinista, conviene jugar con las variables de estado, llevándolas separada y conjuntamente a los valores extremos en su rango de variabilidad. Se observa cual de las alternativas es siempre mejor que cualquier otra. De ocurrir esto se dirá que la primera domina a la segunda; esta primera se elimina.

Con este análisis de sensibilidad se identifican las variables de estado para las que el resultado es sensible y se les llama críticas.

### II. Fase Probabilista

1. Esta fase principia asignando probabilidades a las variables de estado críticas.
2. Encontrar la incertidumbre en beneficios para cada alternativa implicada por la relación funcional a las variables de estado críticas y la distribución de probabilidad en esas variables de estado críti

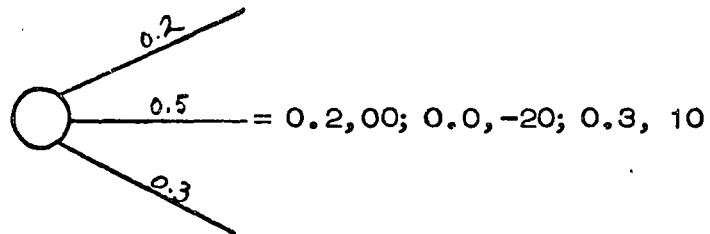
cas para la alternativa. A esta distribución de probabilidad del beneficio, se le llama la lotería del beneficio para la alternativa.

3. Ahora se considerará la manera de elegir entre las alternativas -- con diferente lotería de beneficio. Para ello conviene emplear -- las distribuciones acumuladas de probabilidad buscando dominancia estocástica.

### III. Fase Posóptica

Aquí se principia encontrando el equivalente en pesos de eliminar la incertidumbre en cada una de las variables de estado, consideradas separadas o conjuntamente. Esto conduce a la siguiente etapa que consiste en diseñar el programa más simple para conseguir información cuando ya se ha encontrado que es conveniente conseguir más información.

Una lotería está definida por varias decisiones aleatorias cada una con su probabilidad y su pago.



El equivalente de la certeza para esta lotería es:

$$60 (0.2) + (-20) (0.5) + 10 (0.3) = 12 - 10 + 3 = 5$$

y representa el monto mínimo que se pide por permitir que sea otro el -- que juegue la lotería.

#### Fundamentos de la lotería de la Utilidad

Considérense los premios A, B, C, en una lotería

a) Notación

A preferido a B se representa mediante  $A \succ B$

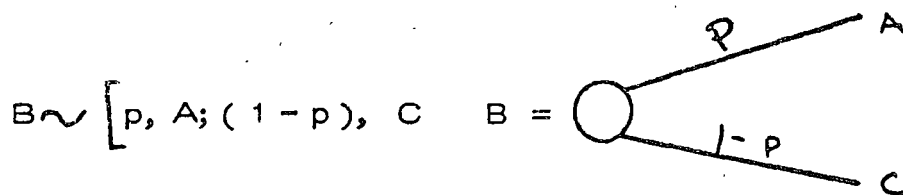
A indiferente a B se presenta mediante  $A \sim B$

A no preferido a B se representa mediante  $B \succsim A$

B preferido a A se representa mediante  $A \succ \sphericalangle B$

b) La ley de la transitividad expresa que si  $A \succ B$ ,  $B \succ C$  entonces  $A \succ C$ .

c) La ley de la continuidad expresa que si para una lotería se tiene que  $A \succ B \succ C$ , entonces



En particular para algún  $p$  si  $B \sim \tilde{B}$  ( $\tilde{B}$  es el equivalente de la certeza para dicha lotería).

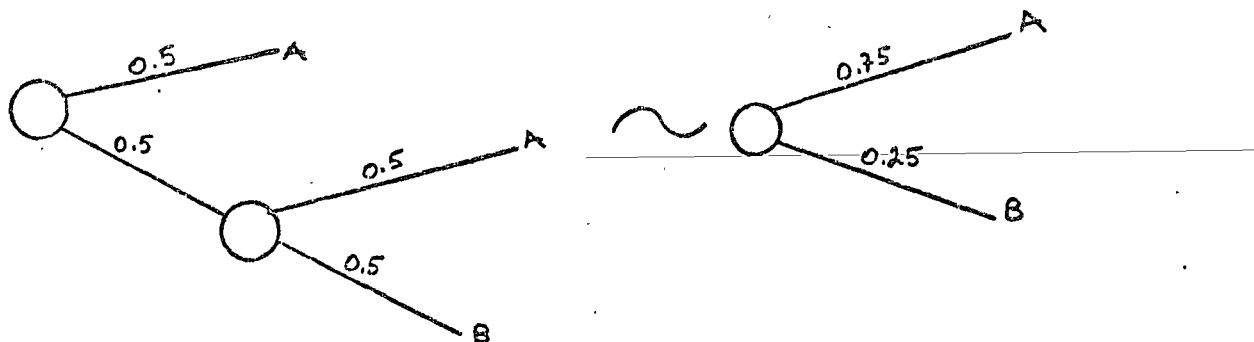
d) La ley de la sustitubilidad expresa que en cualquier lotería  $B$  puede ser sustituido por  $\tilde{B}$ .

e) La ley de la monotonocidad expresa que si  $A > B$  entonces

$$[p, A; (1-p), B] > [p', A; (1-p'), B]$$

Si y sólo si  $p > p'$

f) La ley de descomposición expresa que una lotería compuesta es indiferente a su descomposición en loterías simples:



Se entiende por función utilidad  $u(x)$  una con las siguientes características:

1. Dadas tres loterías  $L_1, L_2, L_3$

a) Si  $L_1 > L_2$

entonces

$$u(L_1) > u(L_2)$$

b) si  $L_3 \sim (1-p), L_1; p, L_2$

entonces

$$u(L_3) = (1-p) u(L_1) + p u(L_2)$$

2. Cualquier transformación lineal de la función  $u(x)$  produce igual utilidad de las loterías.

$$\text{Sea } u^1(x) = \alpha + \beta u(x)$$



a) Puesto que

$$u(L_1) > u(L_2) \text{ cuando } L_1 > L_2$$

entonces

$$u'(L_1) > u'(L_2) \text{ cuando } L_1 > L_2$$

b) Puesto que

$$u(L_3) = (1-p) u(L_1) + p u(L_2)$$

$$\text{cuando } L_3 \sim [(1-p), L_1; p, L_2]$$

Entonces una posible función utilidad es  $u(x) = a + b x$

En efecto, si

$$A) X_1 > X_2$$

$$u(X_1) > u(X_2)$$

$$b) \text{ si } X_3 \sim [p, X_1; (1-p), X_2]$$

entonces

$$u(X_3) = p u(X_1) + (1-p) u(X_2)$$

entonces:

$$a + b X_3 = p(a + b X_1) + (1-p)(a + b X_2)$$

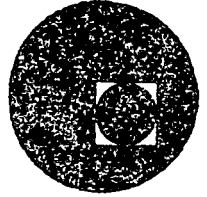
$$X_3 = p X_1 + (1-p) X_2$$

Cumple con las condiciones especificadas y la recta es una función utilidad.

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA XII. METODOS DE SELECCION DE EQUIPO  
XII-A USO DE MODELOS

ING. JOSE PIÑA GARZA

JULIO, 1978

# MÉTODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

## USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

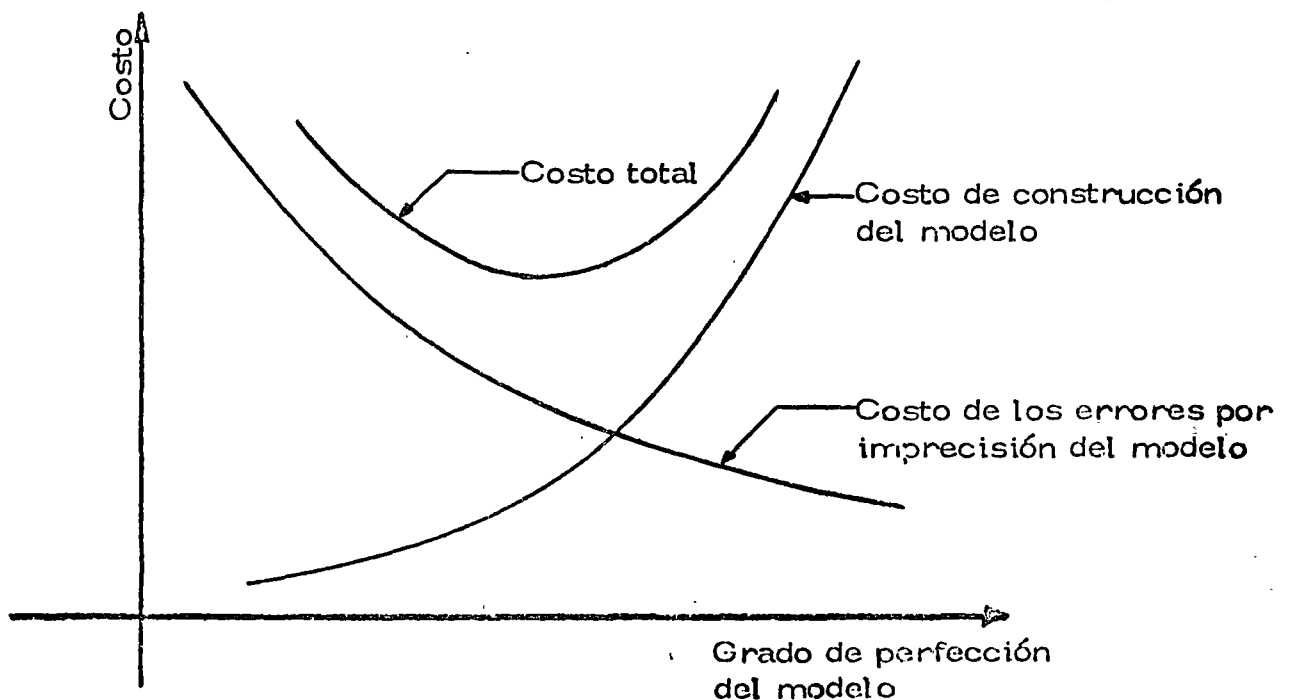
### Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)  
Económicos  
Lógicos (diagramáticos)  
Analógicos  
Simbólicos (matemáticas)

### Por el uso

Comunicación  
Análisis  
Predicción  
Control  
Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos
- Preparación matemática del ingeniero

|   | Materia                    | Créditos  |
|---|----------------------------|-----------|
| 1 | Matemáticas I              | 9         |
| 2 | Matemáticas II             | 9         |
| 3 | Matemáticas III            | 9         |
| 4 | Matemáticas IV             | 9         |
| 5 | Algebra Lineal             | 9         |
| 6 | Computación Numérica       | 9         |
| 7 | Probabilidad y Estadística | 9         |
| 8 | Ingeniería de Sistemas I   | 6         |
| 9 | Ingeniería de Sistemas II  | 6         |
|   | Total de Créditos          | <u>75</u> |

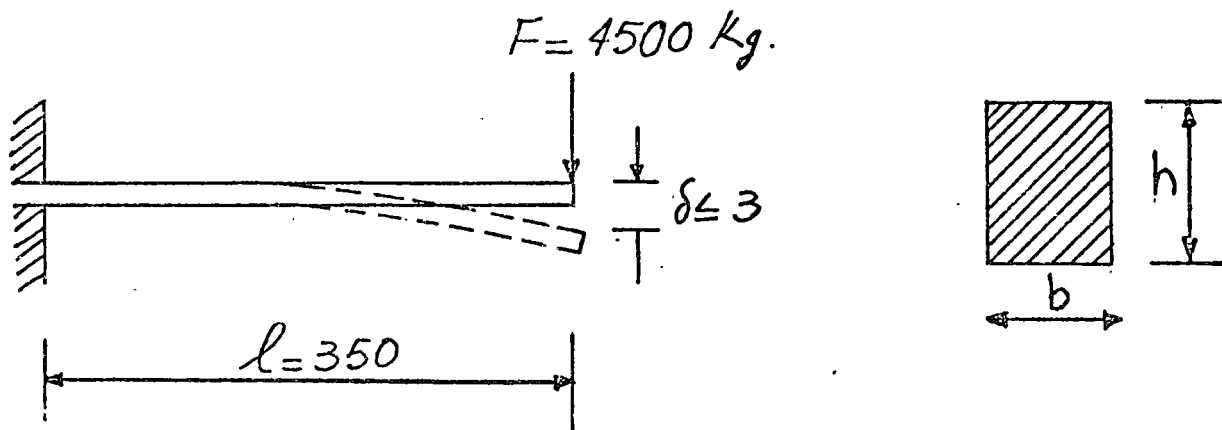
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

Problema :

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en voladizo de 3.50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4.5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 cm en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/peralte sea de 1:1.5



$$\delta_{\max} \geq \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{4Fl^3}{Ebh^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{6Fl^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6Fl^3}{E\delta_{\max}}}$$

$$f_{\max} \geq \frac{6M}{bh^2}$$

para  $h \leq 40 \text{ cm.}$

$$f_{\max} \geq \frac{9Fl}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9Fl}{f_{\max}}}$$

$$f_{\max} = \frac{6M}{Kbh^2}$$

$$K = 0.81 \left( \frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

Minimizar costo

$$C = S \cdot lhb$$

## "Problema de Transporte"

a) Se tienen  $n$  orígenes posibles de un determinado artículo.

b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$$

c) Los artículos se deben transportar a  $m$  diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_m$$

e) Se conoce el costo unitario  $c_{ij}$  que resulta de obtener un artículo 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 artículos que conviene enviar de cada uno de los orígenes  $i$  a cada uno de los destinos  $j$ , de tal manera que el costo total de 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 artículo del origen  $i$  al destino  $j$  es  $c_{ij}$  el costo de entregar  $X_{ij}$  artículo será  $c_{ij}X_{ij}$

# Formulación del modelo matemático

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

Función objetivo Minimizar  $Z = \underbrace{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} X_{ij}}_{\text{costo total de transporte.}}$  (1)

Sujeta a las restricciones:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n a_i}_{\text{Total de disponibilidades}} = \underbrace{\sum_{j=1}^m b_j}_{\text{Total de requerimientos.}} \quad (2)$$

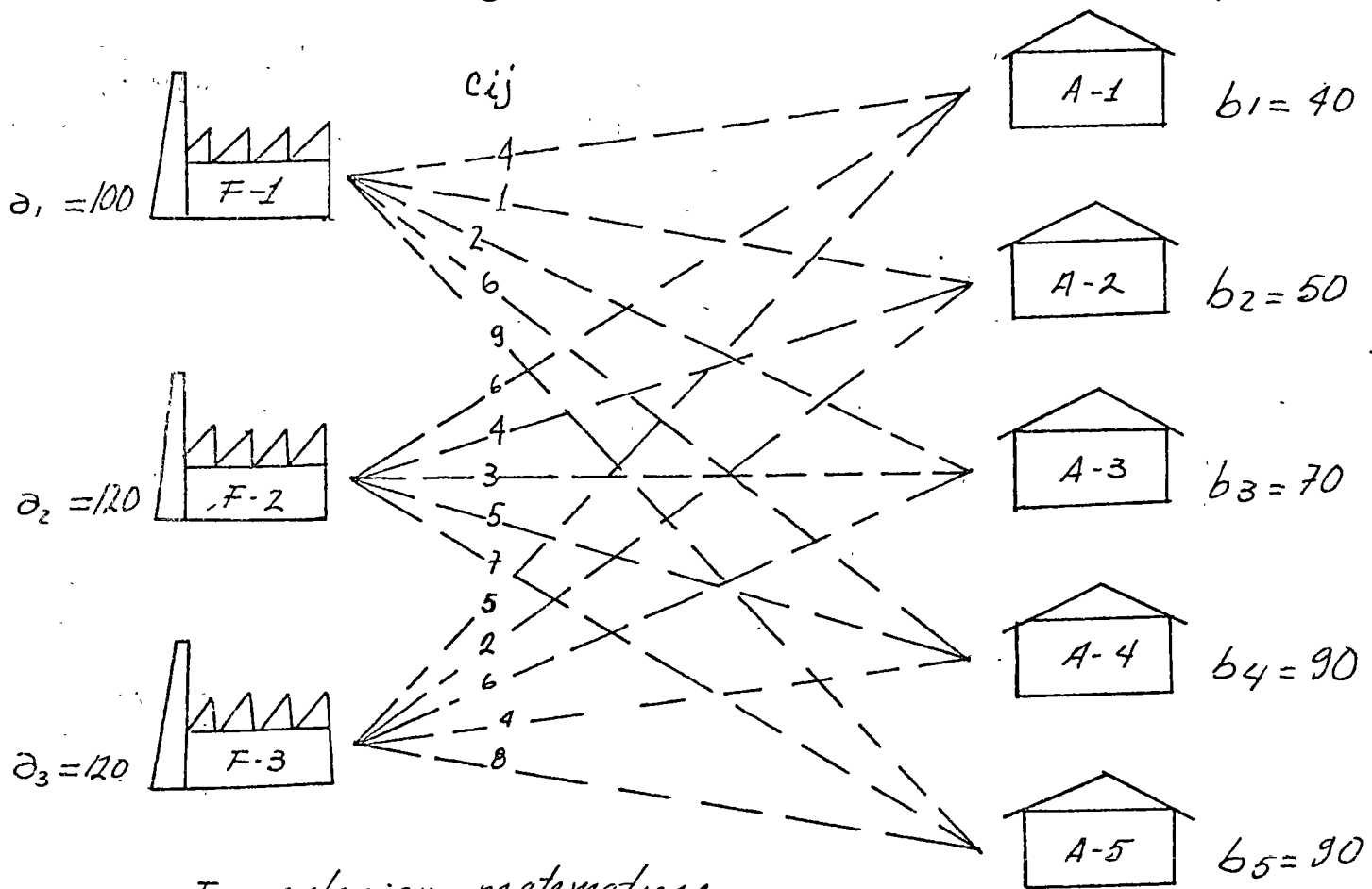
$$\underbrace{\sum_{j=1}^m X_{ij}}_{\text{Cant. enviada del origen } i \text{ a todos los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{Cant. disp. en el origen } i} \quad \text{para } i=1,2,\dots,n \quad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n X_{ij}}_{\text{Cant. recibida en el destino de todos los orígenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant. requerida en el destino } j} \quad \text{para } j=1,2,\dots,m \quad (n+3) \text{ a } (n+m+2)$$

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

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

# EJEMPLO:



Formulacion matematica:

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

Sujeta a las restricciones.

(2)  $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$        $100 + 120 + 120 = 40 + 50 + 70 + 90 + 90 = 340$

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

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

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

(6)  $X_{11} + X_{21} + X_{31} = 40$

(7)  $X_{12} + X_{22} + X_{32} = 50$

(8)  $X_{13} + X_{23} + X_{33} = 70$

(9)  $X_{14} + X_{24} + X_{34} = 90$

(10)  $X_{15} + X_{25} + X_{35} = 90$



## Solución factible

Destinos.

|          |         | 1<br>(40) | 2<br>(50) | 3<br>(70) | 4<br>(90) | 5<br>(90) |     |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| Orígenes | 1 (100) | 40        | 50        | 10        | —         | —         | 230 |
|          |         | 4         | 1         | 2         | 6         | 9         |     |
|          |         | 160       | 50        | 20        | —         | —         |     |
| 2 (120)  |         | —         | —         | 60        | 60        | —         | 480 |
|          |         | 6         | 4         | 3         | 5         | 7         |     |
|          |         | —         | —         | 180       | 300       | —         |     |
| 3 (120)  |         | —         | —         | —         | 30        | 90        | 840 |
|          |         | 5         | 2         | 6         | 4         | 8         |     |
|          |         | —         | —         | —         | 120       | 720       |     |

$x_{ij}$   
 $c_{ij}$   
 $c_{ij} x_{ij} \rightarrow \Sigma$

Total de costo 1550

## Solución óptima

Destinos

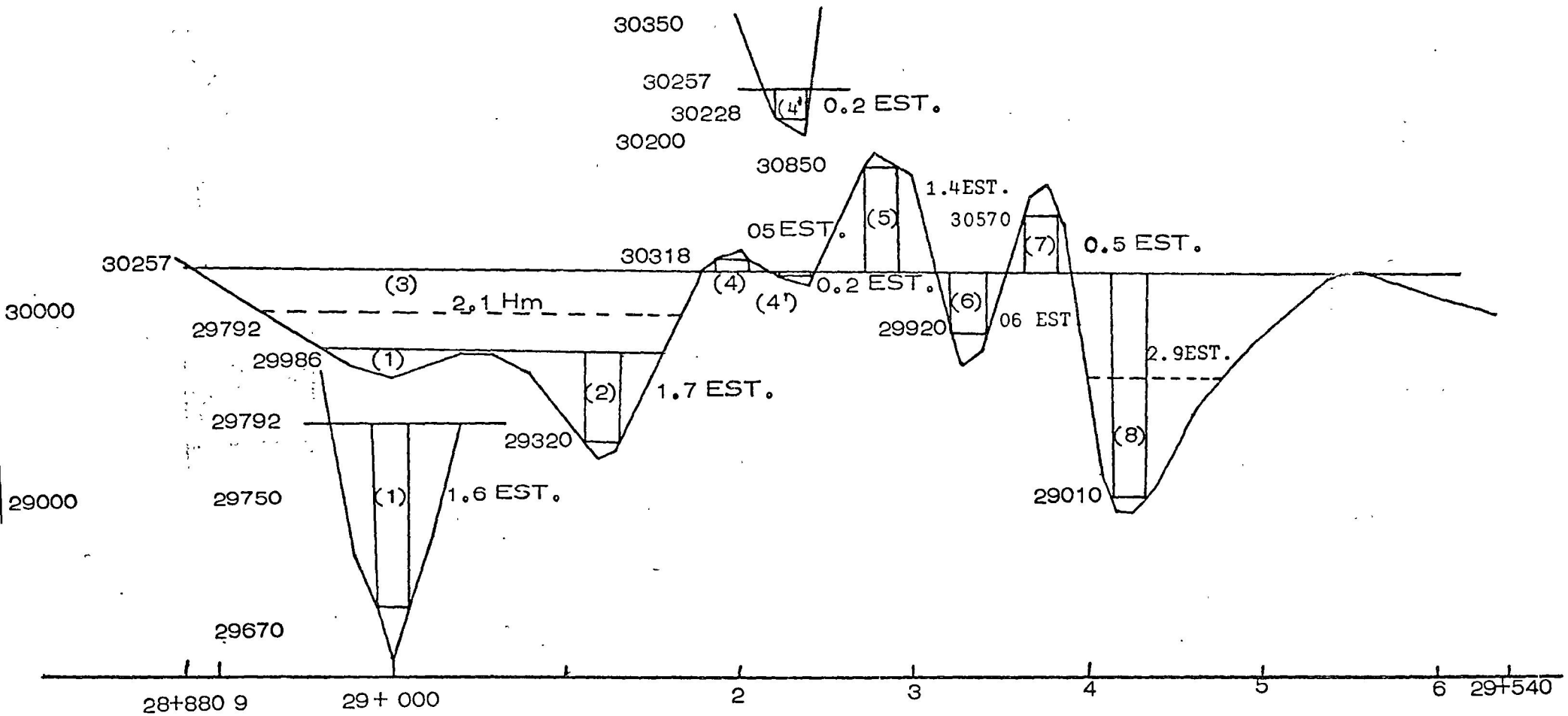
|          |         | 1<br>(40) | 2<br>(50) | 3<br>(70) | 4<br>(90) | 5<br>(90) |     |
|----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----|
| Orígenes | 1 (100) | 40        | 20        | 40        | —         | —         | 260 |
|          |         | 4         | 1         | 2         | 6         | 9         |     |
|          |         | 160       | 20        | 80        | —         | —         |     |
| 2 (120)  |         | —         | —         | 30        | —         | 90        | 720 |
|          |         | 6         | 4         | 3         | 5         | 7         |     |
|          |         | —         | —         | 90        | —         | 630       |     |
| 3 (120)  |         | —         | 30        | —         | 90        | —         | 420 |
|          |         | 5         | 2         | 6         | 4         | 8         |     |
|          |         | —         | 60        | —         | 360       | —         |     |

Total de costo 1400

Disposicion de datos

|                 |
|-----------------|
| $x_{ij}$        |
| $c_{ij}$        |
| $c_{ij} x_{ij}$ |

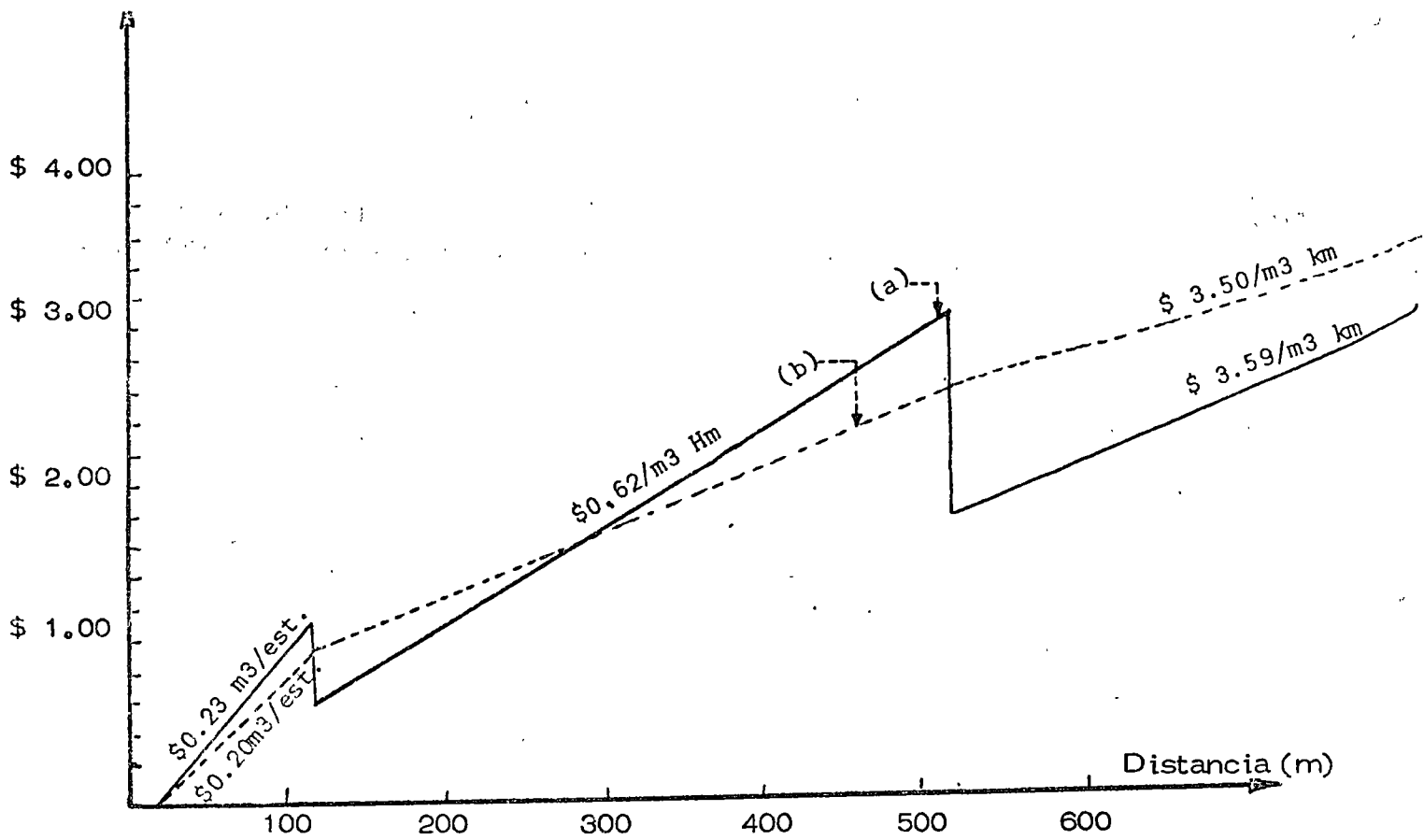
 $\rightarrow \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$



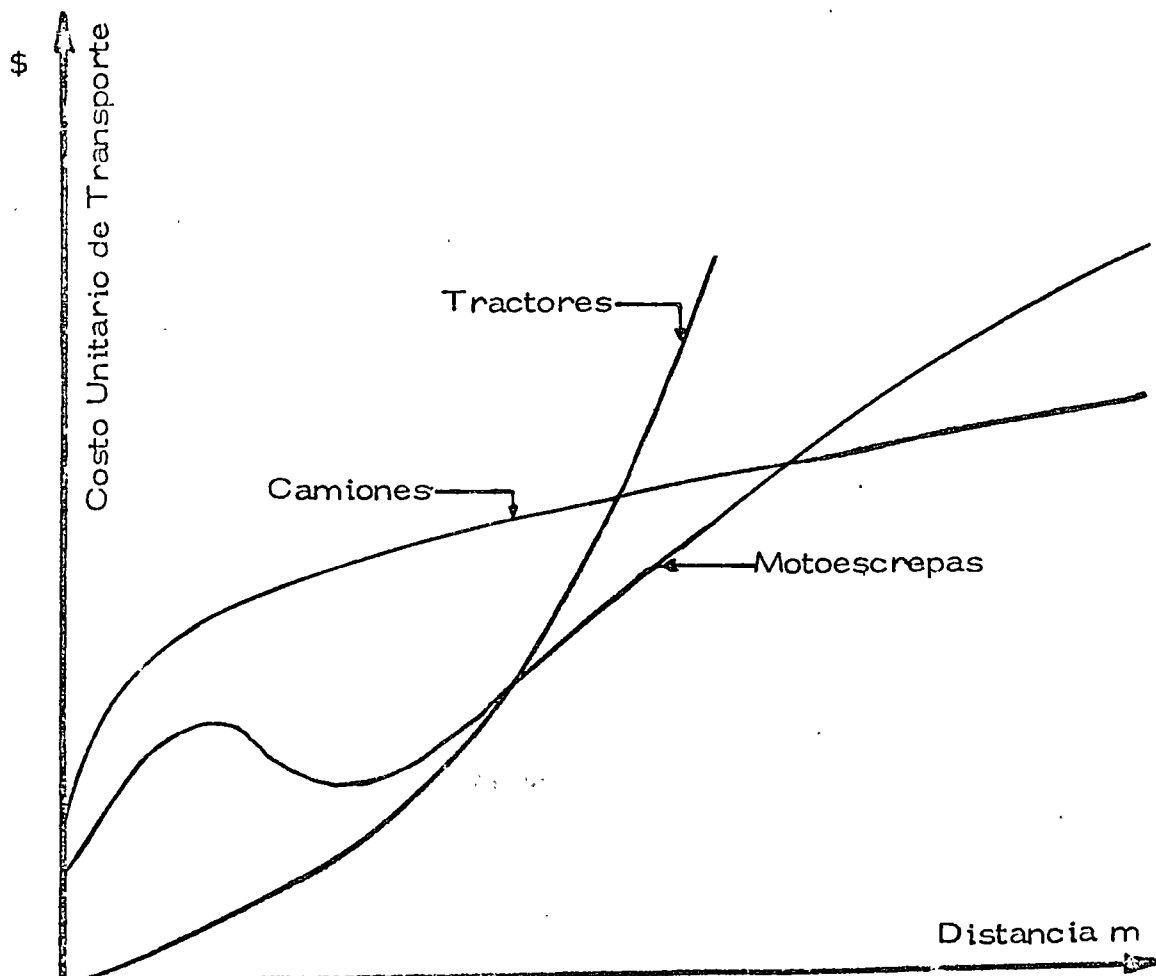
CURVA MASA Y MOVIMIENTO DE TERRACERIAS (CONVENCIONAL)

## VOLUMEN DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

| UBICACION                            | CORTE      |         | TERRAPLEN   |         |
|--------------------------------------|------------|---------|-------------|---------|
|                                      | Origen No. | Volumen | Destino No. | Volumen |
| 28+880 a 28+900                      |            |         | 1           | 124     |
| 28+900 a 28+920                      |            |         | 2           | 154     |
| 920    940                           |            |         | 3           | 118     |
| 940    960                           |            |         | 4           | 110     |
| 960    980                           |            |         | 5           | 102     |
| 28+980 29+000                        |            |         | 6           | 50      |
| 29+000 29+020                        | 1          | 57      |             |         |
| 020    040                           | 2          | 70      |             |         |
| 040    060                           | 3          | 2       |             |         |
| 060    080                           |            |         | 7           | 87      |
| 28+080 29+100                        |            |         | 8           | 244     |
| 29+100 29+120                        |            |         | 9           | 217     |
| 120    140                           | 4          | 203     |             |         |
| 140    160                           | 5          | 406     |             |         |
| 160    180                           | 6          | 392     |             |         |
| 29+180 29+200                        | 7          | 126     |             |         |
| 29+200 29+220                        |            |         | 10          | 142     |
| 220    240                           |            |         | 11          | 26      |
| 240    260                           | 8          | 386     |             |         |
| 260    280                           | 9          | 344     |             |         |
| 29+280 29+300                        |            |         | 12          | 122     |
| 29+300 29+320                        |            |         | 13          | 780     |
| 320    340                           |            |         | 14          | 217     |
| 340    360                           | 10         | 580     |             |         |
| 360    380                           | 11         | 359     |             |         |
| 29+380 29+400                        |            |         | 15          | 985     |
| 29+400 29+420                        |            |         | 16          | 849     |
| 420    490                           | 12         | 161     |             |         |
| 440    460                           | 13         | 367     |             |         |
| 460    480                           | 14         | 252     |             |         |
| 29+480 29+500                        | 15         | 201     |             |         |
| 29+500 29+520                        | 16         | 189     |             |         |
| 520    540                           | 17         | 136     |             |         |
| 540    560                           | 18         | 34      |             |         |
| 560    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 der. de<br>est. 33 + 000 | 19         | 5000    |             |         |
| Terraplén ficticio                   |            |         | 21          | 4712    |
| Sumas iguales                        |            | 9265    |             | 9265    |



Costos Unitarios de transporte de terracerías

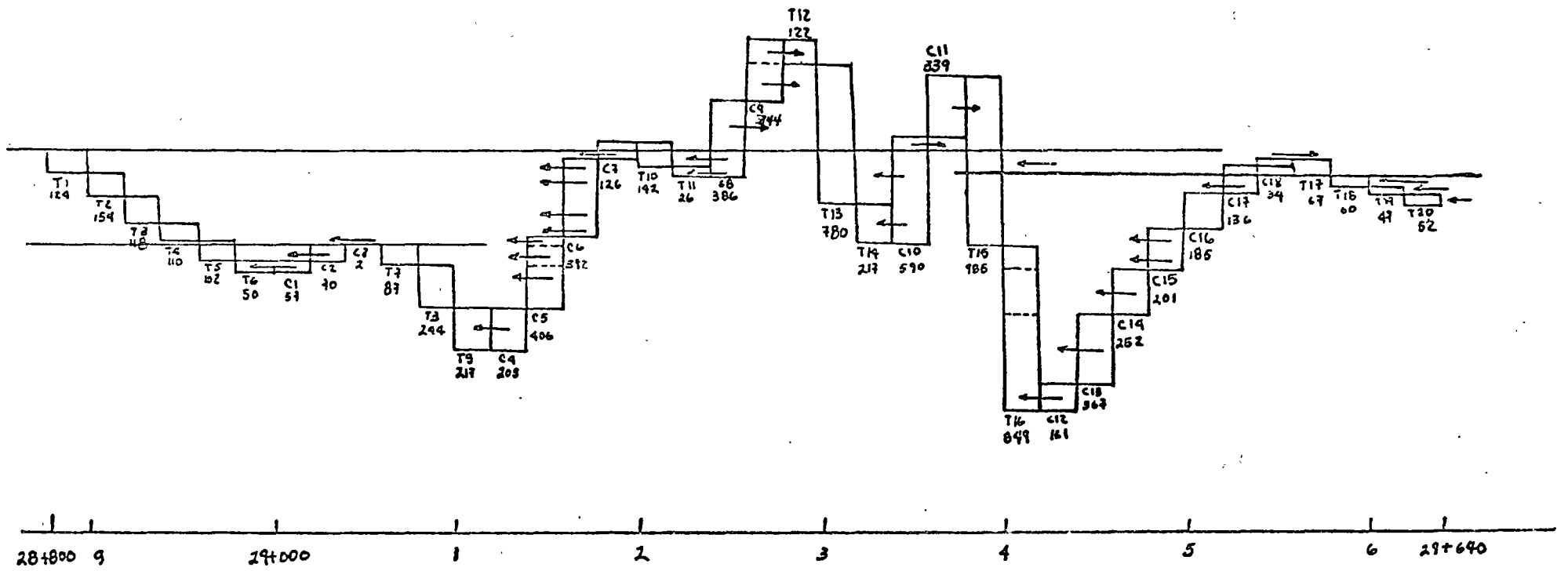


FUNCION OBJETIVO 433626

COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE

| Terrapién/Corte | 1    | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  |      |
|-----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1               | 124  | 100 | 108 | 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  | 116 | 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  | 20  | 39  | 60  | 80  | 116 | 124 | 156 | 164 | 188 | 196 | 204 | 212 | 220 | 228 | 236 | 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  | 180 | 172 | 164 | 132 | 124 | 116 | 108 | 60  | 40  | 0   | 20  | 80  | 100 | 108 | 116 | 124 | 132 | 140 | 927  |
| 15              | 985  | 204 | 196 | 188 | 156 | 148 | 140 | 132 | 108 | 100 | 20  | 0   | 20  | 40  | 60  | 80  | 100 | 108 | 116 | 906  |
| 16              | 849  | 212 | 204 | 196 | 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 | 116 | 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 |

| Terraplén/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   | 48  | 76  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |      |
| 2               | 154  | 0  | 0  | 0 | 0   | 154 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |      |
| 3               | 118  | 0  | 0  | 0 | 0   | 118 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |      |
| 4               | 110  | 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    |      |
| 6               | 50   | 50 | 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    |      |
| 8               | 244  | 0  | 0  | 0 | 0   | 244 | 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    |      |
| 10              | 142  | 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   | 26  | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |      |
| 12              | 122  | 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   | 268 | 222 | 290 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    |      |
| 14              | 217  | 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   | 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    |      |
| 17              | 67   | 0  | 0  | 0 | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 33  | 34  | 0    |      |
| 18              | 60   | 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   | 47   |      |
| 20              | 52   | 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   | 4712 |      |
|                 | 9265 | 57 | 70 | 2 | 203 | 406 | 392 | 126 | 386 | 344 | 580 | 359 | 161 | 367 | 252 | 201 | 189 | 136 | 34   | 5000 |



Compensación de terracerías por medio del problema de transporte

## SIMULACION

- Otra clasificación de modelos

|                 |          |
|-----------------|----------|
| determinísticos | estático |
| estocásticos    | dinámico |

- Concepto de Simulación

- Metodología

Definición de objetivos  
Obtención y revisión de datos, análisis del problema  
Diseño del experimento  
Construcción del modelo  
Validación (calibración del modelo)  
Simulación  
Análisis e interpretación de resultados

### Problema de selección de equipo

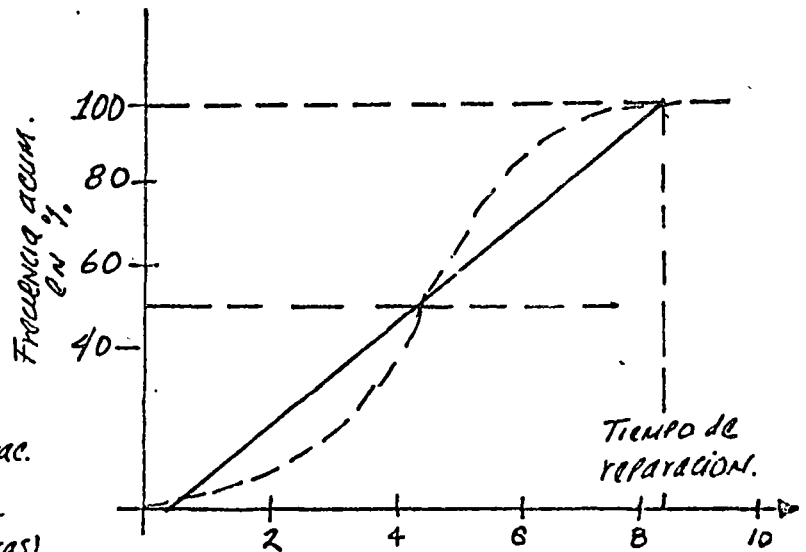
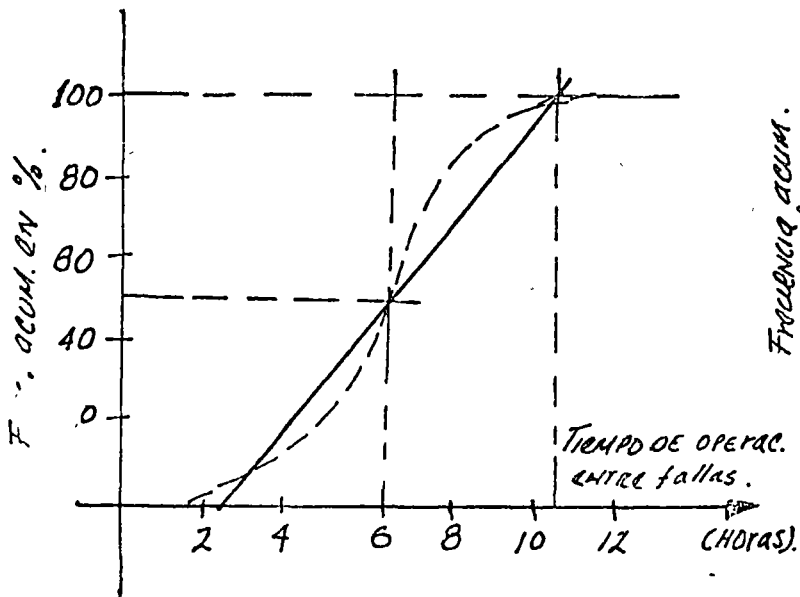
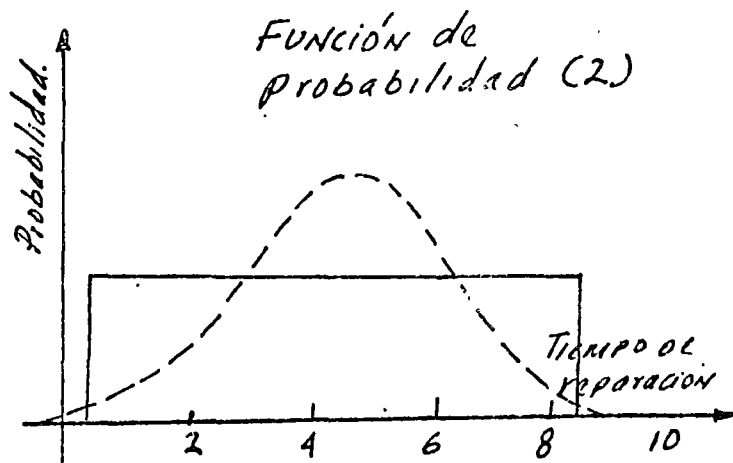
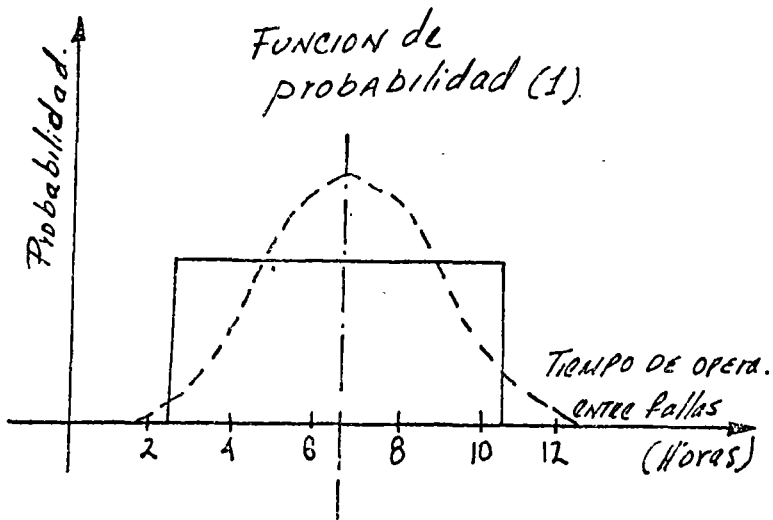
Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m<sup>3</sup> de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd<sup>3</sup> y 8 camiones fleteros, 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/hr vs \$ 200.00/hora del primero.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4.5 horas según 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 se 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 tiempo de espera.





| 1° | 2° | 3° | OPERACION | REPARACION. |
|----|----|----|-----------|-------------|
| A  | A  | A  | 3         | 1           |
|    |    | S  | 4         | 2           |
|    | S  | A  | 5         | 3           |
|    |    | S  | 6         | 4           |
| S  | A  | A  | 7         | 5           |
|    |    | S  | 8         | 6           |
|    | S  | A  | 9         | 7           |
|    |    | S  | 10        | 8           |

# SIMULACION

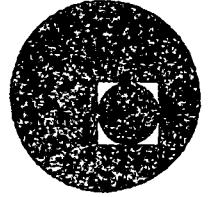
| CARRADOR | EN OPERACION |                |       | EN REPARACION |               |       | ESPERE | ESPERA CAMIONES |       |               |        |
|----------|--------------|----------------|-------|---------------|---------------|-------|--------|-----------------|-------|---------------|--------|
|          | INICIO       | TIEMPO OPERAC. | SUSP. | INICIO        | TIEMPO REPAR. | TERM. |        | INICIO          | TERM. | TIEMPO ESPEA. | COSTO. |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| A        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |
| B        |              |                |       |               |               |       |        |                 |       |               |        |

## Bibliografía:

1. Invitación a la Investigación de Operaciones - A. Koufmann Arnold.
2. Principles of Operations Research - Harrey M. Wagner Prentice-Hall, Inc.
3. New Power for Management (Computer Systems and Management Science) - David B. Hertz - Mc Graw Hill.
4. Introduction to Operations Research - C.W. Churchman, R.L. Ackuft, E.L. Arnoff - John Wiley
5. El Desafío Amencono - J.J. Servan Schreiber - Plaza 8c Jams S.A.
6. Las Técnicas Modernas de Fotogrametría y Cómputo Electrónico Aplicadas al Diseño de Carreteras en México - Gerardo Cruickshank García - Revista Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesía No. 2, Nov-Dic 1970
7. Movimiento de Terracerías y Costo Mínimo - José Piña G. - Revista Ingeniería Civil



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA XIII. C O N T R O L

ING. JOSE CARREÑO ROMANI.

JULIO, 1978.

## I N D I C E

|  | PAGINA |
|--|--------|
| 1. INSTRUCCIONES                                     | 2      |
| 2. EL CONTROL  | 3      |
| 3. CONTROL DE CANTIDADES                             | 14     |
| 4. CONTROL DE COSTOS                                 | 17     |
| 5. CONTROL PRESUPUESTAL                              | 19     |
| 6. CORRECCION DE DESVIACIONES                        | 22     |
| 7.- REQUISITOS DE UN SISTEMA DE<br>CONTROL DE COSTOS | 22     |

## INSTRUCCIONES

La primera parte de estos apuntes utiliza el sistema denominado EDUCACION PROGRAMADA. Rogamos al lector atender las siguientes instrucciones para obtener el mejor aprovechamiento :

- 1) Cubriendo la columna de la derecha con la tira que se anexa, lea cada uno de los temas.
- 2) Escriba la respuesta en el espacio marcado o en una hoja -- por separado, cuando así se requiera. (Es esencial que no se concrete usted a pensar la respuesta, DEBE ESCRIBIRLA).
- 3) Revise su respuesta, moviendo la tira hacia abajo, descubriendo la respuesta correcta en la columna de la derecha.
- 4) Si su respuesta es correcta pase al siguiente tema.
- 5) Si su respuesta no es correcta, lea el tema nuevamente y -- trate de comprender por qué está usted equivocado.

## PROCEDIMIENTO

Cada tema deberá ser resuelto en orden. NO ALTERE EL ORDEN, a menos que así se le indique. Si tiene dificultad en un determinado punto debe regresar al lugar donde este punto apareció por primera vez y revisar los temas relacionados con él.

## CONVENCIONES

\_\_\_\_\_ = Escriba la palabra solicitada.

\_\_\_\_\_ = Anote la letra que se requiere.

...(si/no) = Subraye o circule la alternativa correcta.

\_\_\_\_\_ = Escriba las palabras que se requieran.

( ) = Ponga el número correcto

## EL CONTROL

### 1.- GENERALIDADES .

1.- Control es el proceso que determina que -- también se está llevando a cabo una actividad va\_lorizándola y si es necesario aplicando las medi\_das correctivas apropiadas, de manera que la -- ejecución esté de acuerdo con lo planeado.

(sin respuesta)

2.- La comparación entre lo planeado y lo ejecu\_tado es lo que constituye la base del \_\_\_\_\_ y la determinación del estándar o patrón que es la esencia de dicha comparación, es el primer - paso a seguir.

control

3.- El control es pues, un \_\_\_\_\_ que requiere de la determinación del \_\_\_\_\_, en primer lugar y después de la comparación el estándar planeado y el trabajo ejecutado y por -- último el de llevar a cabo la acción correctiva - en caso necesario.

proceso  
estándar

4.- La identificación de los objetivos que se rea\_liza en la función de la \_\_\_\_\_ norma el primer paso del control que consiste - en la \_\_\_\_\_ de los \_\_\_\_\_.

planeación  
determinación  
estándares

5.- Entonces la definición de la cantidad de tra\_bajo a realizar en una jornada, es lo que consti\_tuye la determinación de un \_\_\_\_\_ para la valoración del desempeño del trabajador. La - definición de un modelo de comportamiento o ac\_ción es lo que constituye un estándar (sí/no) \_\_\_\_\_.

estándar

sí

6.- La valorización de lo ejecutado y lo planea - do, sería una etapa de la comparación entre el - estándar y lo que se está realizando. En caso de que exista una diferencia entre lo \_\_\_\_\_ y lo \_\_\_\_\_ es cuando se debe tomar la \_\_\_\_\_.

planeado  
ejecutado  
acción correctiva

7.- Principio de Control.- Para que un \_\_\_\_\_ sea efectivo debe cubrir y regular el funciona - miento planeado. Es decir se debe buscar y lo - grar que la actividad se esté realizando de acuer - so con lo \_\_\_\_\_.

control

planeado

8.- Se analizarán en seguida los diferentes tipos de modelos, patrones o como los hemos llamado \_\_\_\_\_ que son más usados: Cantidad, Calidad, Uso del tiempo y Costo.

estándares

9.- La determinación del volumen medio esperado de producción, de acuerdo a la actuación de los empleados más eficientes es lo que define un estándar de \_\_\_\_\_.

cantidad

10.- El especificar las sumas de dinero a gastar en la adquisición de materias primas o publicidad es lo que implica un \_\_\_\_\_.

estándar de costo

11.- El establecimiento de un programa a seguir en la realización de ciertas actividades constituye la implantación de un estándar de \_\_\_\_\_.

uso del tiempo

12.- Por último, el definir las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades que permiten lograr los objetivos organizacionales es lo que define un estándar de \_\_\_\_\_.

calidad

13.- Para poder comparar los resultados obtenidos se cuenta con los estándares de \_\_\_\_\_, y \_\_\_\_\_ que nos indican si podremos o no lograr, por ese medio, los \_\_\_\_\_ de la empresa.

cantidad, calidad, uso del tiempo, costo objetivos

14.- El establecimiento de puntos estratégicos de control nos permite el lograr una mejor \_\_\_\_\_ entre el estándar definido y lo que se está realizando. Cuando surgen diferencias en la comparación se dice que existe una excepción.

comparación

15.- El control administrativo es más fácil concentrando la atención sobre las excepciones o variaciones entre lo planeado y lo \_\_\_\_\_ es lo que nos dice el Principio de Excepción. Se puede decir que donde el Principio de \_\_\_\_\_ es válido, debemos colocar un punto de control.

ejecutado o realizado

excepción estratégico

16.- Lo anterior significa que el esfuerzo control está dirigido a los lugares donde una ----- tiene lugar, es decir en el punto donde lo realizado no se conforma con el ----- o patrón definido.

excepción

estándar

17.- En los sitios de excepción es donde se debe colocar un ----- de control y donde se debe aplicar el tercer paso del proceso control, es decir la toma de la acción -----.

punto estratégico

correctiva

18.- La determinación de los sitios donde existe una ----- es básica para lograr un buen control, ya que el incluir todas las facetas de una empresa en él, consume demasiado tiempo y esfuerzo, por lo que resulta muy costoso.

excepción

19.- El concentrar el control en ----- estratégicos ahorra tiempo y esfuerzo y es una práctica muy unida al Principio de ----- . Cuando al comparar estándares y funcionamiento no existe ninguna desviación o ----- el control de esa actividad pasa a segundo término y solo requiere de revisiones periódicas.

puntos

excepción

excepción

20.- En resumen: La ----- surge cuando al comparar el funcionamiento o resultados obtenidos y los ----- existe alguna diferencia y es el sitio donde debemos establecer un ----- de control y llevar a cabo la toma de la ----- correctiva.

excepción

estándares

punto estratégico

acción

## DISPOSITIVOS DE CONTROL.

21.- Una vez establecidos los estándares y que se han medido y comparado éstos con los resultados para poder llevar a cabo la acción ----- se utilizan varios ----- de control que son:

correctiva

dispositivos

Presupuesto

Informes estadísticos de control

Análisis del punto no pérdida-no ganancia

Reportes especiales de control

Auditoría Interna



22.- El presupuesto es el \_\_\_\_\_ de control que se utiliza con más frecuencia. Cuando el presupuesto sirve para corregir y revisar el trabajo que se está ejecutando forma parte del proceso de \_\_\_\_\_ mientras que su determinación como recurso para el logro de objetivos lo hace parte del proceso de la función - \_\_\_\_\_.

dispositivo

control

planeación

23.- El presupuesto entonces es de gran importancia como dispositivo de \_\_\_\_\_ y como parte integrante del proceso de la \_\_\_\_\_. La definición del estándar costo es base común para coordinar las actividades de la empresa y forma parte del dispositivo \_\_\_\_\_.

control

planeación

presupuesto

24.- El dispositivo que se basa en la determinación de los costos, es el de \_\_\_\_\_. Pero el dar importancia a la reducción de costos solamente, puede tener como consecuencia - que esto afecte al estándar (cantidad/calidad/uso del tiempo) \_\_\_\_\_.

presupuesto

calidad

25.- El segundo dispositivo de control consiste en la elaboración de reportes periódicos de las actividades realizadas, con el fin de estudiar la historia de la marcha de la empresa y es lo que implican los \_\_\_\_\_.

informes estadísticos

26.- El hecho de que los informes \_\_\_\_\_ de control sirvan de base para que se les compare con otros informes previos, significa que es importante que se elaboren en forma - (continua/no continua) \_\_\_\_\_.

estadísticos

continua

27.- El análisis del punto no pérdida no ganancia es otro de los \_\_\_\_\_ que más se usa. El uso de gráficas que muestran el porcentaje de utilización de una planta contra ingresos y gastos pueden utilizarse para el análisis del punto \_\_\_\_\_.

dispositivos de control

no pérdida - no ganancia

28.- La determinación de las utilidades o pérdidas de la empresa, es otro ejemplo de lo que se puede lograr al utilizar el dispositivo de \_\_\_\_\_.

análisis del punto no pérdida no ganancia

29.- Los reportes especiales de control son el -  
cuarto dispositivo de \_\_\_\_\_ . Estos-  
son \_\_\_\_\_  
los que investigan casos particulares en un tiem-  
po y lugar definido.

control, repor-  
tes especiales

30.- De acuerdo a lo anterior estos reportes se  
realizan en forma (continua/no continua) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ y por el hecho de referirse a  
situaciones particulares donde se presume existe  
alguna desviación, constituyen una aplicación di-  
recta del Principio de \_\_\_\_\_ .

no continua

excepción

31.- Cuando se realizan investigaciones periódicas,  
sobre actividades generales se está utilizando  
el dispositivo de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ de control. En cambio in-  
vestigaciones acerca de los procedimientos, fun-  
cionamiento de un área específica de trabajo se  
usan para elaborar \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ .

informes es-  
tadísticos

reportes  
especiales

32.- El último dispositivo de control mencionado  
es el de la \_\_\_\_\_ interna. Así por  
ejemplo cuando la central de adiestramiento del  
personal revisa las operaciones de las unidades  
subsidiarias se está llevando a cabo una \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ .

auditoría

auditoría  
interna

33.- Los cinco \_\_\_\_\_  
son: presupuesto, informes estadísticos de con-  
trol, análisis del punto no pérdida-no ganancia,  
reportes especiales de control y auditoría inter-  
na.

dispositivos  
de control

34.- Los dos dispositivos que tienen que ver con  
los análisis monetarios, costos y flujo de fondos  
son: \_\_\_\_\_ y el \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ .

presupuesto,  
análisis del punto  
no pérdida-no ga-  
nancia

35.- El dispositivo que se elabora en forma no -  
continua y que está relacionado con el Principio  
de Excepción es el de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ de control.

reportes  
especiales

36.- Los dispositivos que se realizan en áreas -  
extensas y en forma más o menos periódica son:  
la \_\_\_\_\_ y los \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ de control.

auditoría interna,  
informes estadís

37.- Para que en toda empresa no se pierda la -  
continuidad en el flujo de las actividades es neces  
sario que se utilicen como forma de control, los  
\_\_\_\_\_ antes mencionados.

dispositivos

## 2.- SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL DE LA ACTUACION HUMANA

38.- Los sistemas de control son aquellos que se  
utilizan para determinar si los objetivos y metas  
de la organización definidos en la función \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ se están ejecutando correcta-  
mente. Dichos sistemas se auxilian de los \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ de control para cumplir su  
cometido.

planeación

dispositivos

39.- El control centralizado es el \_\_\_\_\_  
de control que se lleva a cabo en áreas específi-  
cas de una empresa. Así el control de presupues-  
tos departamentales a cargo del staff de finanzas  
es lo que constituiría un \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

sistema

control cen-  
tralizado.

40.- El control personal es el que incluye el che-  
queo y correcciones que realiza un supervisor a  
un trabajador o grupo de ellos. Así el sistema-  
de control que se realiza en áreas más específi-  
cas y es de primera línea primordialmente es el  
de control \_\_\_\_\_.

personal

41.- Los sistemas de \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ y control \_\_\_\_\_ son --  
los que se deben ejercer de acuerdo a las teorías  
clásicas de la Administración. Es lógico pensar  
que los datos así obtenidos fluyen hasta (los nive-  
les superiores/los niveles más bajos) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

control centralizado  
personal

los niveles  
superiores

42.- El tercer sistema es el auto-control. El in-  
dividuo que instituye cambios en sus propios mé-  
todos de trabajo con el fin de lograr mayor éxito  
está practicando el \_\_\_\_\_.

auto-control

43.- La supervisión realizada por los niveles altos de la empresa sobre áreas extensas de trabajo es lo que implica un \_\_\_\_\_ . El perfeccionamiento del individuo debido a un supervisor que checa su trabajo constituye la meta a alcanzar del \_\_\_\_\_ . El deseo de superación personal, la automotivación y la iniciativa del individuo para perfeccionando sus métodos de trabajo son consecuencia del \_\_\_\_\_ .

control centralizado .

control personal

auto-control

44.- Desde el punto de vista de la Teoría y (unidad anterior) el sistema de control mejor es el \_\_\_\_\_ . Según la Teoría X que establece que el hombre es incapaz de lograr nada por sí mismo, sería necesario el uso de los controles \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_ .

auto-control

centralizado personal

45.- Porque fomenta el sentido de responsabilidad y brinda una cierta libertad en la elección de los métodos de trabajo y estrategias a seguir el sistema de control ideal sería el \_\_\_\_\_ .

auto-control

#### CONSECUENCIA DE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

46.- El éxito de los \_\_\_\_\_ de control se basa, en que sean aceptados por los individuos a quienes se aplica. Por desgracia los estudios del comportamiento humano han demostrado que el hombre generalmente (acepta/rechaza), \_\_\_\_\_ los sistemas de control.

sistemas

rechaza

47.- Los sistemas de control producen en el hombre un rechazo que se traduce en un incumplimiento del deber. El \_\_\_\_\_ o resistencia a dichos sistemas se debe generalmente a las siguientes causas:

rechazo

1) El control tiende a romper la imagen propia de la persona.

2) El no aceptar los objetivos de la empresa.

3) La creencia de que los estándares exigidos son demasiado altos.

4) No gustarle que se asigne el control a determinados grupos de la organización.

48.- El hecho de que la mayoría de los reportes o informes de control, acusan sólo las deficiencias en la actuación de la persona, hacen que sean (aceptados/rechazados) \_\_\_\_\_ ya que tienden a \_\_\_\_\_ la imagen de la propia persona.

rechazados  
romper

49.- Ahora suponiendo que el individuo acepta el control como un medio para corregir sus deficiencias es necesario, además, que los objetivos de los sistemas de control le hagan sentir que valen la pena.

(sin respuesta)

50.- Así otra de las razones por las que se rechazan los sistemas de control es porque existe incompatibilidad entre los \_\_\_\_\_ de la persona y los de la organización.

objetivos

51.- Si un empleado siente que lo que le están exigiendo es demasiado para sus aptitudes o habilidades, puede deberse a que los \_\_\_\_\_ son muy altos y por ello (admite/no admite) \_\_\_\_\_ que se le controle.

estándares  
no admite

52.- Por ejemplo la fijación de volúmenes de venta a un vendedor basados en su desempeño anterior es más fácilmente (aceptada/rechazada) \_\_\_\_\_ que si se aplica un volumen estándar sin tener en cuenta la experiencia.

aceptada

53.- Se estableció que un individuo rechaza los \_\_\_\_\_ de control cuando no le gusta, que para tal efecto, hayan asignado a un determinado \_\_\_\_\_. Es de esperarse que un control ejercido por los mismos compañeros se (acepta/rechaza) \_\_\_\_\_ un tanto que un control proveniente de un staff de "afuera" sea aceptado/rechazado) \_\_\_\_\_

sistemas  
grupo  
acepta  
rechazado

54.- Se han visto hasta ahora, las razones por las que se \_\_\_\_\_ un sistema de control, que trae como consecuencia un incumplimiento del deber. Un individuo no cumple con su \_\_\_\_\_ ante la percepción del peligro.

rechaza  
deber

55.- Cuando aquellos a quienes se aplica un sistema de control sienten que éste constituye una amenaza para ellos, se dice que hay \_\_\_\_\_

percepción del peligro

56.- La percepción del \_\_\_\_\_ nace cuando se insiste en el castigo en vez de la ayuda y del apoyo para alcanzar las metas y/o los \_\_\_\_\_ cuando existe falta de confianza en las relaciones entre superior y subordinado, personal staff y de línea, etc.

peligro

objetivos

57.- Las amenazas y castigos, así como la falta de confianza o comunicación entre los jefes y los \_\_\_\_\_ es lo que hace que aparezca la \_\_\_\_\_ y con ello la falta de \_\_\_\_\_ del deber.

subordinados  
percepción del peligro  
cumplimiento

58.- Se puede concluir que los sistemas de control tienden a provocar y a acentuar la conducta que tratan de evitar que es la falta de \_\_\_\_\_ la razón de ello es que las presiones para cumplir con el deber en una atmósfera de falta de \_\_\_\_\_ en las relaciones y de castigos hacen percibir el \_\_\_\_\_.

cumplimiento del deber

confianza  
peligro

59.- Desgraciadamente la ausencia del peligro no garantiza el cumplimiento del \_\_\_\_\_. El cumplimiento del deber puede lograrse con sentido de dedicación a la causa.

deber

60.- Como ya vimos el objeto de todo control es lograr la determinación de un \_\_\_\_\_ o patrón para evaluar el trabajo. Entonces el éxito del control consiste en la determinación del nivel del estándar apropiado, ni muy alto porque puede ser inalcanzable y por ello \_\_\_\_\_ ni tan bajo que no se logran las metas y los \_\_\_\_\_ organizacionales.

estándar

rechazados

objetivos

61.- Sin embargo la reacción favorable del individuo no estará determinada por la meta-objetivo en sí sino por la percepción que de ella tenga de acuerdo a sus sentimientos, necesidades y actitudes de ahí que el estudio de las Ciencias del \_\_\_\_\_ humano son básicas en la administración.

comportamiento

62.- El cumplimiento del deber, según se dijo en el cuadro 59, se logra con sentido de \_\_\_\_\_ a la causa y ello se logra cuando el individuo logra la \_\_\_\_\_ de las metas u objetivos.

dedicación

percepcion

63.- Mayor será la \_\_\_\_\_ a la causa cuando más compatibles sean las \_\_\_\_\_ u \_\_\_\_\_ de la empresa con los sentimientos, inquietudes, aspiraciones y necesidades del hombre que en ella trabaja.

dedicación

metas

objetivos

64.- Teniendo en mente estas ideas, se puede entrar al estudio de lo que está constituyendo el sistema de control moderno y que se basa en lograr una mayor \_\_\_\_\_ a alcanzar las metas y objetivos de la empresa. A este sistema se le conoce por sistema orgánico de control.

dedicación

65.- El sistema \_\_\_\_\_ de control viene siendo la forma de promover una mayor \_\_\_\_\_ a la causa de la empresa basado en la idea de que imponiendo a los demás determinados objetivos y normas atractivas se logra su aceptación.

orgánico

dedicación

66.- El establecimiento de los \_\_\_\_\_ y las \_\_\_\_\_ debe hacerse en base a una exploración conjunta y abierta de la realidad. Así la exposición y discusión de los criterios de la empresa para competir con éxito en cualquier ocasión son la base para el \_\_\_\_\_ de los objetivos y las normas.

objetivos

normas

establecimiento.

67.- Esto puede parecer engorroso y lento, pero se basan en la convicción de que el tiempo empleado en lograr la identificación de los objetivos, actividad propia de la función \_\_\_\_\_ estará compensado de sobra con el tiempo que se ahorrará en la solución de problemas posteriores.

planeación

68.- Así definidos en forma concreta y conjunta todos los objetivos, metas y normas a seguir y por haber sido determinados con el concurso de todos los miembros de la empresa, teniendo en cuenta todos los puntos de vista y sugerencias, será (fácil/difícil) \_\_\_\_\_ poderse dedicar por entero a la causa.

fácil

69.- El sistema orgánico de control basado en lo antes expuesto tendría una aplicación ----- (igual/muy distinta) \_\_\_\_\_ a los sistemas convencionales, ya que si se ha lo grado la entera \_\_\_\_\_ al logro de los \_\_\_\_\_, lo primero, para realizar un \_\_\_\_\_ efectivo, será proporcionar ayuda a los subsistemas (departamentos) en su esfuerzo por alcanzar los niveles acordados en común.

muy distinta

dedicación  
objetivos  
control

70.- La función de las unidades administrativas en el sistema \_\_\_\_\_ será la de proporcionar a cada uno de los niveles de la empresa la información relativa a su funcionamiento para que pueda utilizarla a este fin.

organico de  
control

71.- Así cada subsistema tendrá que dar cuenta de sus actividades al sistema inmediato superior, periódicamente indicando el desarrollo alcanzado, la exposición de los problemas encontrados y de los planes para resolverlos. Ello elimina la utilización de grupos especiales de control que hacen (más caro/más barato) \_\_\_\_\_ el control.

más caro

72.- Con ello también se evita en gran parte la vigilancia directa, en el sentido estricto de la palabra, ya que el problema no consiste en obtener un cumplimiento pasivo, sino en capacitar a todas las secciones a lograr los \_\_\_\_\_ propuestos.

objetivos

73.- Así el sistema \_\_\_\_\_, motiva al empleado a corrigiendo sus errores y a ejercer sobre sí mismo un \_\_\_\_\_ control de sus movimientos. El auto-control es la mejor manera de responsabilizar al individuo y lograr el \_\_\_\_\_ de su deber y su mayor \_\_\_\_\_ a tratar de alcanzar los objetivos de la empresa.

orgánico de  
control

auto

cumplimiento  
dedicación

74.- El \_\_\_\_\_-control desarrollado en base al estudio de situaciones particulares, producto, a su vez de las necesidades e inquietudes del individuo y que se ejerce por medio de informes de sus sistemas al sistema superior, a base de confianza y sinceridad es lo que constituye el \_\_\_\_\_ de control.

auto

sistema orgánico



## CONTROL DE CANTIDADES

El controlar las cantidades es muy usual en la Industria de la Construcción. Conocida desde la planeación la cantidad de una obra determinada por unidad de tiempo (hora, día, mes) que se requiere producir es muy fácil utilizar esa cantidad planeada como estándar. A medida que se desarrolla la obra pueden irse afinando los estándares.

En el proceso de planeación se determina primero un estándar ideal o teórico, esto es la cantidad de obra que puede producirse con un 100% de eficiencia, luego se aplican factores producto de la experiencia para llegar al estándar práctico, o de otra manera, si se tienen datos estadísticos de obras anteriores con el mismo proceso productivo pueden tomarse estos datos para determinar los estándares reales o prácticos.

Establecidos los estándares por unidad de tiempo se procede a establecer los puntos de control; normalmente se van controlando las cantidades por lapsos acordes con el control contable de la obra. Así pueden establecerse controles diarios, semanales o mensuales.

La ventaja de ligar el control de cantidades a la contabilidad de costos es que se tendrán puntos de control iguales para cantidades y costos lo cual es muy útil puesto que la producción real en un determinado plazo junto con el costo real nos dará el costo por unidad de obra ejecutada que es un dato que interesa primordialmente al constructor.

Otra característica del control de cantidades es que los puntos de control son diferentes dependiendo del nivel jerárquico que toma decisiones usando el control. Así por ejemplo en una planta de agregados el jefe de la planta recibe un informe de producción por turno, el superintendente de pavimentación recibiría un informe condensado de producción semanal y el superintendente general este mismo informe pero mensual. Esto sucede desde luego si no hay desviaciones significativas. Si las hay el sistema de control debe ser capaz de alertar hasta un nivel que pueda tomar las decisiones que corrijan aquellas fallas del proceso que estaban provocando una falta de producción respecto a los estándares.

Esto se hace en diferentes formas. El superintendente de pavimentación puede por ejemplo decirle al jefe de la planta que debe avisarle si la producción de cualquier turno de 8 hrs. es inferior en 10% al estándar por turno. El superintendente general podrá enterarse si la producción semanal es 10% inferior al estándar semanal. Esto desde luego facilita la operación organizada de control.

Es muy común que al reporte de control se le añadan una serie de datos estadísticos que sirvan para tomar decisiones en caso de que exista alguna desviación.

Siguiendo el ejemplo de la planta de agregados el reporte debería contener aquellos datos que permitan conocer las causas de alguna posible desviación. Por ejemplo el número de horas paradas de la máquina por cualquier causa indicando dichas causas o no, demoras causadas por deficiencias en el suministro, deficiencias en el almacenamiento, fallas en el personal, etc.

Si todos estos datos se llevan a lo largo del trabajo esto permitirá que además de llevar el control y facilitarse las decisiones se pueda revisar periódicamente las causas de las demoras para poder, por ejemplo, replanear el proceso o si es conveniente, fijar estándares más altos en beneficio de la economía de la obra modificando el proceso completo, parte del proceso o simplemente aumentando el estándar en función de la experiencia acumulada si parece lo indicado.

En realidad el control es un proceso de retroalimentación, es decir, un sistema que toma muestras, las compara con el estándar y en caso de desviaciones significativas actúa sobre el proceso de producción para regresarlo a la producción planeada.

El reporte de control permite pues a los diferentes funcionarios que manejan el proceso tomar decisiones. Estas decisiones son de diferente tipo y podríamos dividir las en dos :

- a) Decisiones de Emergencia.
- b) Decisiones Preventivas.

Como ejemplo de decisiones de emergencia podría mencionarse el hecho de que una máquina trituradora tenga problemas mecánicos y esto origine una producción inferior al estándar. Otro ejemplo sería que una máquina se descomponga por rotura de una pieza. En estos casos la decisión inmediata será proceder a la reparación.

Como ejemplo de decisión preventiva puede mencionarse la siguiente: las horas perdidas por descompostura de una máquina, tienen tendencia a aumentar. Analizando la causa pueden presentarse varios casos :

- a) La máquina está fuera de la vida económica
- b) El mantenimiento es defectuoso
- c) La operación es defectuosa
- d) Algún mecanismo de la obra tiene un efecto importante

El atacar este problema y tomar decisiones respecto a él sería una decisión preventiva si se toma antes de que ésta causa de demora provoque que la producción quede abajo del estándar.

Es costumbre que para poder tomar estas acciones preventivas se usen cartas de control, que indiquen en forma gráfica y durante lapsos grandes las variaciones reales del comportamiento de la producción, demoras, etc.

## CONTROL DE COSTOS

Este sistema de control es muy usual en lo que a construcción -- se refiere, ligado íntimamente al control de cantidades como ya se indicó.

Este control consiste en ordenar en diferentes cuentas los costos correspondientes a los insumos que se van utilizando en la obra.

El conjunto de estas cuentas se denomina catálogo de cuentas de costos, y pueden dividirse de acuerdo con las necesidades del control. Así por ejemplo puede llevarse una cuenta de costos para producción de agregados, otra cuenta de costos para elaboración de concreto asfáltico, una más para colocación de concreto revestido, etc., es usual que se subdividan estas cuentas de costos en sub cuentas, en función del tipo de insumo, así pues cada una de estas cuentas podría llevar las siguientes sub cuentas :

- a) Obra de Mano
- b) Materiales
- c) Maquinaria
- d) Acarneos
- e) Destajistas

El control de costos compara las cantidades erogadas por cada una de las cuentas y sub cuentas con las supuestas y cuando hay una desviación importante tomará una decisión para corregir esta desviación.

El estándar en el caso de control de costos puede elaborarse a base de presupuestos mensuales o, relacionando un control de cantidades con el de costos en base a los costos unitarios supuestos en la planeación.

Así por ejemplo se puede presuponer cuánto se va a gastar en una determinada empresa por concepto de maquinaria para agregados, y usar esta cantidad como estándar y contra ella comparar el costo real. Puede también fijarse un costo unitario como estándar por m<sup>3</sup> de agregado por ejemplo y con los datos reales de cantidades de costos dividiendo la cantidad erogada realmente en el mes entre la cantidad producida realmente en el mes en m<sup>3</sup> tendríamos el costo unitario real que se compararía con un costo unitario supuesto. En ambos casos, si hay desviaciones se deberá contar con un mecanismo en la organización de la obra que tome decisiones de inmediato para corregir las deficiencias que presente el mecanismo de producción, con objeto de hacer que el costo real sea igual o menor que un costo estimado.

La información del control de costos se puede presentar en base a listados que nos indican las cantidades realmente erogadas en cada una de las cuentas y sub cuentas, se puede presentar en gráficas, o pueden presentarse exclusivamente aquellos costos que se disparan del presupuesto (control por excepción).

Como se puede ver estas cuentas de costos pueden sofisticarse y pueden ampliarse hasta llegar a un control muy detallado. La experiencia en construcción indica que es muy difícil llegar a un gran detalle ya que normalmente en los datos de campo se originan errores que hacen inútil este control tan detallado. Es más frecuente que se tengan cuentas por actividades generales y en caso de tener que tomar una decisión se hace un análisis de detalle de esa cuenta particular dividiéndola con el criterio del ingeniero en sub cuentas.

La contabilidad de costos implica una buena organización contable de la obra, ya que esta contabilidad de costos deberá estar ligada a la contabilidad general de la empresa para que dé siempre datos reales.

Desde luego se deberán llevar cuentas de los costos directos, así como de indirectos y gastos generales de la empresa con objeto de tener siempre un panorama completo y tomar decisiones que conduzcan a la obra y a la empresa al objetivo cuantitativo predefinido.

Los estándares deben modificarse y revisarse continuamente, ya que es muy frecuente que haya variaciones en el proyecto en las cantidades de obra y en los métodos de construcción que evidentemente modifican el estándar.

Para llevar adecuadamente el control de costos es indispensable que el ingeniero que hace uso de este control tenga conocimientos básicos de contabilidad, lo que le permitirá interpretar adecuadamente los resultados de las diferentes cuentas que tiene que supervisar.

Existen diferentes métodos para llevar el control de costos, que usan desde sistemas manuales hasta computadoras electrónicas, en general el uso de computadoras está restringido a aquellas áreas de trabajo en donde se tenga una máquina cercana, ya que la transmisión de datos masivos por teléfono o radio no ha sido resuelta satisfactoriamente en México. Esto es muy importante ya que la información debe ser oportuna para que las decisiones que se tienen que tomar en base a esa información también lo sean.

## CONTROL PRESUPUESTAL

El control presupuestal permite llevar el control de cantidades y costos al mismo tiempo, y desde luego permite tomar las decisiones que se requieran tanto en el área de producción como en otras áreas tales como compras, manejo financiero, cobranzas, etc.

Para poder llevar un control presupuestal se requieren los siguientes requisitos.

Un sistema de planeación que permita la elaboración de un presupuesto completo que servirá de estándar para el control.

Un sistema idóneo de contabilidad y costos de la empresa.

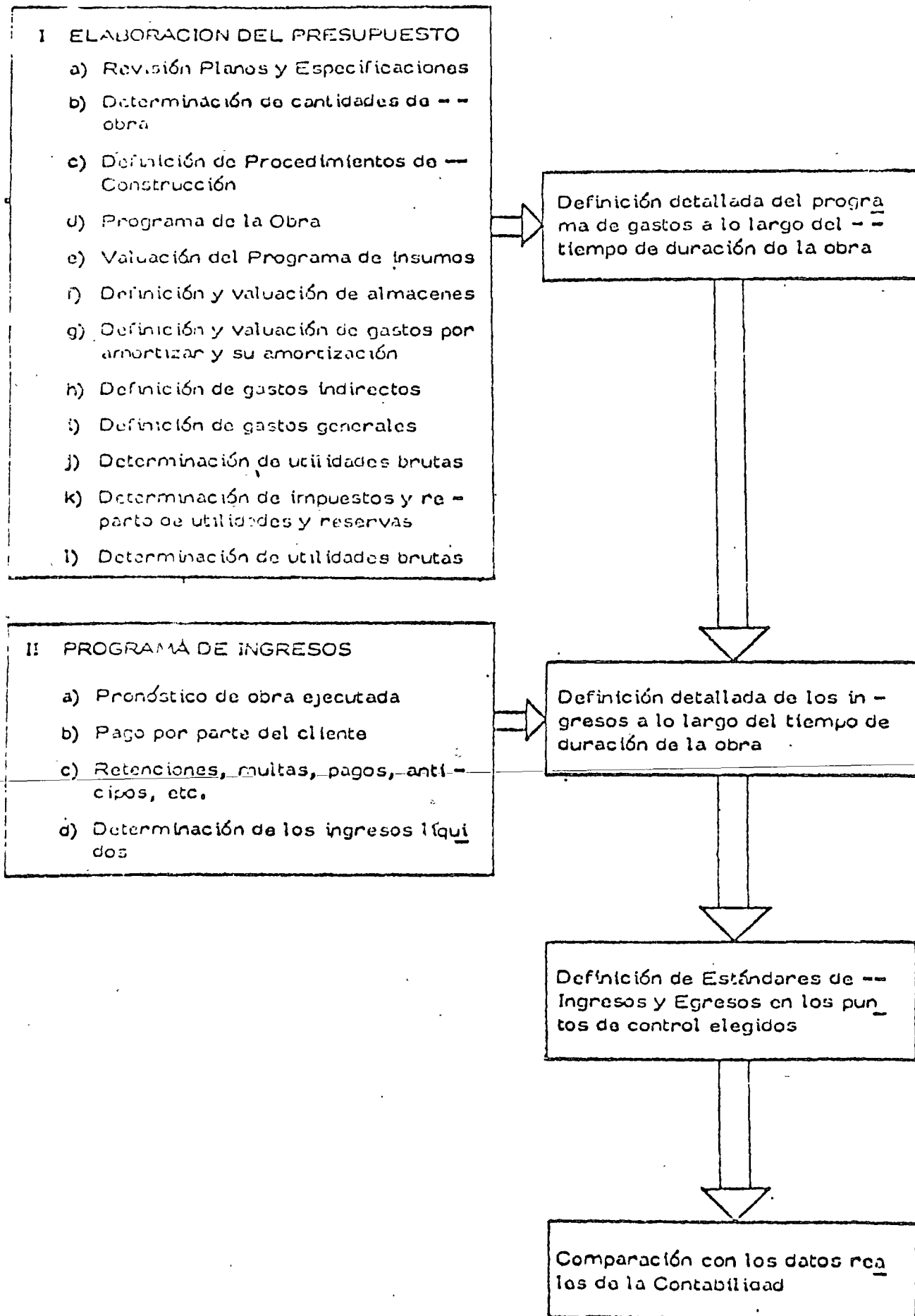
En general puede decirse que un sistema integrado de control presupuestal en una empresa de construcción tiene limitaciones e inconvenientes que algunas veces anulan a las indudables ventajas que tiene el sistema.

Entre los inconvenientes que presenta pueden mencionarse :

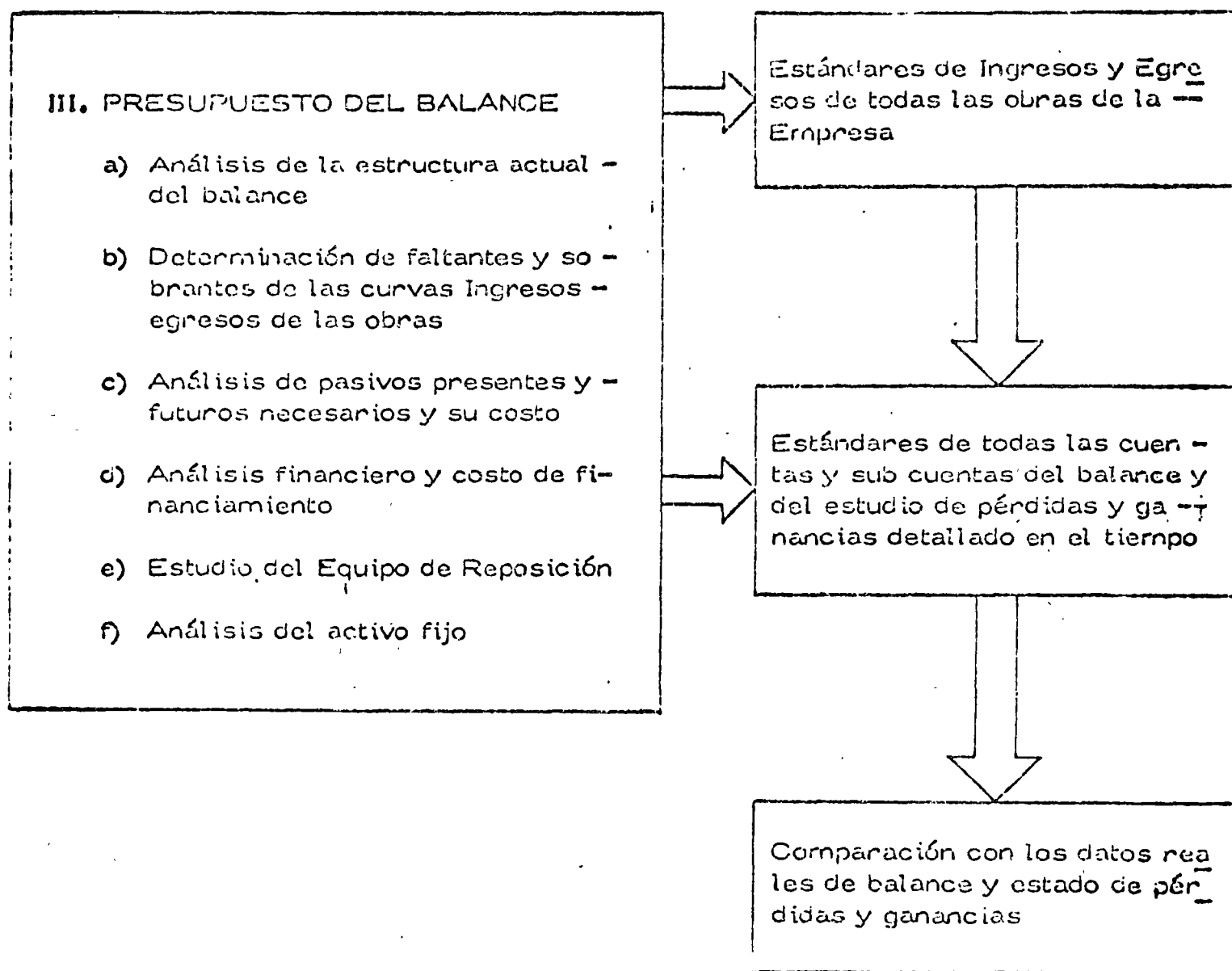
- a) Los presupuestos deben modificarse continuamente debido a las variaciones en programas y volúmenes que tienen la mayor parte de las obras de construcción en nuestro país.
- b) Al implantar el sistema no se deben esperar resultados completos a corto plazo.
- c) Existen obstáculos psicológicos importantes, pues el cambio de sistema significa una modificación en los hábitos del personal.

Existen gran número de procedimientos diferentes para llevar el control presupuestal, desde sistemas que se operan manualmente hasta los que hacen uso de las computadoras.

El control presupuestal a nivel de obra podría definirse como si-  
gue:



El control presupuestal a nivel de empresa podría esquematizarse así:





Como en los casos anteriores desviaciones significativas originan de inmediato decisiones correctivas.

### CORRECCION DE DESVIACIONES

El establecimiento de los medios adecuados para corregir las desviaciones de los estándares es probablemente la etapa más importante de todo control.

Si el "aviso" no es oportuno y no llega rápidamente a la persona capaz de tomar las decisiones correctivas se pierden total o parcialmente las ventajas del control.

La empresa puede mejorar sistemas de construcción modificar su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de sus actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, en función de los reportes de control debidamente evaluados.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la inversión real y mejorar la rentabilidad de la obra, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar una obra se ha basado en hipótesis falsas respecto a los costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna reevaluación y corrección de los planes. Por supuesto que el control de costos no puede corregir los defectos en los estimados de costos, pero la misma experiencia derivada del control permitirá realizar estimados cada vez mejores.

### REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Los textos de administración señalan diversas exigencias para que un sistema de control opere adecuadamente. Se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos.

1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. El sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será indudablemente distinto del que se use para controlar los costos de construcción. Los sistemas e instrumentos adecuados para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes de los que deben usarse en la construcción de una presa. Los costos de operación y mantenimiento requieren

procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los catálogos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de obras.

2. Los controles deben indicar rápidamente las desviaciones.

Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo; debido a que tienen que satisfacer diversos requisitos legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completamente terminadas y debidamente documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es lento y un tanto inflexible. El control de los costos requiere el establecimiento de un sistema de información más ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de datos constituye una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.

3. Los controles deben mirar hacia adelante. A este respecto debe también señalarse que los sistemas contables están generalmente orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de predecir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por redes de actividades constituyen instrumentos idóneos para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.

4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos. Se hace referencia aquí al principio de control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquéllos en que lo logrado se aparta de las normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la consecución de la meta pre-fijada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos-

y estimados de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboren mediante un análisis de las secuencias de operaciones por realizar. Podrá así advertirse fácilmente cuándo el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares prefijados.

5. Los controles deben ser objetivos. Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimario de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.
6. Los controles deben ser flexibles. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera de control del ejecutivo hacen que se tenga que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a estos cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa por CPM, se pretende darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios impuestos por las circunstancias. Los estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre señalen en forma realista las metas alcanzables.
7. Los controles deben reflejar el modelo de organización. En toda buena organización las responsabilidades de los diferentes niveles ejecutivos y de los diferentes puestos están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control provean a cada ejecutivo de una información congruente con sus responsabilidades. Se infiere la necesidad de establecer reportes de costos adecuados a cada nivel administrativo. Así por ejemplo, el reporte que reciba el responsable de una fase de la obra será más detallado y más específico que el que reciba el superintendente general de la misma, y el que éste reciba, más detallado y menos general que el que se dé al gerente de la empresa constructora.
8. Los controles deben ser económicos. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Dar mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecua-

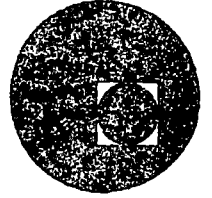
do entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesarlos y distribuirlos para convertirlos en información utilizable. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

9. Los controles deben ser comprensibles. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba todavía procesar y analizar para que adquieran significado.
10. Los controles deben indicar una acción correctiva. Ya se expresó anteriormente que si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben presentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas de las desviaciones, los responsables de las mismas y las medidas que puedan adoptarse para corregirlas.





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TEMA XIII BIS. ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.

ING. LEON ROBERTO LEON RENDON.

Palacio de Minería

Calle de Tacuba 5,

primer piso.

México 1, D. F.

JULIO, 1978.



TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

1. INTRODUCCION

Ing. José Castro Orvañanos  
Jefe del Area de Construcción - U.A.M. Azcapotzalco.

El motivo por el cual se decidió presentar este trabajo fue la observación de que las técnicas de análisis de tiempos - movimientos han sido empleadas con bastante éxito en la industria manufacturera y, en cambio, su aplicación en la industria de la construcción ha sido casi ignorada por completo.

Estas técnicas consisten en analizar la forma de realizar - las operaciones rutinarias para llevar a cabo una determinada tarea, con el objeto de encontrar una manera más fácil, económica y segura de llevarlas a cabo. Tratan de optimizar la efectividad de cada esfuerzo que se lleva a cabo. Toman como premisas de su aplicación:

1. "Cada peso ahorrado incrementa la ganancia o disminuye la pérdida".
2. "Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, una - óptima solución que no estamos aplicando".

Ventajas resultantes de su aplicación:

1. No se pasan por alto puntos importantes.
2. Al analizar cada actividad, aislándola de los problemas cotidianos, es posible descubrir una mejor forma de realizarla.

El análisis de tiempos y movimientos se ha usado poco en la construcción, a pesar la gran importancia de esta actividad, por los siguientes argumentos:

- a) Cada obra es diferente
- b) El personal no es de planta
- c) Las actividades no son repetitivas
- d) Las actividades duran poco

Además de lo anterior existe la tendencia en el constructor de responsabilizar al maestro de obra de la ejecución, dirección y selección de procedimientos, atribuyéndole una "genial habilidad" organizadora y planificadora.



Por otro lado, si tenemos presente que un 75% a 85% de todas las actividades de una obra consisten en el manejo y movimiento de materiales, y que observadores de la implantación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios se estiman conservadoramente en 8 a 10 veces el costo de su aplicación, puede concluirse que es indispensable aplicar estas técnicas en la industria de la construcción.

## II. EL ELEMENTO HUMANO

El éxito de la aplicación de las técnicas de análisis de -- tiempos y movimientos en la industria de la construcción, -- depende en gran parte de la colaboración que preste el personal, por lo que es aconsejable involucrarlo en su aplicación, motivarlo lo más posible y hacerlo partícipe en la toma de decisiones, incrementando con esto su interés en aumentar la productividad.

Por lo anterior se comprende que es de sumo interés no desanimarlo, ni que pierda su iniciativa e imaginación.

Se recomienda para lograr involucrar al personal en la aplicación de estas técnicas, las reuniones informales en grupo, dirigidas por el encargado de estos estudios, acompañadas de exhibiciones de material fotográfico, procurando la participación espontánea y sincera de los asistentes y tratando de explotar la máxima: "Hágalo usted mismo". Los principales beneficios derivados de reuniones de este tipo son:

1. La creatividad e inventiva, generadas a través de la emulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.
2. La "psicología de la participación": la gente se considera como autora del nuevo método desarrollado, lo que conduce a una mayor cooperación y entusiasmo de los que intervendrán en la aplicación del nuevo plan de trabajo.

El principal obstáculo que se interpone en la realización de algún cambio es el problema humano ya que, en general, la gente es renuente al cambio. La principal causa de esto es el temor a la pérdida del prestigio, al fracaso, etc. -- La mejor forma de superarlo es el buen conocimiento y entendimiento de las cosas.

Es común el uso ineficiente de la mano de obra. Esto se debe a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros: las órdenes no son claras y específicas, ni tampoco -- se les indica la mejor manera de hacer las cosas.

Para tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas se necesita además de tener una mente abierta al cam-

bio, en espíritu de creatividad y una posición contraria al conformismo, al tradicionalismo, a la timidez y a la suficiencia. Es necesario tener presente que no se deben cambiar las formas de realización de las cosas sólo por cambiarlas, sino por mejorarlas.

Es aconsejable que este tipo de estudios sean realizados directamente por ingenieros jóvenes, porque:

1. Aunque generalmente tienen poca experiencia, tienen la mente abierta al cambio y deseos de considerar y valorar las ideas y sugerencias nuevas.
2. Como los estudios son siempre supervisados por superintendente de obra y el departamento de costos, es una excelente oportunidad para el ingeniero joven el tener a la mano un acervo de experiencia de problemas de obra, de costos de procedimientos de construcción, etc.

### III. PASOS PARA PODER DESARROLLAR ESTAS TECNICAS

1. Registro de cómo se lleva a cabo el ciclo que se está estudiando, enmarcado dentro de las condiciones generales de la obra. Este registro se puede realizar mediante:
  - a) Observación visual
  - b) Estudios con cronómetro
  - c) Película con fotografías tomadas a intervalos iguales (time-lapse-photograph)
  - d) Tomas con televisión (video-tape)
2. Analizar cada detalle del ciclo estudiado usando:
  - a) Deliberación analítica
  - b) Diagrama de flujo de proceso
  - c) Estudios de balance de cuadrillas
  - d) Cartillas de procesamiento
3. "Descubrimiento" de nuevos métodos de ejecución, con ayuda de las siguientes herramientas:
  - a) Hacer las seis preguntas básicas para cada detalle:  
  
QUE se propone (objetivo)  
POR QUE se hace de esa manera  
CUANDO es el mejor momento de realizarla  
DONDE es el mejor lugar para hacerla  
COMO es la mejor manera de realizarla  
QUIEN es el más calificado para llevarla a cabo
  - b) Evaluar el lugar donde se lleva a cabo la obra, los recursos usados, herramienta, equipo y materiales, el flujo de los materiales y las condiciones de seguridad.

c) Discusiones en mesas redondas con gente que participe directamente en la ejecución de la obra

d) Solicitar ideas de gerentes, superintendentes, maestros de obra, etc.

#### 4. Desarrollo del mejor método:

a) Con un claro entendimiento del objetivo deseado, eliminar detalles no necesarios; reasignar recursos, simplificar procedimientos, etc., para hacer las cosas más fáciles, rápidas y económicas.

b) Escribir una versión detallada del nuevo método propuesto

c) Vender el nuevo método al patrón, superintendente, maestro, trabajadores, etc.

#### 5. Implantación del nuevo método:

a) Una vez aceptado, ponerlo, en práctica de inmediato.

b) No dejar de poner atención en la ejecución del nuevo método para comprobar que se han aprendido hasta los pequeños detalles.

c) Dar crédito y reconocimiento a quien se lo merezca.

### IV. REGISTRO DE ACTIVIDADES

Las conclusiones de los estudios deben hacerse basadas en los hechos observados y no en los "deducidos".

#### 1. Estudios con cronómetro

Ventajas Los más baratos y más rápidos de realizar en el campo. Útiles cuando es uno o muy pocos los elementos observados.

#### Limitaciones.

a) Siempre existe un error acumulativo, cada vez que el cronómetro se para, se lee y se vuelve a echa a andar (el error es más importante mientras más cortas sean las duraciones de las actividades observadas)

b) El observador decide al momento de tomar lecturas, cuando empieza y cuando termina una cierta actividad, o en qué instante separar dos actividades o ciclos. Esto puede ser grave cuando el estudio lo realiza más de un observador, cosa que es necesario en obras grandes.

c) Es bastante largo, lo que puede originar un cambio de las condiciones de la obra y con ello, una falsedad en la información recabada. Por ejemplo, para registrar una actividad que involucra 10 elementos (hombres, máquinas, etc.), se requerirá de la observación de: 10 elementos X 5 observaciones/elemento = 50 ciclos.

Es probable que las condiciones hayan variado considerablemente entre la 1a. observación y la 50a.

d) El estudio se limita a lo estrictamente observado, por lo que resulta incompleto, especialmente en lo relacionado con la interdependencia de las actividades

e) Debido al volumen de información que el observador debe ir anotando un muy poco tiempo, es usual que descuide su objetivo y la precisión en los datos tomados. Para contrarrestar esto es recomendable dedicar un tiempo del observador exclusivamente a ver los trabajos, sin tomar ninguna nota, para que norme el criterio de sus observaciones en función de las condiciones en las que realmente se está llevando a cabo el trabajo.

f) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición distinta a la normal. Esto es debido a que los trabajadores se sienten considerados -- como simples máquinas, a quienes se trata de explotar al -- máximo, consideran que los estudios se hacen con el objeto de bajar el monto de los destajos que se les están pagando, etc.

## 2. Estudios con fotografías tomadas a intervalos constantes de tiempo (time-lapse photography).

### Ventajas.

a). Relativamente barato: un rollo de 100 pies dura 3 h 30 m, con fotos cada 3 seg. (40 fotos/pie)

b). Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.

c) Capaz de tomar nota de la interrelación de los componentes.

d) Es una colección de observaciones permanentes y de fácil comprensión.

e) Los supervisores y maestros de obra pueden estudiar y mejorar su trabajo con la sola visualización de la película.

f) Las fotografías pueden servir para fines de enseñanza, descripciones de algún problema o estudios de seguridad

g) Descubre muchos vicios o trabajos innecesarios que se hacen por rutina y pasan desapercibidos normalmente, o a --

los cuales no se les da la importancia que realmente tienen.

h) Los datos observados son irrefutables; la gente en ocasiones no quiere cambiar sus procedimientos tradicionales, alegando que los estudios no tienen validez por estar basados en observaciones equivocadas. Con este procedimiento aceptan los cambios al ver el estudio fotográfico y en ocasiones sugieren ellos mismos mejoras importantes y con ello se vuelven colaboradores del sistema

i) Archivo de experiencias obtenidas en distintas obras.

#### Equipo

A) Cámara de cine con solenoide, dispositivo para fijar la frecuencia de las fotografías (timer), fuente de energía y trípode.

b) proyector con contador de fotografías y velocidad de proyección regulable, para adelante y en reversa.

### 3. Estudios con video-tape

Esta en desarrollo el equipo para su aplicación a la construcción.

Es recomendable que no se re-use la cinta magnética, porque se pierden experiencias pasadas.

Tiene la ventaja sobre la fotografía de que la información tomada en el campo puede analizarse de inmediato, sin tener que esperar al revelado del material filmado. En resumen, podría asignársele a esta forma de recolección de datos, las mismas ventajas que las correspondientes a los estudios con time-lapse.

## V. METODOS DE ANALISIS

Los sistemas de análisis gráficos constituyen un método de registro y de comunicación.

Los más útiles y usados en construcción son los diagramas de:

1) Balance de cuadrillas (Crow blancé chart)

Es un conjunto de barras verticales que parten de un mismo eje horizontal, construídas a escala y expresadas en tiempo del ciclo. En cada barra se expresan las actividades que desarrolla un solo elemento del grupo estudiado (máquina u hombre), incluyendo en ellas el tiempo improductivo u ocioso, por lo que la inter-relación de cada uno de los recursos usados puede apreciarse al comparar las diversas barras a lo largo de una línea horizontal. De su observación se advierte, en muchos casos, algún cambio en la manera de realizar las cosas o de integrar más eficientemente una cuadrilla (Es importante hacer notar que con este estudio no se puede

analizar la eficiencia o rendimiento de los recursos usados)

Es importante tratar de tener siempre las cuadrillas balanceadas, porque al cambiar ciertas condiciones (entregas de material, nuevos o más elementos disponibles, más eficiencia individual) de algunos trabajadores, etc.) éstas se pueden desbalancear

Es necesario, al construir las barras, indentificar el % de cada tipo de actividad o tiempo ocioso con un determinado calor o asciurado. Figuras 1 y 2

## 2) Diagrama de flujo

Para su elaboración se usa la simbología convenida por la --- ASME (American Society of Mechanical Engineers) que aparece a continuación:

| <u>Símbolos Usados</u> | <u>Nombre</u>  | <u>Resultados</u>                         |
|------------------------|----------------|---|
| ○                      | Operación      | Producción                                |
| ⇒                      | Transporte     | Movimientos                               |
| □                      | Inspección     | Verificación                              |
| D                      | Retardos       | Interferencia, almacenamiento provisional |
| △                      | Almacenamiento |   |

Los métodos mencionados son más útiles cuando se aplican simultáneamente y sin olvidar las 6 preguntas a las que antes hicimos alusión:

¿Qué, por qué, cuándo, cómo, dónde y quién?

Para ilustrar los métodos de análisis descritos se muestra un ejemplo que consiste en el habilitado de madera para su uso en un tunel, propuesto por el Prof. Henry W. Parker (2)  
Fig. 1 y 2

## VI. MODELOS DINAMICOS

Es posible también analizar actividades cíclicas de construcción, utilizando las herramientas que nos proporciona la --- Ingeniería de Sistemas, como puede ser la simulación de modelos dinámicos en los que se utilizan los principios de la -- Teoría de Colas.

Como ejemplo interesante del empleo de estas técnicas vale la pena mencionar el estudio que se realizó para la construcción del "Peachtree Center Plaza Hotel" cuya estructura de -- concreto, la más alta del mundo destinada a hotel, se levanta en Atlanta, Georgia.

## VII. CONCLUSIONES

Se piensa que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos tienen un gran valor en el medio de la construcción, no sólo por su carácter formativo, sino también por los resultados que pueden obtenerse a través de su aplicación.

### BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Parker W. Henry, Oglesby H. Clarkson, Methods Improvement for Construction Managers Mc Graw-Hill B.C. 1972.
- 2.- Parker W. Henry, "Methods Improvement Techniques for - Construction and Public Works Managers", Stanford University Department of Civil Engineering, Technical Report N. 51 1965
- 3.- Nave J. Henry. "Construction Personnel Management", - Journal of the Construction Division ASCE. Enero 1968
- 4.- Mc. Nally E. Harold "Labor Productivity in the Construction Industry", Journal of the Construction Division ASCE. Sept. 67
- 5.- Schader R. Charles. "Motivation of Construction Craftsmen", Journal of the Construction Division ASCE. September 1972.
- 6.- Reynaud B.C. "The Site as the Workshop of the Industry" Building Technology and Management. Diciembre 1971
- 7.- Gillham M. John. "A Contractor's view of factors affecting Site productivity". Building Technology and Management, Abril-1972
- 8.- Sprinkle B. Howard. "Analysis of Time-Lapse Construction Films", Journal of Construction Division ASCE. Septiembre-1972.
- 9.- Fonjahl W. John. "Photographic Analysis for Construction Operations". Journal of the Construction Division ASCE Mayo-1960
10. Shahuma Akiyuki. "Video Time Study", Industrial Engineering, Febrero-1975
11. Halpin W. Daniel, R. W. Woodhead, Design of Construction and Precast Operation. J. Wiley and Sons, - 1976

Figura 1 METODO ORIGINAL

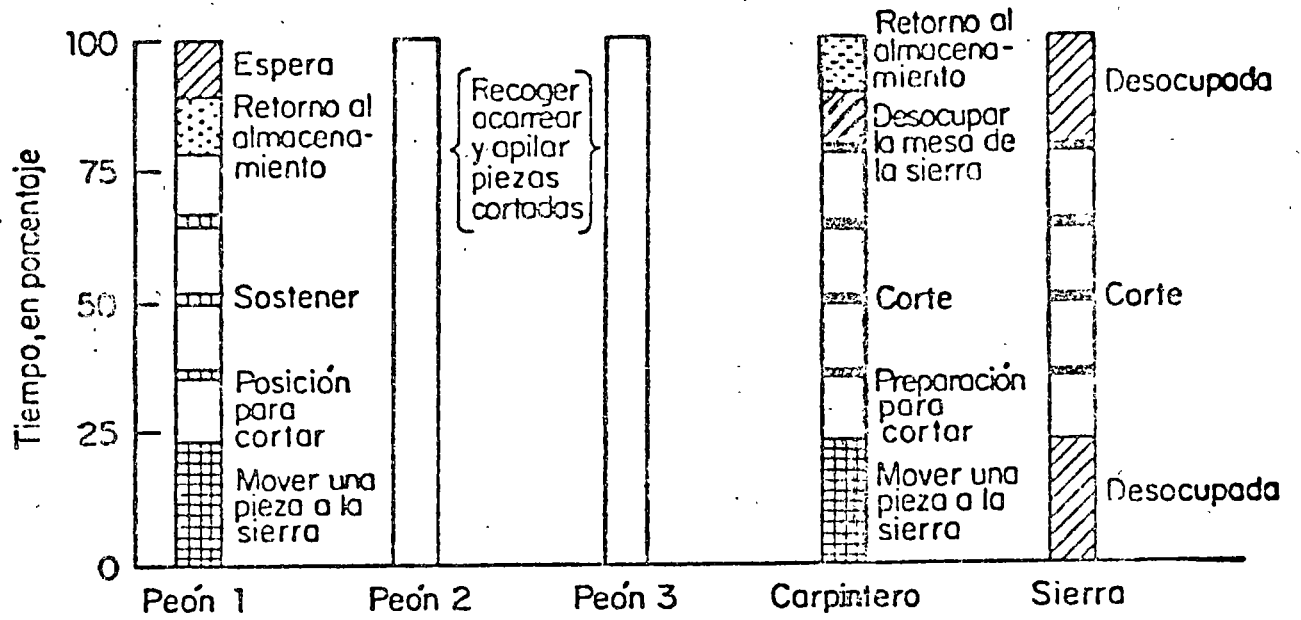


Diagrama de balance de recursos

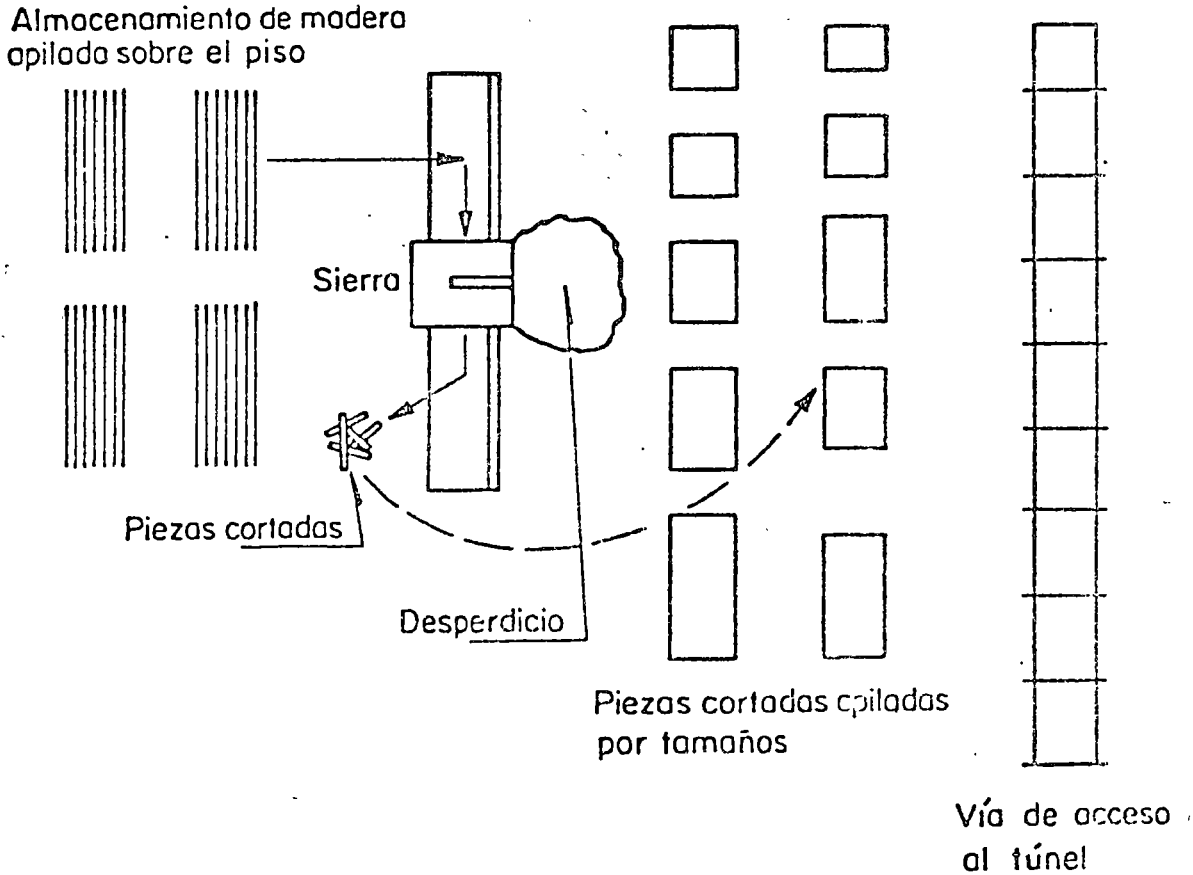


Diagrama de flujo



Figura 2 METODO PROPUESTO (alternativa A)

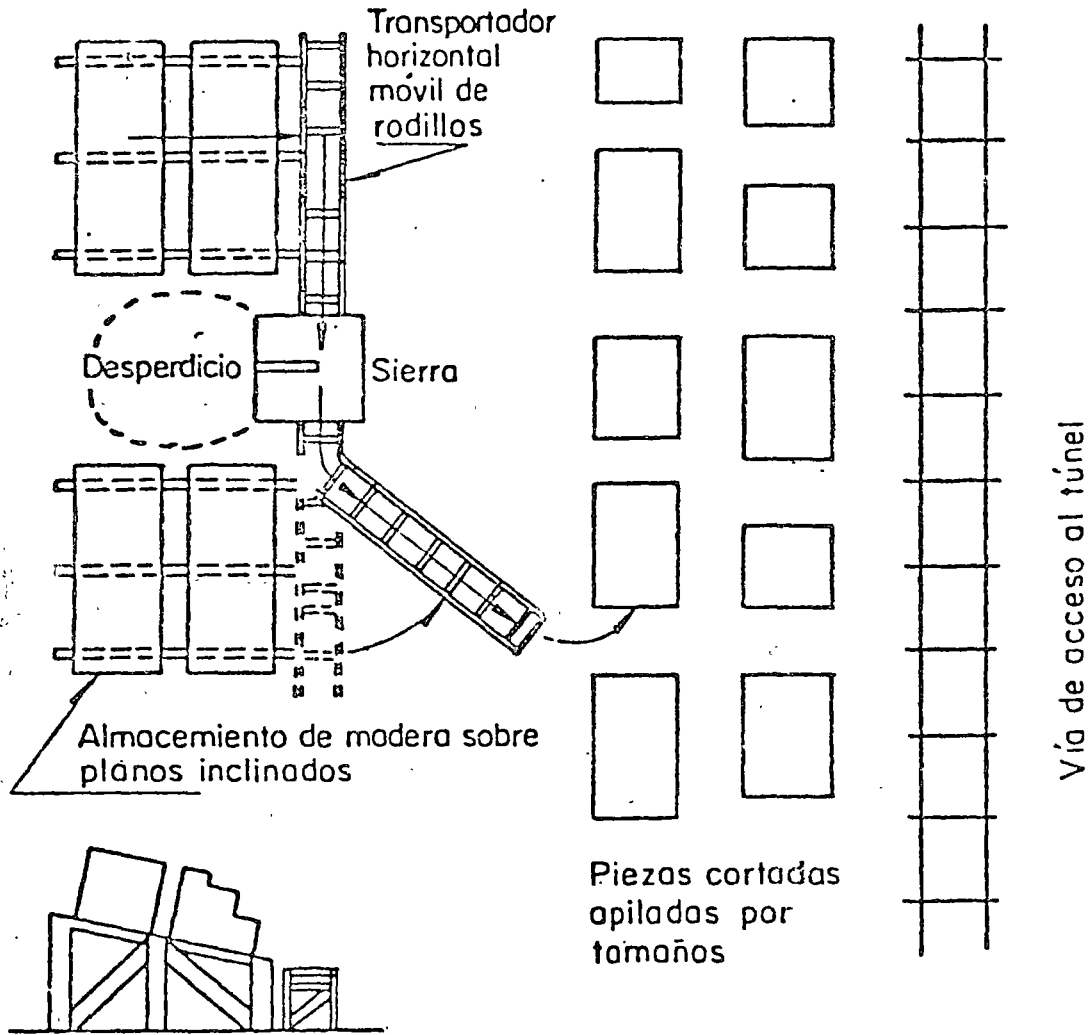


Diagrama de flujo

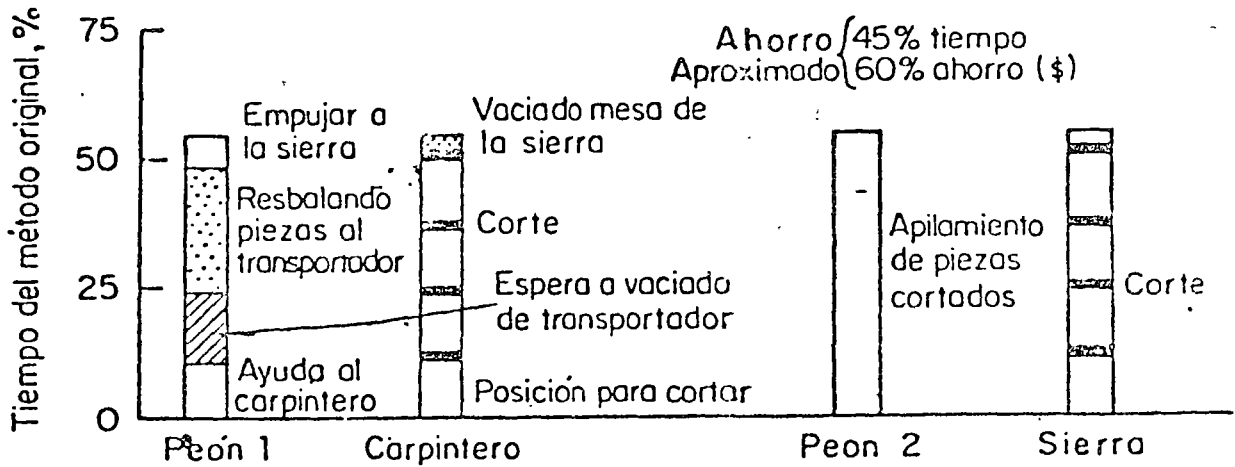
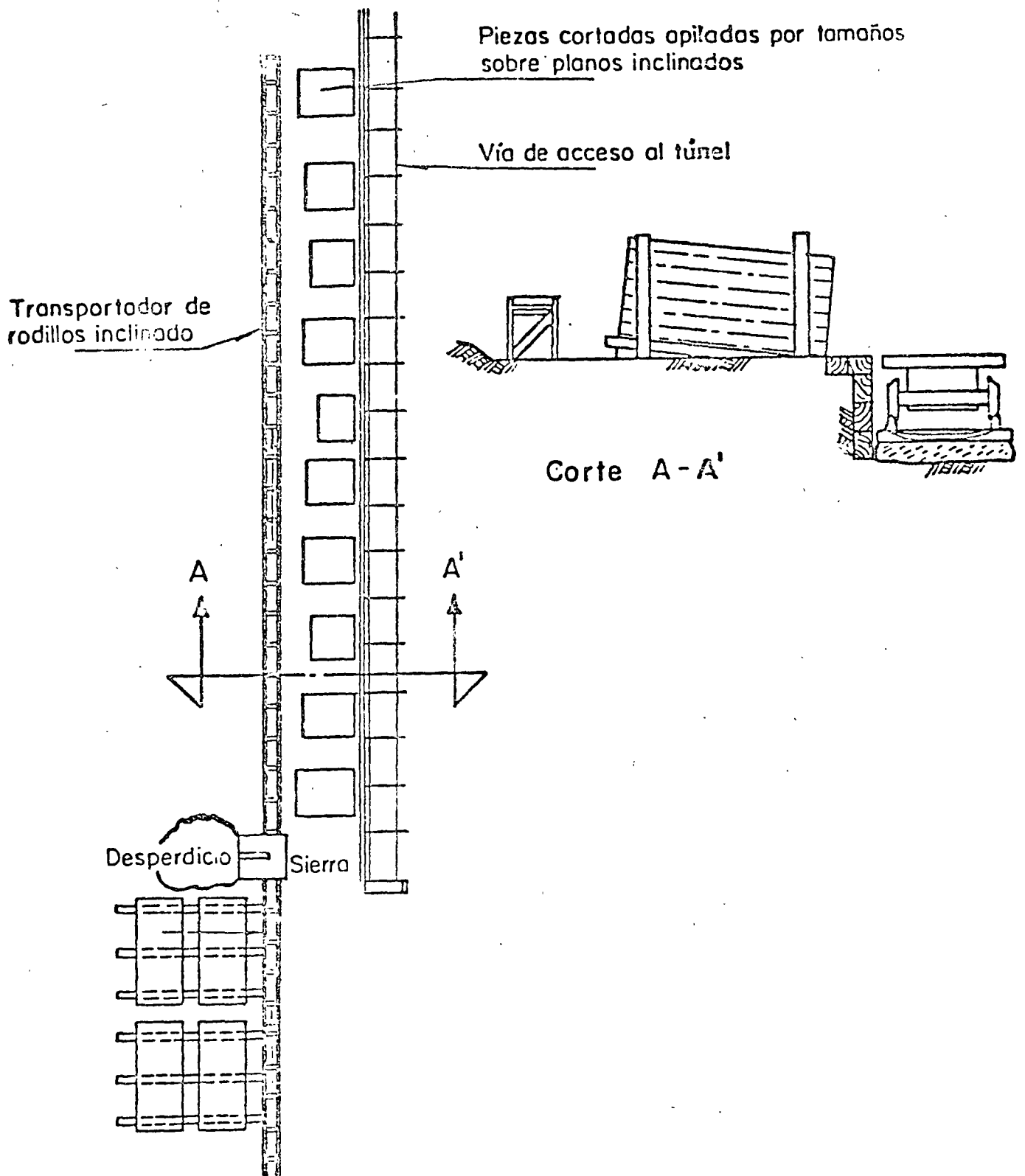


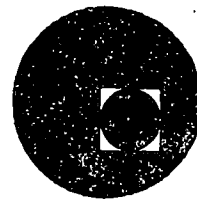
Diagrama de balance de recursos

Figura 3 METODO PROPUESTO (alternativa B)





centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



## MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PROBLEMA

ING. FELIPE LOO GOMEZ

JULIO, 1978.

\*\*\*\*\*  
 CONCURSO:  
 \*\*\*\*\*

TRACTOR SOBRE ORUGAS MARCA CATERPI-  
 LLAR MODELO D-8 CON CUCHILLA  
 \*\*\*\*\*

DATOS GENERALES  
 \*\*\*\*\*

|                                 |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| TRACTOR S/ORUGAS D-8 C/CUCHILLA | \$ 3,934,390.30        |
| EQUIPO AUXILIAR                 | \$ <u>485,097.60</u>   |
| CUCHILLA PARA D-8               | \$ <u>4,419,487.90</u> |
| VALOR ADQUISICION               | \$ 4,419,487.90        |

|                  |             |               |                   |
|------------------|-------------|---------------|-------------------|
| VIDA ECONOMICA   | 12,000 hrs. | 2,000 hrs/año |                   |
| VALOR DE RESCATE |             |               | 20%               |
|                  |             |               | <u>883,897.58</u> |
|                  |             | VALOR NETO    | \$ 3,535,590.32   |

CARGOS FIJOS  
 \*\*\*\*\*

|              |                 |                      |            |
|--------------|-----------------|----------------------|------------|
| DEPRECIACION | \$ 3,535,590.32 | 12,000 HRS.TOTALES = | 294.63/HR. |
|--------------|-----------------|----------------------|------------|

|           |   |              |            |
|-----------|---|--------------|------------|
| INTERESES | \$ <u>4,419,487.90</u> + \$ <u>883,897.58</u> | X 0.140 = \$ | 185.62/HR. |
|           | 2.00 X 2,000 HRS/AÑO                          |              |            |

|        |   |             |           |
|--------|---|-------------|-----------|
| SEGURO | \$ <u>4,419,487.90</u> + \$ <u>883,897.58</u> | X .020 = \$ | 25.52/HR. |
|        | 2.00 X 2,000 HRS/AÑO                          |             |           |

|            |              |       |          |
|------------|--------------|-------|----------|
| ALMACENAJE | \$ 294.63/HR | X .01 | 2.95/HR. |
|------------|--------------|-------|----------|

|               |              |                   |                   |
|---------------|--------------|-------------------|-------------------|
| MANTENIMIENTO | \$ 294.63/HR | X 1.00            | <u>294.63/HR.</u> |
|               |              | SUMA CARGOS FIJOS | \$ 804.35/HR.     |

\*\*\*\*\*

CONSUMOS

\*\*\*\*\*

DIESEL

\$ 0.65/LITRO X 45 29.25/HR.

MOTOR DIESEL DE 300 HP  
300 HP X 0.20 X 0.75 = 45 LT/HR

ACEITE MOTOR DIESEL

\$ 10.50/LITRO X \$ 1.13 LITRO/HR. 11.94/HR.

CAPACIDAD DEL CARTER=33.12 LT.  
33.1/100+0.00358X300HPX0.75=1.137LT/HR.

GRASAS

\$ 12.00/KG X \$ 0.15 KG /HR. 1.80/HR.

SUMA DE CONSUMOS \$ 42.99/HR.

OPERACION

\*\*\*\*\*

OPERADOR TRACTOR DE ORUGAS

\$ 276.00/ 5.00 HRS/TURNO = 55.20/HR.

\$172.65X1.5986=\$276.00/TURNO

SUMA OPERACION 55.20/HR.

RESUMEN

\*\*\*\*\*

CARGOS FIJOS

\$ 804.35

CONSUMOS

\$ 42.99

OPERACION

\$ 55.20

COSTO HORARIO \$++++902.54/HR.

\*\*\*\*\*

CONCURSO:

\*\*\*\*\*

MOTOESCUEPA MARCA TEREX MODELO TS-14 B DE 14 Y D3  
DE CAPACIDAD

\*\*\*\*\*

DATOS GENERALES  
\*\*\*\*\*

|                              |              |    |                     |
|------------------------------|--------------|----|---------------------|
| MOTOESCUEPA TEREX MOD TS-14B |              | \$ | <u>5,519,241.00</u> |
| TOTAL MAQUINA Y EQUIPO       |              | \$ | 5,519,241.00        |
| VALOR DE LLANTAS             |              |    |                     |
| 4 LLANTA 29.5X25-28          | \$ 77,175.49 | \$ | <u>308,701.96</u>   |
| VALOR ADQUISICION            |              | \$ | 5,210,539.04        |

|                               |               |    |                   |
|-------------------------------|---------------|----|-------------------|
| VIDA ECONOMICA                |               |    |                   |
| 12,000 HRS.                   | 2,000 HRS/AÑO |    |                   |
| VIDA ECONOMICA DE LAS LLANTAS | 2,800 HRS.    |    |                   |
| VALOR RESCATE                 | 15%           | \$ | <u>781,580.86</u> |
| VALOR NETO                    |               | \$ | 4,428,958.18      |

CARGOS FIJOS  
\*\*\*\*\*

|                  |                       |  |            |
|------------------|-----------------------|--|------------|
| DEPRECIACION     |                       |  |            |
| \$ 4,428,958.18/ | 12,000.00 HRS.TOTALES |  | 369.08/HR. |

|  |           |    |           |
|--|-----------|----|-----------|
| INTERESES                              |           |    |           |
| <u>\$ 5,210,539.04 + \$ 781,580.86</u> |           |    |           |
| 2.00 X 2,000 HRS/AÑO                   | X 0.140 = | \$ | 209.72/HR |

|  |           |    |           |
|--|-----------|----|-----------|
| SEGURO                                 |           |    |           |
| <u>\$ 5,210,539.04 + \$ 781,580.86</u> |           |    |           |
| 2.00 X 2,000 HRS/AÑO                   | X 0.020 = | \$ | 29.96/HR. |

|              |        |  |          |
|--------------|--------|--|----------|
| ALMACENAJE   |        |  |          |
| \$ 369.08/HR | X 0.01 |  | 3.69/HR. |

|                   |        |    |                  |
|-------------------|--------|----|------------------|
| MANTENIMIENTO     |        |    |                  |
| \$ 369.08/HR      | X 0.80 |    | <u>295.26/HR</u> |
| SUMA CARGOS FIJOS |        | \$ | 907.71/HR.       |

\*\*\*\*\*

CONSUMOS

\*\*\*\*\*

|  |                               |                       |    |                 |
|--|-------------------------------|-----------------------|----|-----------------|
| LLANTAS                                |                               |                       |    |                 |
| \$                                     | 308,701.96/                   | 2,800.00 HRS. TOTALES | =  | 110.25/HR.      |
| DIESEL                                 | 2X144X0.75X0.2=43.2 LITRO/HR. |                       |    |                 |
| \$                                     | 0.65/LITRO                    | X 43.2 LITRO-HR.      | \$ | 28.08/HR.       |
| 2 MOTORES DIESEL DE 144 HP C/UNO       |                               |                       |    |                 |
| ACEITE MOTOR DIESEL                    |                               |                       |    |                 |
| \$                                     | 10.50/LITRO                   | X \$ 1.06 LTO/HR.     | \$ | 11.14/HR.       |
| CAPACIDAD DEL CARTER=14.4 L/MOTOR      |                               |                       |    |                 |
| 28.8/100+0.00358X288HPX0.75=1.061LT-HR |                               |                       |    |                 |
| ACEITE MECANISMOS HIDRAULICOS          |                               |                       |    |                 |
| \$                                     | 12.00/LITRO                   | X \$ 0.30 LTO/HR.     | \$ | 3.60/HR.        |
| GRASAS                                 |                               |                       |    |                 |
| \$                                     | 12.00/KG                      | X \$ 0.15 KG /HR      | \$ | <u>1.80/HR.</u> |
|  |                               | SUMA DE CONSUMOS      | \$ | 154.87/HR       |

OPERACION

\*\*\*\*\*

|                                |         |                |    |                  |
|--------------------------------|---------|----------------|----|------------------|
| OPERADOR MOTOSCREPA            |         |                |    |                  |
| \$                             | 266.80/ | 5.00 HRS/TURNO | =  | 53.36/HR.        |
| \$166.90X1.5986=\$266.80/TURNO |         |                |    |                  |
|                                |         | SUMA OPERACION | \$ | <u>53.36/HR.</u> |

RESUMEN

\*\*\*\*\*

|               |       |              |  |
|---------------|-------|--------------|--|
| CARGOS FIJOS  | \$    | 907.71       |  |
| CONSUMOS      | \$    | 154.87       |  |
| OPERACION     | \$    | <u>53.36</u> |  |
| COSTO HORARIO | \$+++ | 1,115.94/HR  |  |

RESUMEN DE DATOS

| TERRAPLEN | VOLUMEN SUELTO                          | DISTANCIA | PENDIENTE |
|-----------|---|-----------|-----------|
| (0)       | $\frac{51,200 - 50,000}{0.77} = 1558$   | 140 m.    | + 2%      |
| (1)       | $\frac{40,300 - 35,300}{0.77} = 6494$   | 140 m.    | - 3%      |
| (2)       | $\frac{49,500 - 40,300}{0.77} = 11,948$ | 290 m.    | - 3%      |
| (3)       | $\frac{40,400 - 37,100}{0.77} = 4156$   | 220 m.    | + 2%      |
| (4)       | $\frac{44,100 - 40,300}{0.77} = 4935$   | 180 m.    | - 5%      |
| (5)       | $\frac{9,000 - 3,000}{0.77} = 7792$     | 210 m.    | - 6%      |
| (A)       | $\frac{50,000 - 40,300}{0.77} = 12597$  | 50 m.     | - 2%      |
| (B)       | $\frac{40,300 - 9,000}{0.77} = 40,649$  | 520 m.    | - 5%      |

VOLUMEN

TOTAL = 90,129 M3 SUELTOS.



I.- Peso de la máquina vacía = 24 toneladas

Peso de la máquina cargada = 24 + 15 m<sup>3</sup> X 1.26 Ton/m<sup>3</sup>.

P. Maq. cargada = 42.9 Ton.

II.- Resistencia al rodamiento:

Camino sin revestir - 7.5cm de penetración

$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45$  Kg por tonelada.

Fricciones internas = 20 Kg por tonelada

Resistencia al Rodamiento = 45 + 20

RR = 65 Kg X Ton.

III.- Resistencia por pendiente

10 Kg por tonelada por 1%

| <u>TRAMO</u> | <u>IDA</u>    | <u>REGRESO</u>  |
|--------------|---------------|-----------------|
| (0)          | + 2 x 10 = 20 | - 2 x 10 = - 20 |
| (1)          | - 3 x 10 = 30 | + 3 x 10 = 30   |
| (2)          | - 3 x 10 = 30 | + 3 x 10 = 30   |
| (3)          | + 2 x 10 = 20 | - 2 x 10 = 20   |
| (4)          | - 5 x 10 = 50 | 5 x 10 = 50     |
| (5)          | - 6 x 10 = 60 | + 6 x 10 = 60   |
| (A)          | - 2 x 10 = 20 | + 2 x 10 = 20   |
| (B)          | - 5 x 10 = 50 | + 5 x 10 = 50   |

IV.- RESISTENCIA TOTAL ( R.R ± R.P) P.T.

| TRAMO | IDA CARGADA               | REGRESO VACIA          |
|-------|---------------------------|------------------------|
| (0)   | $(65 + 20) 42.9 = 3646.5$ | $(65 - 20) 24 = 1080$  |
| 1     | $(65 - 30) 42.9 = 1501.5$ | $(65 + 30 ) 24 = 2280$ |
| 2     | $(65 - 30) 42.9 = 1501.5$ | $(65 + 30) 24 = 2280$  |
| 3     | $(65 + 20) 42.9 = 3646.5$ | $(65 - 20) 24 = 1080$  |
| 4     | $(65 - 50) 42.9 = 643.5$  | $(65 + 50) 24 = 2760$  |
| 5     | $(65 - 60) 42.9 = 212.5$  | $(65 + 60) 24 = 3000$  |
| (A)   | $(65 - 20) 42.9 = 1930.5$ | $(65 + 20) 24 = 2040$  |
| (B)   | $(65 - 50) 42.9 = 643.5$  | $(65 + 50 ) 24 = 2760$ |

V.- CORRECCION POR ALTITUD

NO HAY POR SER MENOR DE 1,5000

VI.- VELOCIDAD NOMINAL X FACTOR VEL = VEL MEDIA

| TRAMO | IDA CARGADA             | REGRESO VACIA           |
|-------|-------------------------|-------------------------|
| (0)   | $14 \times 0.65 = 9.1$  | $37 \times 0.65 = 24.0$ |
| (1)   | $37 \times 0.65 = 24.0$ | $26 \times 0.65 = 16.9$ |
| (2)   | $37 \times 0.65 = 24.0$ | $26 \times 0.65 = 16.9$ |
| (3)   | $14 \times 0.65 = 9.1$  | $37 \times 0.65 = 24.0$ |
| (4)   | $37 \times 0.65 = 24.0$ | $20 \times 0.65 = 13.0$ |
| (5)   | $37 \times 0.65 = 24.0$ | $18 \times 0.65 = 11.7$ |
| (A)   | $28 \times 0.65 = 18.2$ | $27 \times 0.65 = 17.6$ |
| (B)   | $37 \times 0.65 = 24.0$ | $20 \times 0.65 = 13.0$ |

## VII.-

TIEMPO DE ACARREO.-

| TRAMO | DISTANCIA | I D A |        | R E G R E S O |        |
|-------|-----------|-------|--------|---------------|--------|
|       |           | VEL.  | TIEMPO | VEL.          | TIEMPO |
| (0)   | 140 m     | 9.1   | 0.92   | 24            | 0.35   |
| (1)   | 140       | 24    | 0.35   | 16.9          | 0.50   |
| (2)   | 290       | 24    | 0.72   | 16.9          | 1.03   |
| (3)   | 220       | 9.1   | 1.45   | 24.0          | 0.55   |
| (4)   | 180       | 24    | 0.45   | 13.0          | 0.83   |
| (5)   | 210       | 24    | 0.52   | 11.7          | 1.07   |
| (A)   | *200      | 18    | 0.67   | 17.6          | 0.68   |
| (B)   | 520       | 24    | 1.30   | 13.0          | 2.40   |

## VIII.-

TIEMPOS DE CICLO.-

| TRAMO | DISTANCIA | T I E M P O S |      |         |           |
|-------|-----------|---------------|------|---------|-----------|
|       |           | FIJO          | IDA  | REGRESO | T O T A L |
| (0)   | 140       | 1.5           | 0.92 | 0.35    | 2.77      |
| (1)   | 140       | 1.5           | 0.35 | 0.50    | 2.35      |
| (2)   | 290       | 1.5           | 0.72 | 1.03    | 3.25      |
| (3)   | 220       | 1.5           | 1.45 | 0.55    | 3.50      |
| (4)   | 180       | 1.5           | 0.45 | 0.83    | 2.78      |
| (5)   | 210       | 1.5           | 0.52 | 1.07    | 3.09      |
| (A)   | 200       | 1.5           | 0.67 | 0.68    | 2.85      |
| (B)   | 520       | 1.5           | 1.30 | 2.80    | 5.20      |

**IX.- ANALISIS DEL CONJUNTO  
TRACTOR MOTOESCREPAS.**

Se utiliza tractor D8 con placa amortiguadora hasta para una velocidad de 8 Km/hr. y prácticamente no tiene pérdida durante el acomodo para empuje.

Las maniobras, impulso y retorno las realiza según datos observados en: 1.6 min. Buena Eficiencia  
2.4 min. Regular Eficiencia

Tomaremos para nuestro ejemplo un ciclo del tractor igual a 2.3 min.

| TRAMO | CICLO MOTOESCREPA | CICLO TRACTOR | DIF. | NUMERO MOTOESCREPAS |
|-------|-------------------|---------------|------|---------------------|
| (0)   | 2.77              | 2.3           | 0.47 | 1.2                 |
| (1)   | 2.35              | 2.3           | 0.05 | <u>1.0</u>          |
| (2)   | 3.25              | 2.3           | 0.95 | 1.4                 |
| (3)   | 3.50              | 2.3           | 1.20 | <u>1.5</u> *        |
| (4)   | 2.78              | 2.3           | 0.48 | 1.2                 |
| (5)   | 3.09              | 2.3           | 0.79 | 1.3                 |
| n(A)  | 2.85              | 2.3           | 0.55 | 1.2                 |
| (B)   | 5.20              | 2.3           | 0.60 | 2.2                 |

X.- ANALISIS DE CICLOS OPTIMO Y MAS DESFAVORABLE.

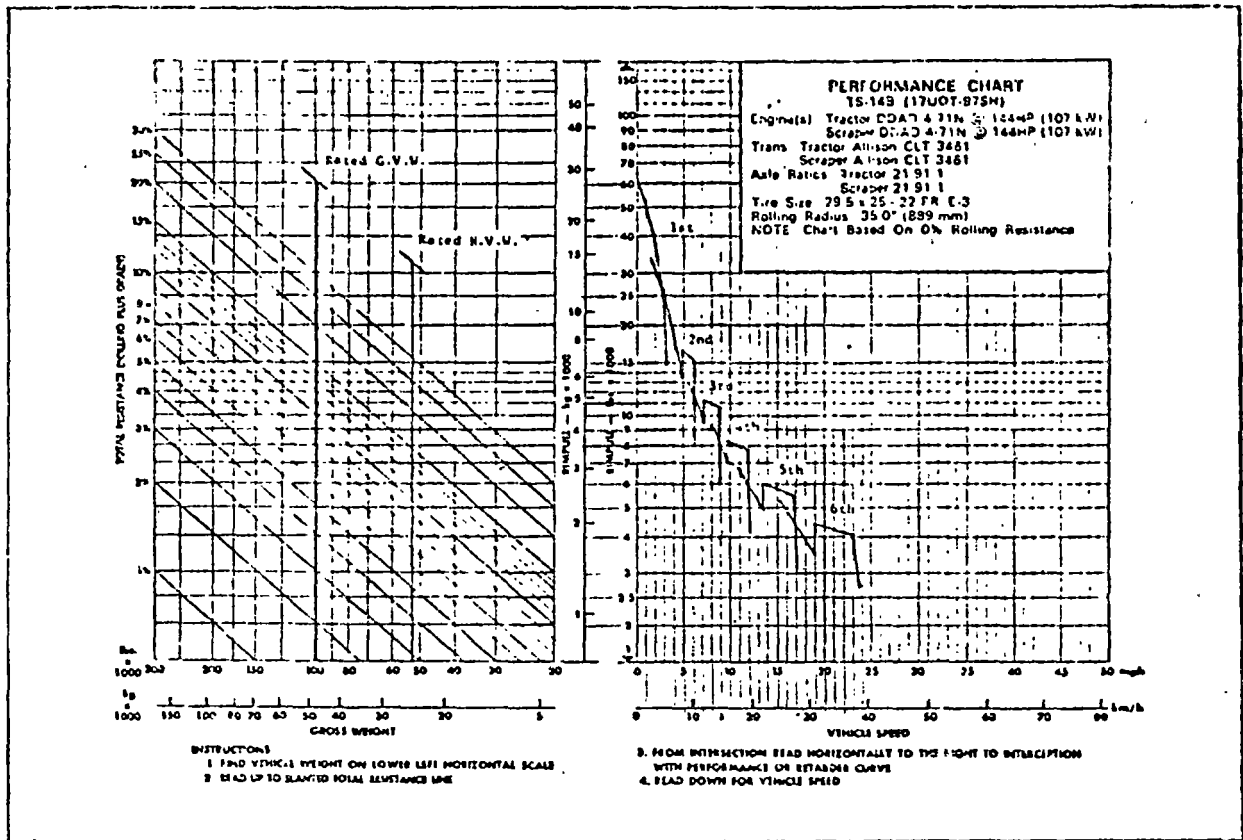
COSTOS HORARIOS

|             |       |               |
|-------------|-------|---------------|
| Tractor     | ----- | \$ 902.54/Hr. |
| Motoescrepa | ----  | \$1115.94/Hr. |

Dados los costos honorarios analizados resulta mas -  
conveniente tener tiempos de espera de tractor que de  
motoescrepa.

En estas condiciones el ciclo correspondiente al tramo  
(3) es el que tendria mayor tiempo de espera de --  
tractor y por lo tanto el más defavorable.

Por lo que respecta al ciclo correspondiente al tramo  
(1), es el que prácticamente no tiene tiempos de espe  
ra o demoras, por lo tanto es el óptimo.

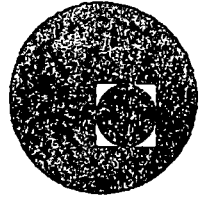


Products of General Motors

Worldwide Sales • Service • Parts  
 Manufactured in Australia • Brazil • Canada  
 • India • Luxembourg • Scotland  
 • South Africa • United States



centro de educación continua  
división de estudios superiores  
facultad de ingeniería, unam



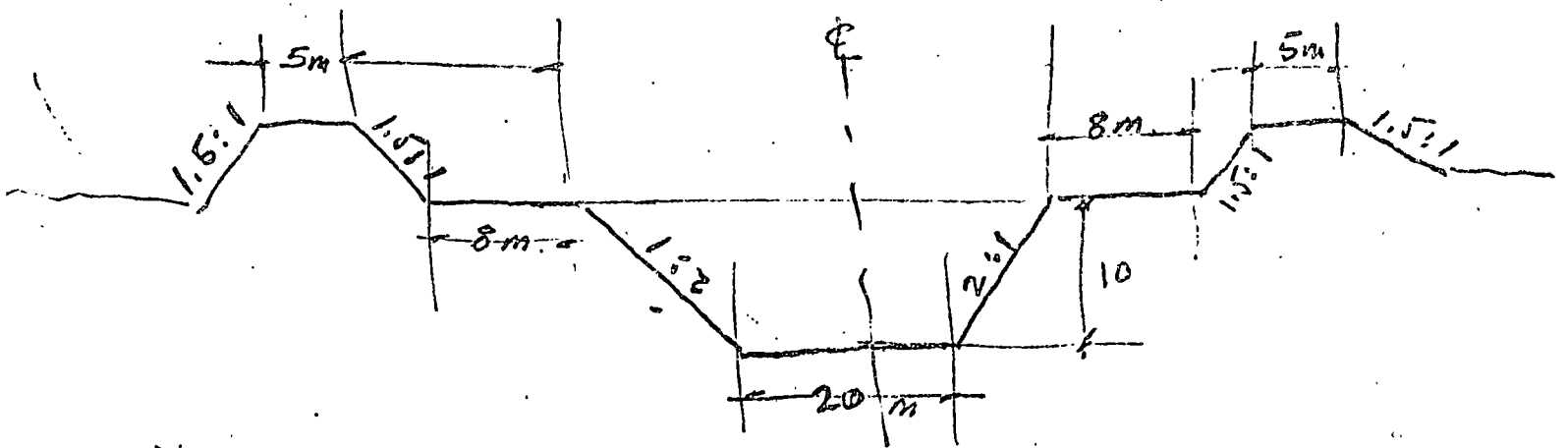
MOVIMIENTO DE TIERRAS

PROBLEMAS Y GRAFICAS

INC. JULIO CESAR ACEVES S.

JULIO 1978.

## Excavación de un Canal: -



Longitud: - 10 kms - pendiente 0.001  
igual a la del terreno

Material:

1<sup>o</sup> 5 kms. - limo - arenoso - P.V. = 1300 kg/m<sup>3</sup>  
coef abund = 1.3

2<sup>o</sup> 5 kms. Tepetate (Ripable). P.V. = 1500 kg/m<sup>3</sup>  
coef abund. = 1.4

Se pregunta:

A). - Alternativa con Dragas. - y cálculo del  
Equipo complementario. - se requiere  
compactar los bordes al 90% de cost.  
dada para los 1<sup>o</sup> 5 kms. d. P.V. = 1600 kg/m<sup>3</sup>  
y para los 2<sup>o</sup> 5 kms P.V. = 1400 kg/m<sup>3</sup>.

B). Alternativa con Motocorreas. y equipo  
complementario.

C). Compuer y Camiones y equipo comple.  
complementario



Costos horarios

Tractor D-8 - \$800<sup>00</sup>/h con ripper. \$900<sup>00</sup>/h

Tractor D-9 - \$900<sup>00</sup>/h con ripper \$1100<sup>00</sup>/h

Motocrespa T-514 - \$900<sup>00</sup>/h - 14 yd<sup>3</sup> ras y 18 yd<sup>3</sup> colina

Motocrespa 657 - \$2200<sup>00</sup>/h - 32 yd<sup>3</sup> ras y 44 yd<sup>3</sup> colina

Motocompactor  
D-1700 - \$600<sup>00</sup>/h

Compactador liso vibrat

autopropulsado C-A25 - \$700<sup>00</sup>/h

Draga de LS-408 de 2 1/2 yd<sup>3</sup> - 1400<sup>00</sup>/h

Camiones de 10 m<sup>3</sup> - \$400<sup>00</sup>/h

Camiones de 6 m<sup>3</sup> - \$250<sup>00</sup>/h

Cargador de 4 1/2 yd<sup>3</sup> - \$600<sup>00</sup>/h

Cargador de 6 yd<sup>3</sup> - \$900<sup>00</sup>/h

Cargador de 2 1/2 yd<sup>3</sup> - \$450<sup>00</sup>/h

TARIFA CAMIONES

DE 6 m<sup>3</sup> ó 10 m<sup>3</sup> - \$6<sup>00</sup> por Km + \$3<sup>00</sup> kms. Subsec

a). Deberán calcular los rendimientos con lo visto en el curso.

b).- Deberán calcular el decrece. de la obra con su máxima extensión

c).- Proponer y justificar la alternativa más económica. -

d).- Tiempo de duración de la obra -  
24 meses. -

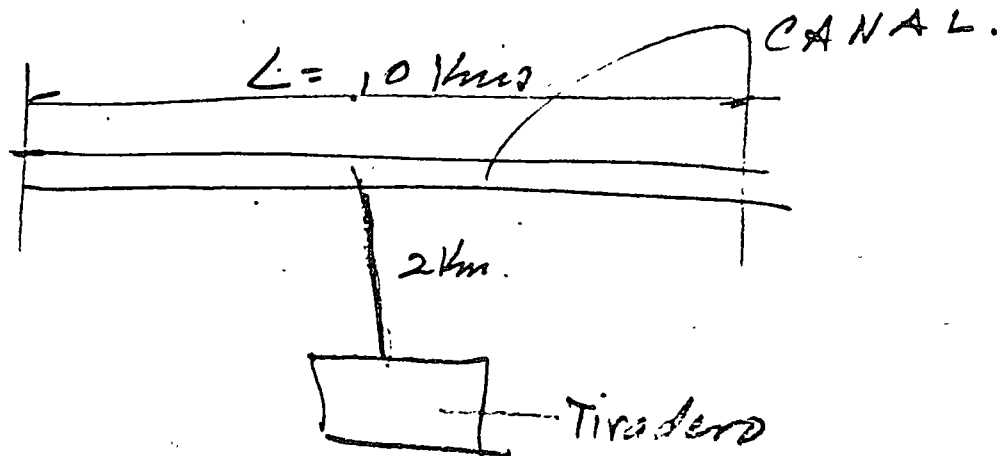
e).- Considerar como meses de Nubias Julio Agosto y Sept - para lo cual el rendimiento se reduce a trabajar de las 8 am. a. 2 p.m. (6 hrs) únicamente. -

f).- Considerar las formas de ataque para que no se inunde el canal durante la época de Nubias. -

g).- Costo del Revestimiento: Un destajado lo coloca en el sitio del trabajo a. razón de  $4/20 \text{ m}^2$  viaje de ida y vuelta de 6 m<sup>3</sup>.

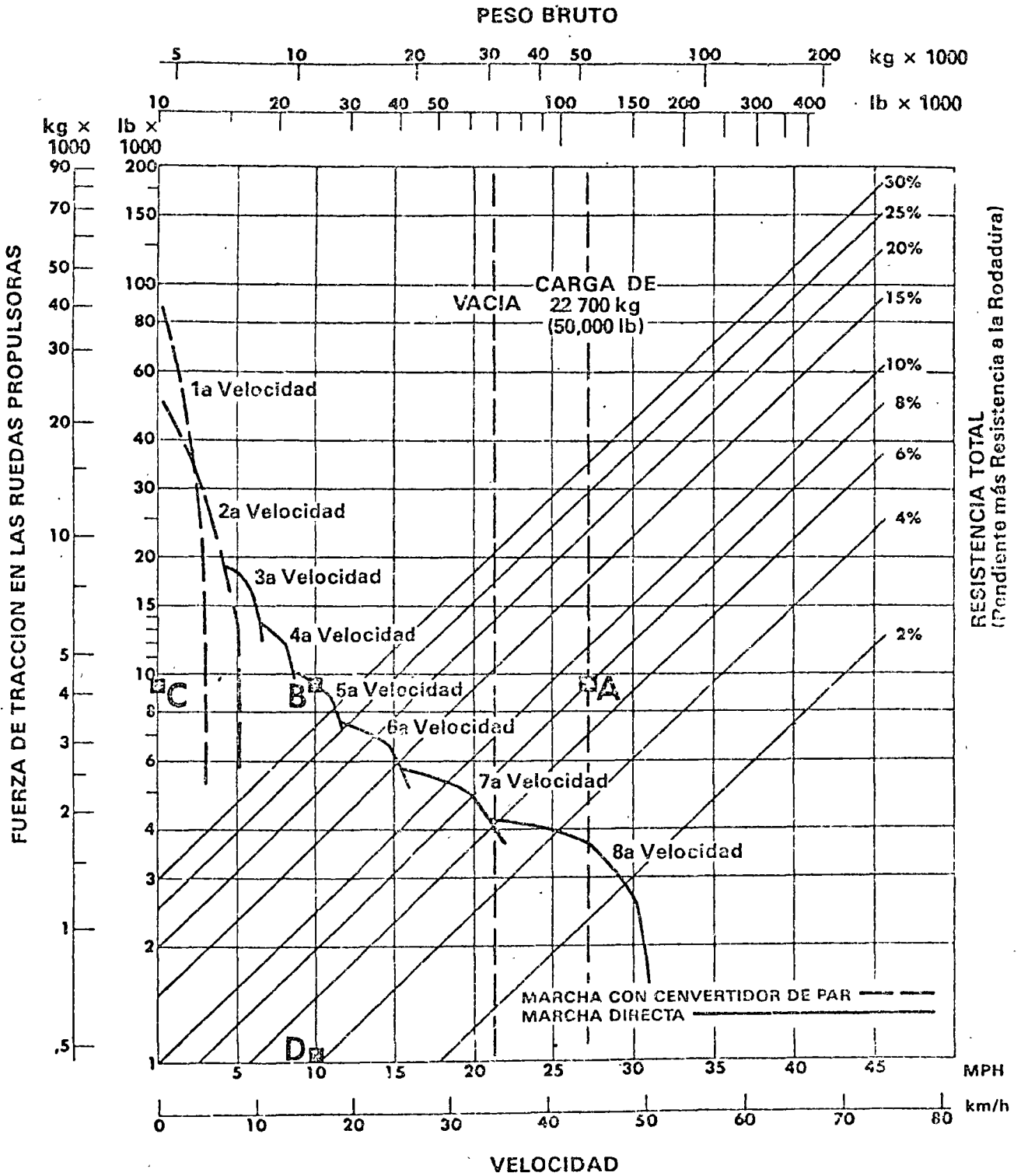
b) - Del material producido de la erosión del canal puede sobrar o faltar material para la formación de los bordes en cada vertiente: -

1). En caso de que sobre se debe considerar un tiradero a 2 kms. de distancia del centro de gravedad del canal. -



Se pueden construir canales diferentes para llegar al Tiradero

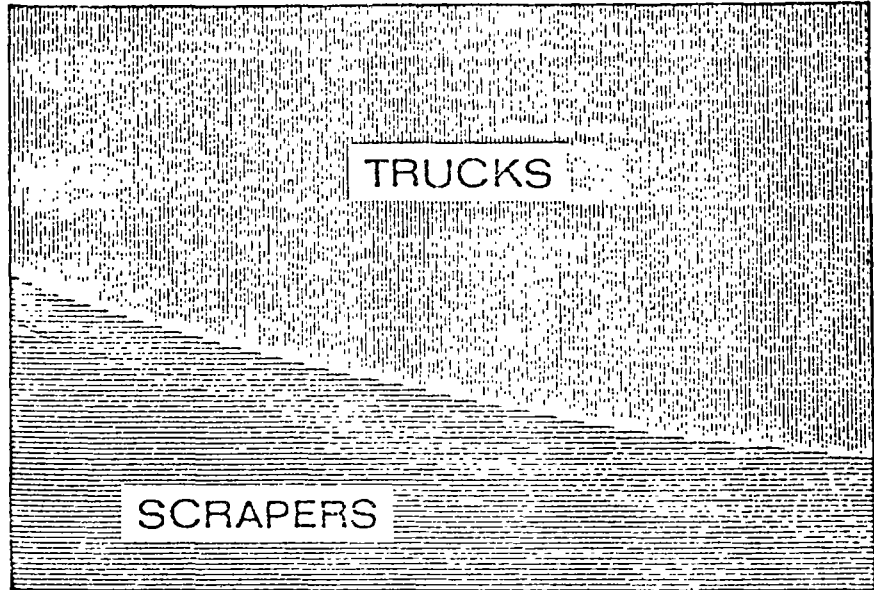
2). En caso de faltar material se puede considerar lo mismo: Que el Banco de material está en el lugar del Tiradero



art 1

### ECONOMIC ZONES OF APPLICATION ROCK

Tough  
Moderate Tough  
Rock Hauled  
Good Blasting  
Rippable  
Decomposed

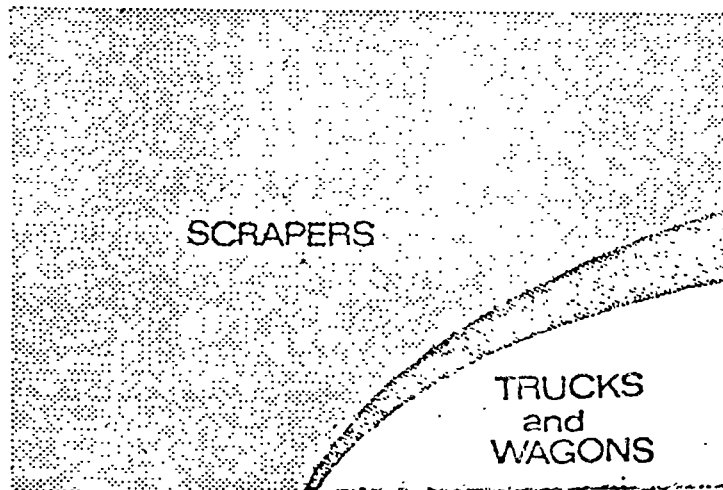


HAUL DISTANCE

Chart 2

### ECONOMIC ZONES OF APPLICATION GOOD DIRT

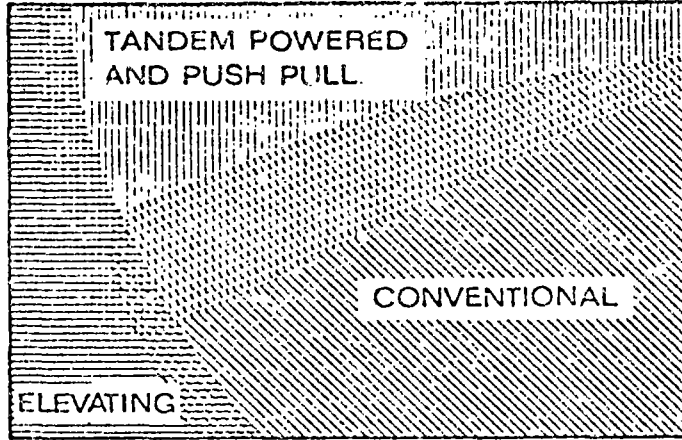
Severity of  
Job Conditions  
(grades,  
underfoot, etc.)



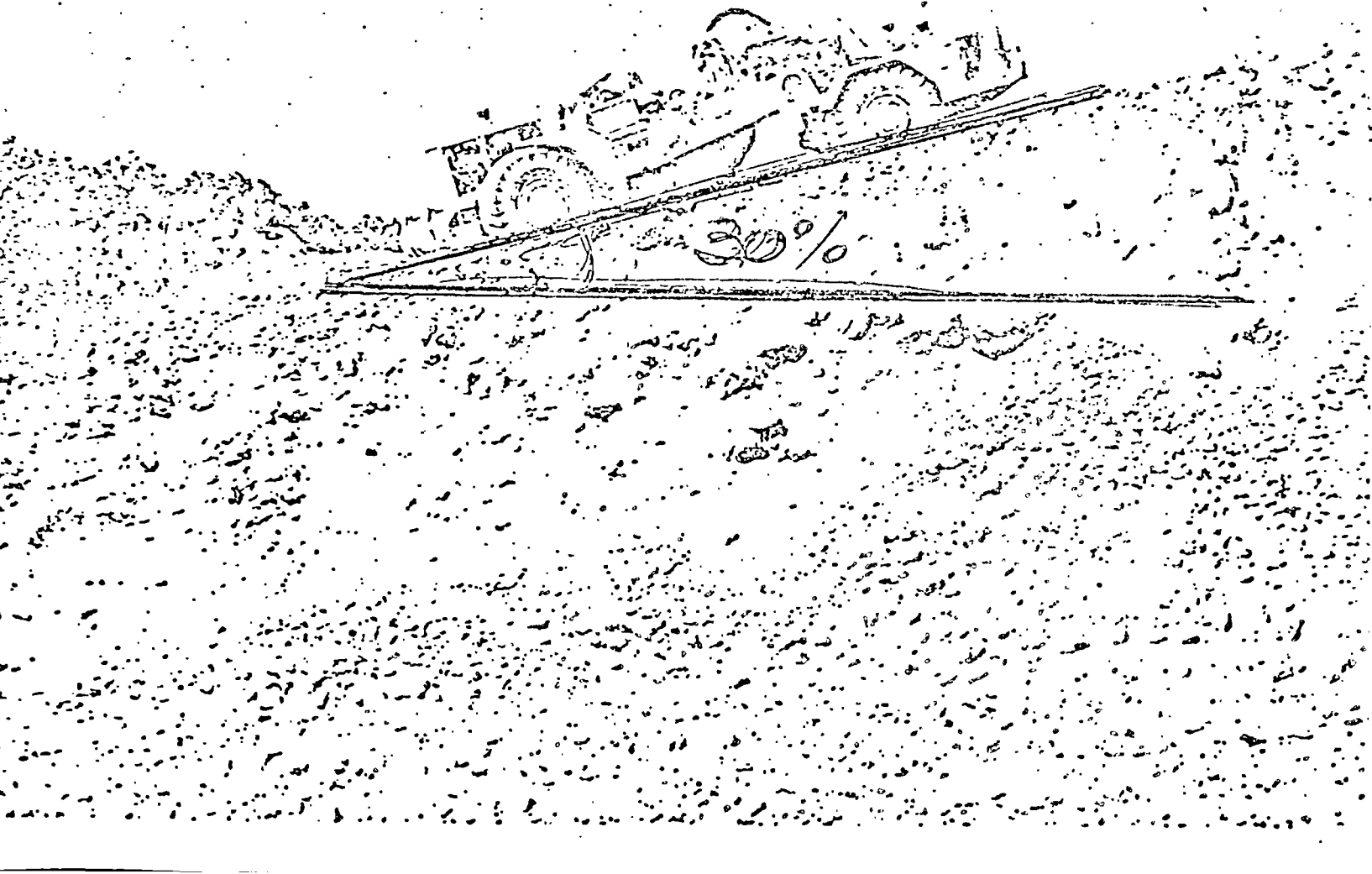
Haul Distance

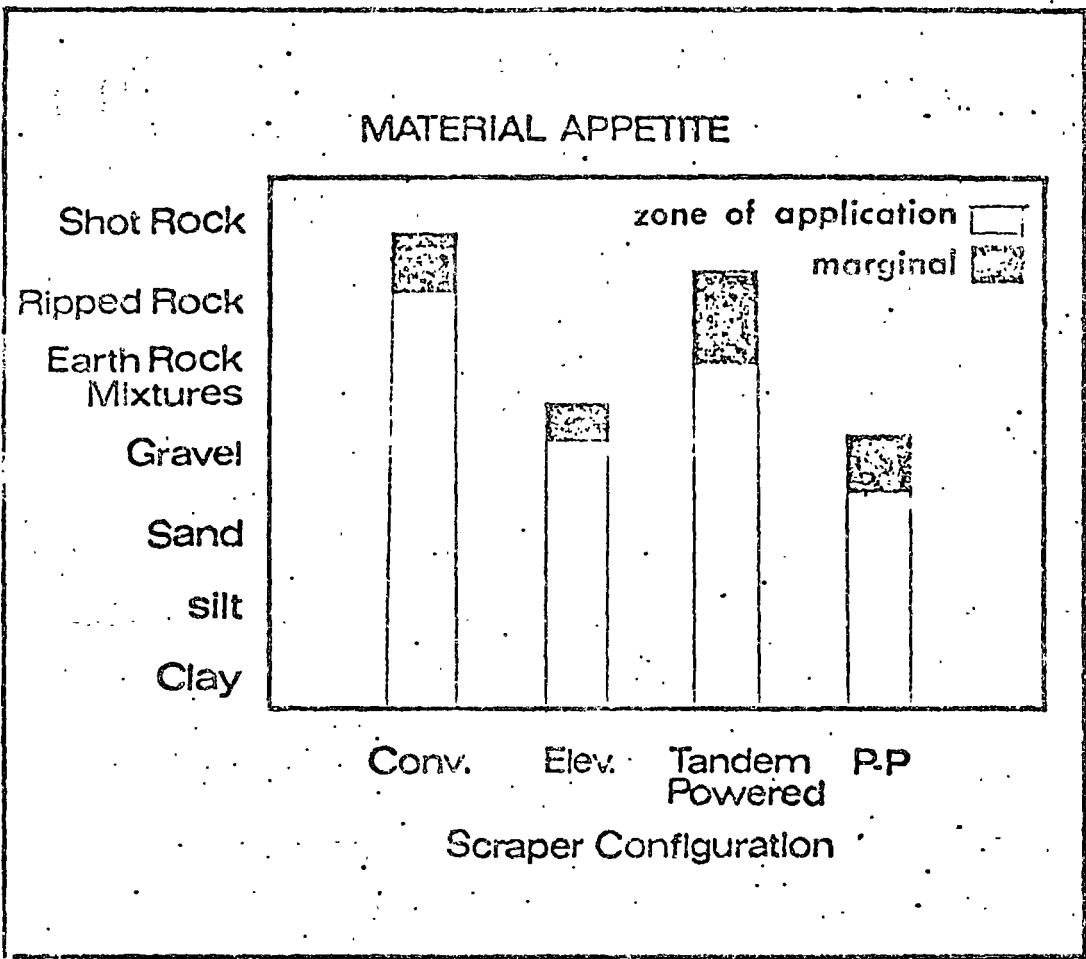
# ECONOMIC ZONES OF APPLICATION FOR SCRAPERS

SEVERITY OF  
JOB CONDITIONS  
(grade, underfoot, etc.)



HAUL DISTANCE





### APPROXIMATE GRADE LIMITATIONS OF SINGLE ENGINE SCRAPERS

|                     | empty | loaded |
|---------------------|-------|--------|
| become uneconomical | 12%   | 5%     |
| lose traction       | 25%   | 15%    |

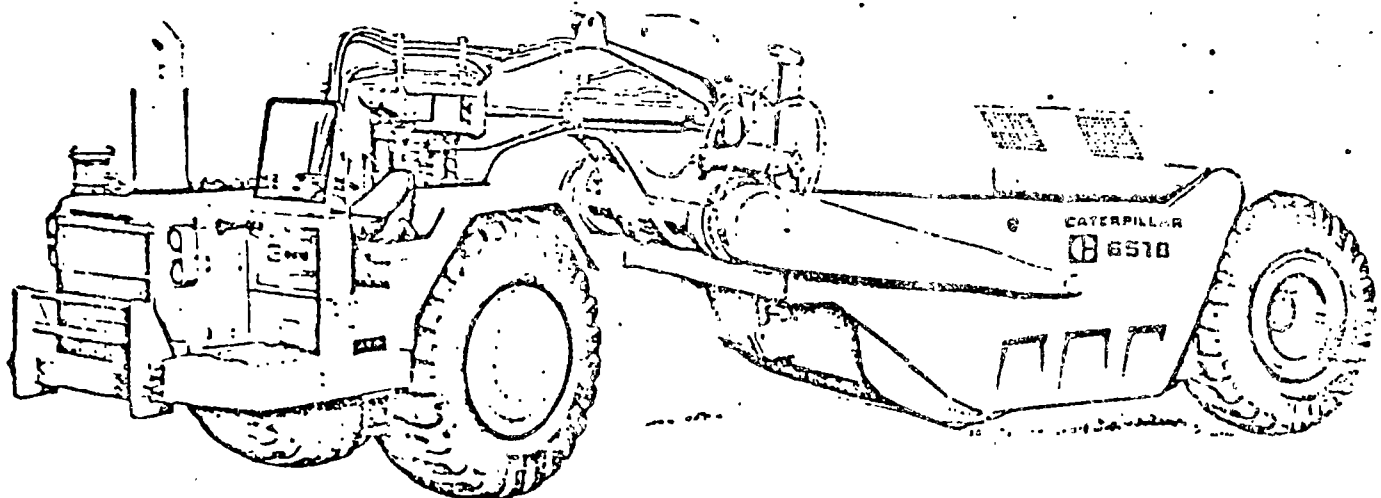
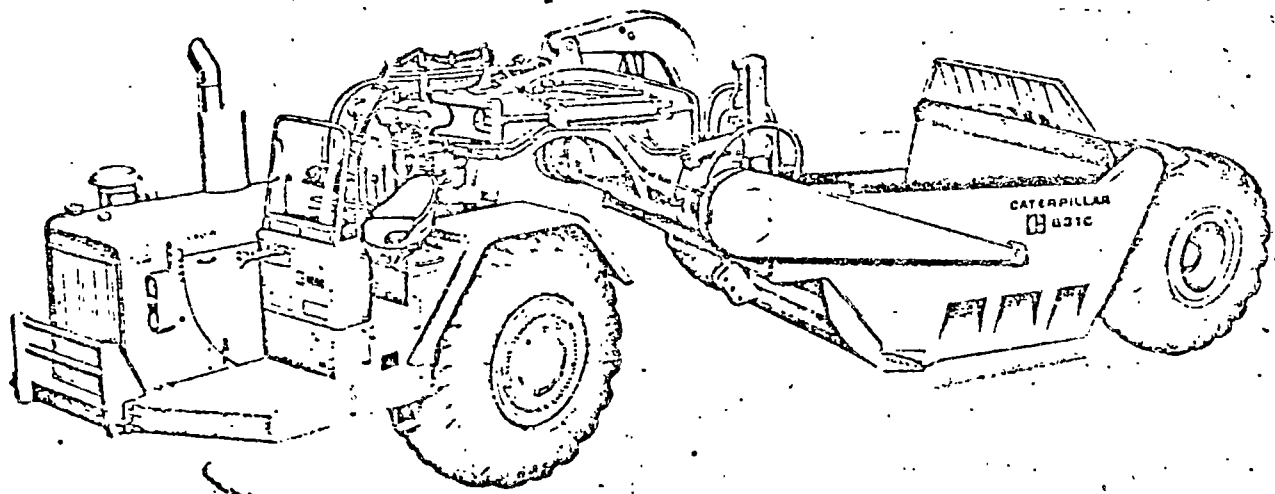
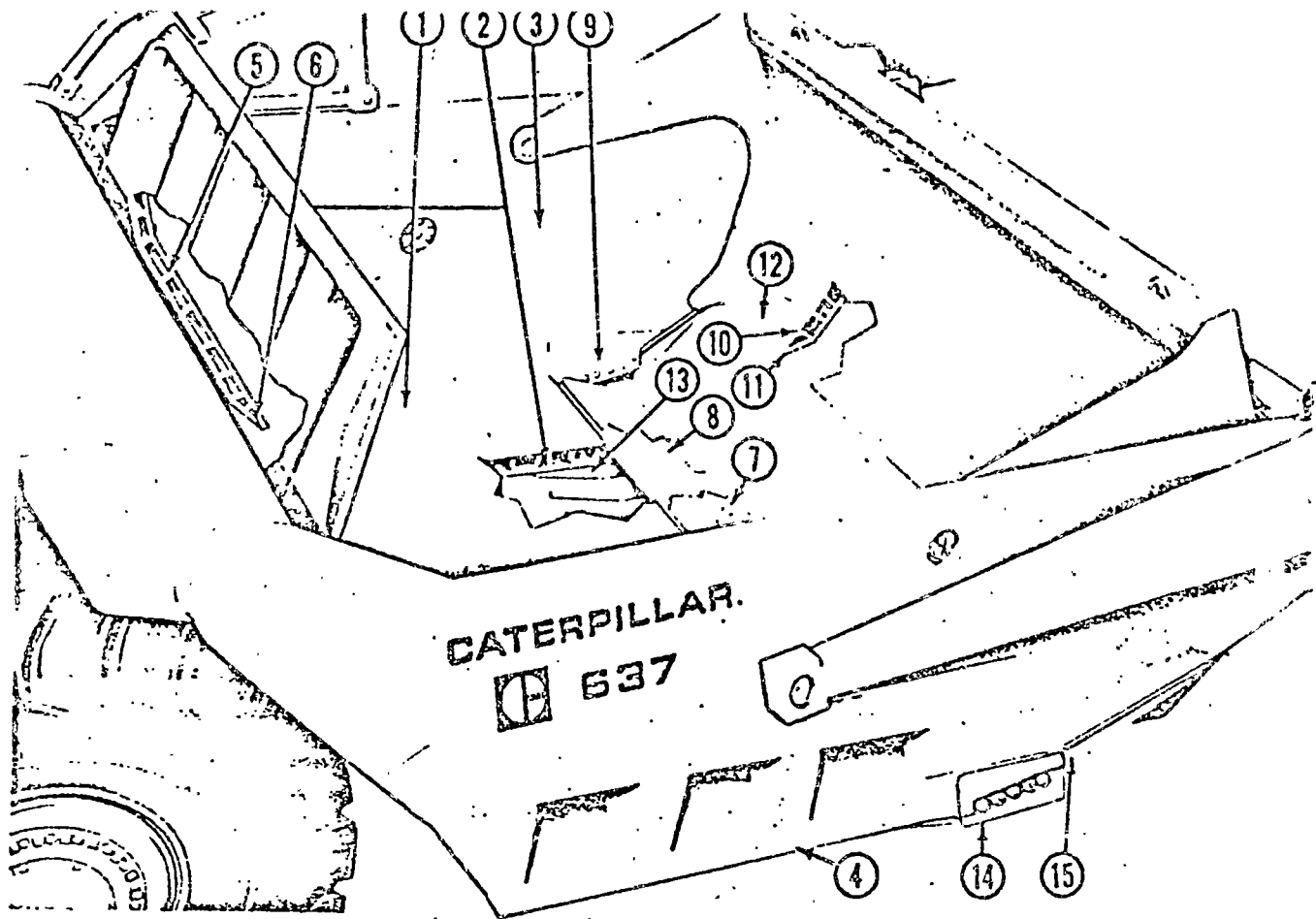
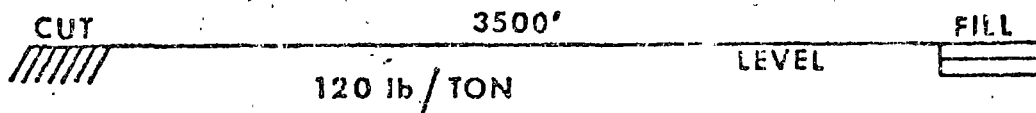




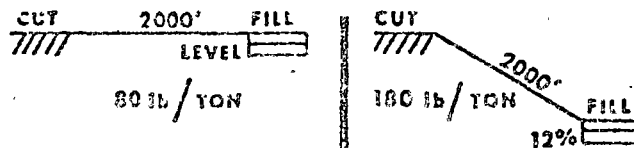
Table 1

## WHAT SIZE?



|                                       | D9G<br>631C | DD9G<br>651B |
|---------------------------------------|-------------|--------------|
| PUSHER                                |             |              |
| SCRAPER                               |             |              |
| CYCLE TIME (MIN.)                     | 6.54        | 6.68         |
| TRIPS/60 MIN.                         | 9.2         | 9.0          |
| PAYLOAD (BCY)                         | 22.5        | 34.0         |
| BALANCED SPREAD (SCRAPERS:PUSHERS)    | 6:1         | 6:1          |
| SPREAD PRODUCTION                     | 1242        | 1836         |
| PRODUCTION ADVANTAGE                  |             | 594 (48%)    |
| TOTAL FLEET O & O COSTS (\$/HR.)      | 243.06      | 338.33       |
| TOTAL LOADING & HAULING COSTS (¢/BCY) | 19.6        | 18.4         |
| COST ADVANTAGE (¢/BCY)                |             | 1.2 (6%)     |

## SINGLE OR TANDEM POWER?



| SCRAPER MODEL                      | 631C    |          | 637    |         |
|------------------------------------|---------|----------|--------|---------|
|                                    | D9G     |          | D9G    |         |
| TOTAL CYCLE TIME, MIN.             | 3.65    | 3.22     | 5.58   | 4.47    |
| TRIPS/60 MIN. (100% Eff.)          | 16.4    | 18.6     | 10.8   | 13.4    |
| PAYLOAD, BCY                       | 22.5    | 22.5     | 22.5   | 22.5    |
| BALANCED SPREAD (Scrapers:Pushers) | 3:1     | 5:1      | 5:1    | 4:1     |
| SPREAD PRODUCTION, BCY/HR.         | 1110    | 1260     | 1210   | 1208    |
| PRODUCTION ADVANTAGE, BCY/HR.      | —       | 150(14%) | 2(0%)  | —       |
| SPREAD HOURLY O & O, \$/HR.        | 138.17  | 162.29   | 209.19 | 205.84  |
| LOADING AND HAULING COST, ¢/BCY    | 12.4    | 12.8     | 17.3   | 17.1    |
| COST ADVANTAGE, ¢/BCY              | 0.4(3%) | —        | —      | 0.2(1%) |

DESARROLLO DE UNA CURVA DE CARGA CRECIENTE

631C y 1-090

DENSIDAD DE MATERIAL 3000 LB./BCY

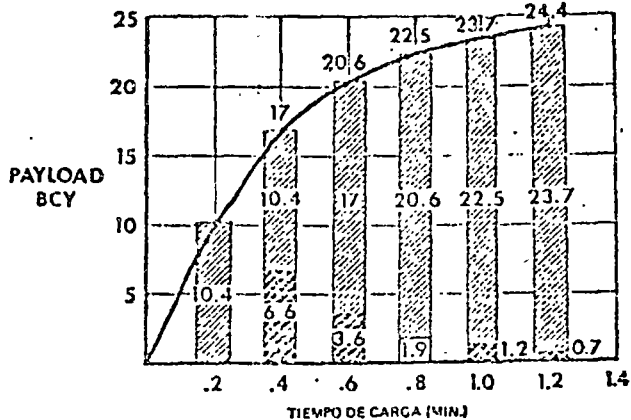
TIEMPO CONTROLADO DE CARGA (MIN)

|  | 0.2   | 0.4   | 0.6   | 0.8   | 1.0   | 1.2   |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 31.8  | 52.3  | 60.9  | 66.2  | 71.5  | 72.0  |
|  | 32.1  | 50.8  | 59.8  | 63.7  | 69.2  | 73.4  |
|  | 30.6  | 51.7  | 62.7  | 87.3  | 69.9  | 71.9  |
|  | 30.2  | 49.9  | 61.2  | 66.3  | 72.0  | 74.4  |
|  | 31.7  | 52.2  | 62.8  | 67.6  | 71.7  | 73.6  |
|  | 30.8  | 43.0  | 63.4  | 69.4  | 72.4  | 73.9  |
|  | 187.2 | 306.0 | 370.8 | 409.0 | 429.6 | 439.2 |
|  | 31.2  | 51.0  | 61.8  | 67.5  | 71.1  | 73.2  |
|  | 10.4  | 17.0  | 20.6  | 22.5  | 23.7  | 24.4  |
|  | -     | 6.6   | 3.6   | 1.9   | 1.2   | 0.7   |

DESARROLLO DE UNA CURVA DE CARGA CRECIENTE

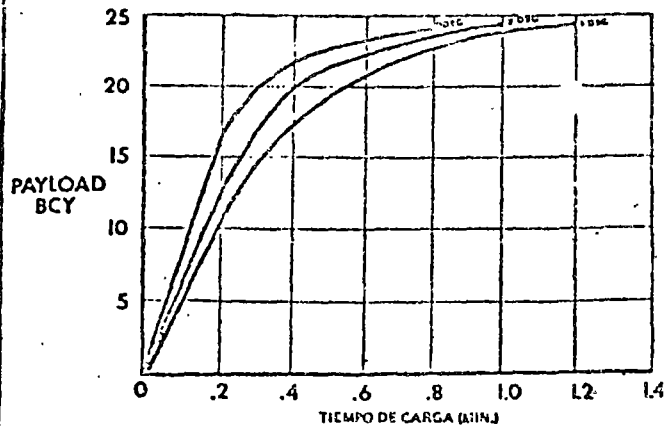
631C y 1-090

DENSIDAD DE MATERIAL 3000 LB./BCY



CURVA TÍPICA DE CARGA CRECIENTE

631C CON DIVERSOS METODOS DE EMPUJE



| TIEMPO CICLO |       |       | Ciclo                               |                                    |                                     |
|--------------|-------|-------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 3.6 m.       | 4.0 m | 4.2 m | $\frac{60}{3.6} = \underline{16.7}$ | $\frac{60}{4} = \underline{15.0}$  | $\frac{60}{4.2} = \underline{14.3}$ |
| 7.6 m        | 8.0 m | 8.2 m | $\frac{60}{7.6} = \underline{7.8}$  | $\frac{60}{8.0} = \underline{7.5}$ | $\frac{60}{8.2} = \underline{7.3}$  |

Ejemplo - (Acarreo Costo)

5 motociclos - 20 hrs

$5 \times 16.7 \times 20 = 1670 \text{ viajes/dia}$

$5 \times 15.0 \times 20 = 1500 \text{ / dia}$

$5 \times 14.3 \times 20 = 1430 \text{ -}$

$1670 \times 20.6 = 34402 \text{ yd}^3 (0.6)$

$1500 \times 23.7 = 35550 \text{ yd}^3$  — CARGA 1min

$1430 \times 24.4 = 34892 \text{ yd}^3 (1.2)$

$5 \times 7.8 \times 20 = 780 \text{ viajes/dia}$

$5 \times 7.5 \times 20 = 750 \text{ -}$

$5 \times 7.3 \times 20 = 730 \text{ -}$

$780 \times 20.6 = 16068 \text{ yd}^3$

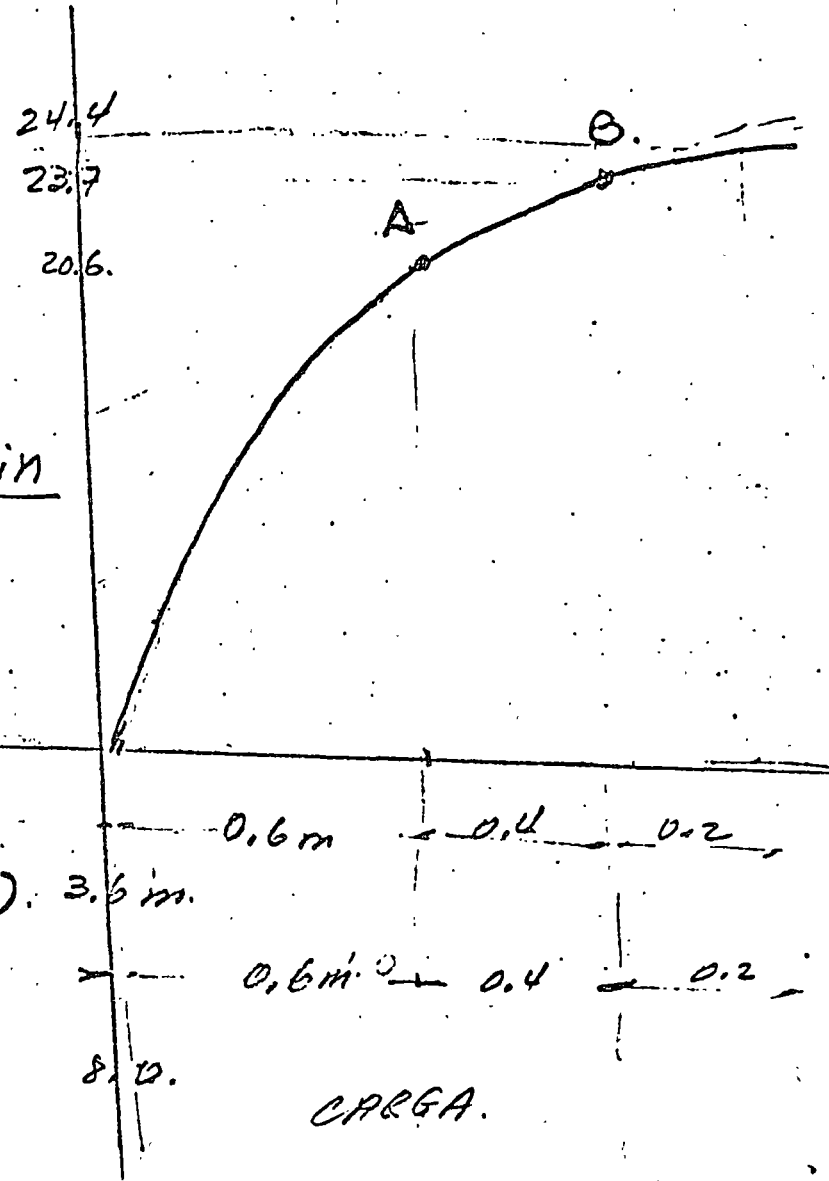
$750 \times 23.7 = 17775 \text{ yd}^3$

$730 \times 24.4 = 17800 \text{ yd}^3$

CARGA 1.2m

Acarreo:

Herramienta  
Vehículo  
Carga



CARGA.

# Ejemplo (Selección de Equipo).

Volúmenes a Mover. — 3'000 000 yd<sup>3</sup>

Resistencia total (Rod + Pied). — 120' lb/zon.

## Equipo.

- 3 Escrapas. — 666 (42.7 yd<sup>3</sup>) 641 (51.3 yd<sup>3</sup>) 657 (34.7 yd<sup>3</sup>)
- 2 D 9 Gs. —
- 2 Motoexcavadoras
- 1 Tractor D-8 auxiliar
- 1 Compactador. 834 T.F.

## COSTO - HORA.

|                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 3 ESCRAPAS.     | 9832.5          | 6743.3          | 9227.3          |
| EQUIPO PORPORTE | 8202.8          | 8202.8          | 8202.8          |
|                 | <u>18,035.3</u> | <u>14,946.1</u> | <u>17,430.1</u> |

## Longitudes de Acero - yd<sup>3</sup>/HR.

| Pieles                               | yd <sup>3</sup>  | yd <sup>3</sup> /HR. |     |     | HR. MAQ NECESARIA |               |             |
|--------------------------------------|------------------|----------------------|-----|-----|-------------------|---------------|-------------|
|                                      |                  | 666                  | 641 | 617 | 666(69%)          | 641(72%)      | 617(69%)    |
| 500                                  | 128,700          | 826                  | 611 | 717 | 228               | 308           | 263         |
| 1000                                 | 526,000          | 646                  | 455 | 550 | 813               | 1155          | 957         |
| 1500                                 | 662,400          | 528                  | 364 | 450 | 1255              | 1020          | 1473        |
| 2000                                 | 106,100          | 458                  | 304 | 386 | 232               | 349           | 275         |
| 2500                                 | 325,000          | 402                  | 262 | 347 | 808               | 1240          | 937         |
| 3000                                 | 745,700          | 322                  | 203 | 278 | 2320              | 3680          | 269         |
| 4000                                 | 256,000          | 292                  | 183 | 247 | 1560              | 2490          | 1850        |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>3 009 900</b> |                      |     |     | <b>7216</b>       | <b>11 012</b> | <b>8445</b> |
| DÍAS REQ. 3 ESCRAPAS.<br>(10 hs/día) |                  |                      |     |     | 240               | 368           | 282         |
| yd <sup>3</sup> /hr (promedio)       |                  |                      |     |     | 417               | 272           | 356         |
| m <sup>3</sup> /m.                   |                  |                      |     |     | 317               | 207           | 271         |
| costo \$/m <sup>3</sup>              |                  |                      |     |     | 56.90             | 72.20         | 64.30       |

# COMPARACION.

1.- 666 — 641 y 657.

|     |         | Ahorro                          | Millones |
|-----|---------|---------------------------------|----------|
| 641 | — 72.20 |                                 |          |
| 666 | — 56.90 | — 15.30/m <sup>3</sup> × 2.28 = | 34.9     |

|     |         |                                |      |
|-----|---------|--------------------------------|------|
| 657 | — 64.30 |                                |      |
| 666 | — 56.90 | — 7.40/m <sup>3</sup> × 2.28 = | 16.9 |

## 2.- Costo compra (Aprox) -

|   |       |   |       |   |       |
|---|-------|---|-------|---|-------|
| 3 | 666   | — | 657   | — | 641   |
|   | 33'.4 | — | 31'.2 | — | 22'.5 |

|     |              |                    |
|-----|--------------|--------------------|
| 666 | 33'.4        |                    |
| 641 | — 22.5       |                    |
|     | <u>10'.9</u> | (Ahorro de compra) |

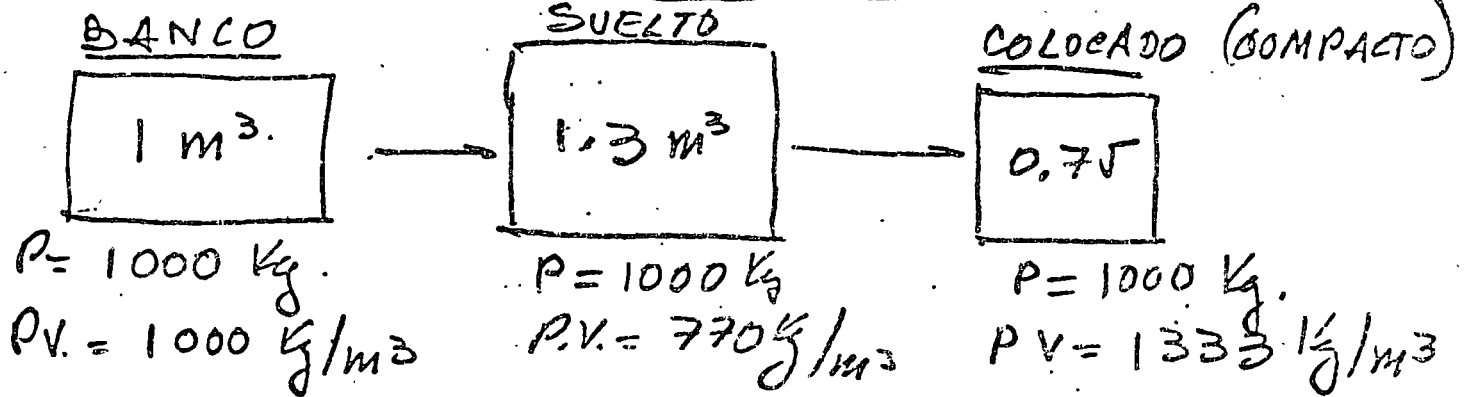
|     |  |
|-----|--|
| 666 |  |
| 641 | — 34'.9                                  |
|     | <u>24'.0</u> - (Ahorro total cuando 666) |

DIAS —

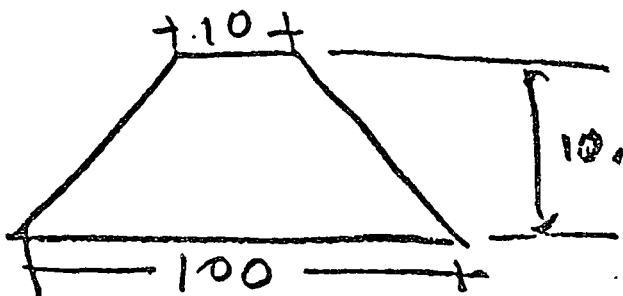
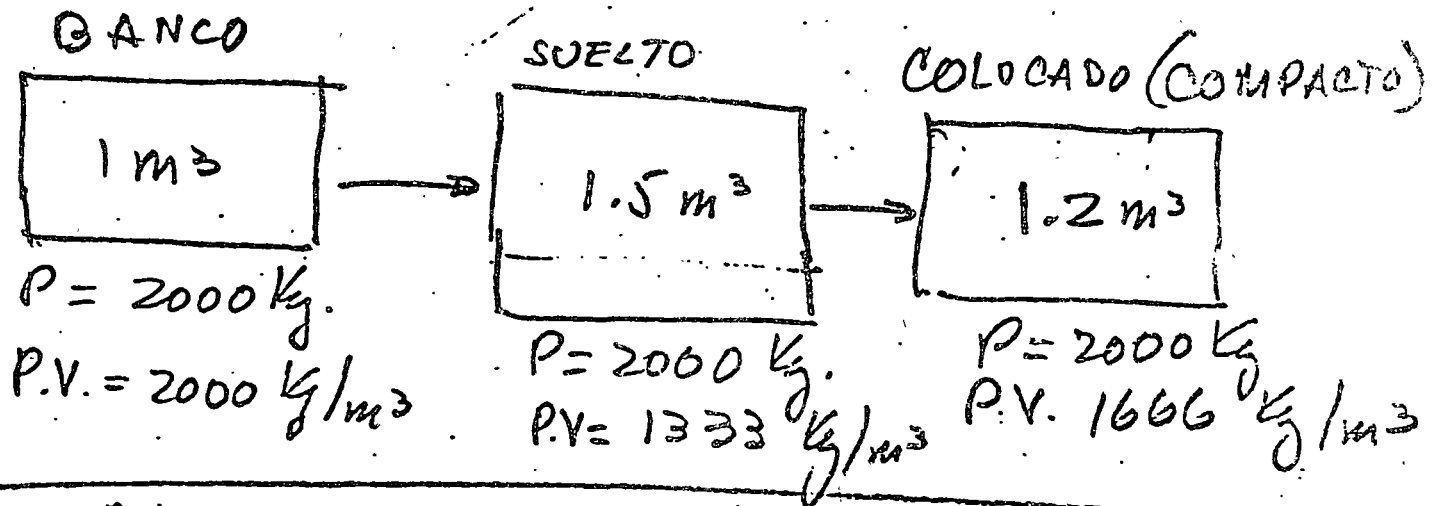
|     |       |   |
|-----|-------|---|
| 666 | — 240 | — |
| 641 | — 368 | — |

# EJEMPLO

MATERIAL (1) -- LINDO - ARCILLOSO



MATERIAL (2) ROCA



$$L = 1000 \text{ m}$$

$$V = \frac{100+10}{2} \times 10 \times 1000 = 550,000$$

CASO (1) -  $V_{\text{BANCO}} = \frac{550,000 \times 1.333}{1.000} = 733,000 \text{ m}^3$

$$V_{\text{ACARREO}} = 733,000 \times 1.3 = 953,000 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{COLOCADO}} = 550,000 \text{ m}^3$$

|           | CORRECTO | MAL     |         |
|-----------|----------|---------|---------|
| V BANCO   | 773,000  | 550,000 | 223,000 |
| V Acarreo | 953,000  | 715,000 | 238,000 |
| V Volcado | 550,000  | 410,000 | 140,000 |

PLANEACION INCORRECTA

550,000 — en 10 meses — 55,000 m<sup>3</sup>/mes

55,000 m<sup>3</sup>/mes — 20 días — 2750 m<sup>3</sup>/día

Rendimiento acarreo = 30 camiones x 10 m<sup>3</sup> = 300

300 m<sup>3</sup>/h x 10 h = 3000 m<sup>3</sup>/día

Planeacion Correcta

773,000 — en 10 meses — 77,300 m<sup>3</sup>/mes

77,300 m<sup>3</sup>/mes — 20 días — 3865 m<sup>3</sup>/día

Rendimiento acarreo. 39 camiones x 10 m<sup>3</sup> = 390

390 m<sup>3</sup>/h x 10 h = 3900 m<sup>3</sup>/día

CAMIONES

39 — 30 — 9

DIRECTORIO DE ALUMNOS DEL CURSO "MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS", DEL 3 AL 8 DE JULIO DE 1978.

- 1.- SR. DANTE ALDREDS ALCANTARA GARCIA  
Universidad Autónoma Metropolitana  
Profesor  
Av. Sn. Pablo S/N., Frente al Deportivo Reynosa  
Col. Azcapotzalco  
México 16, D. F.  
Tel. 561-37-33 Ext. 274  
Nápoles Manzana 16, Lote 17  
Izcalli; Pirámide  
Edo. de México
- 2.- ING. JESUS ARZOLA DOMINGUEZ  
Constructora, S. A.
- 3.- SR. RAFAEL ALVARES NAVARRO  
Constructora Prosa.  
Analista de Precios Unitarios  
Amsterdam No. 77  
Col. Hipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 533-03-65  
Pestalozzi No. 1236  
Col. Del valle  
México 12, D. F.
- 4.- SR. EFRAIN ANTONIO AGUIRRE  
Comisión de Aguas del Valle de México  
Jefe Depto. de Precios Unitarios  
Balderas No. 55 - 4º Piso  
Centro  
México 1, D. F.  
Tel. 585-50-66 Ext. 406
- 5.- SR. RAFAEL BARRADA MUÑOZ  
S. A. R. H.  
Diseño de Presas de Materiales -  
Graduados  
Reforma No. 51 13º Piso  
México 1, D. F.  
Tel. 535-20-05  
Zempoala No. 246  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.
- 6.- SR. MIGUEL BARROETA HERNANDEZ  
Comisión del Papaloapan  
Jefe de Oficina de Caminos del -  
Departamento de Proyectos  
Campamento Cd. Gral. Miguel Alemán  
Tel. 25 de Papaloapan, Oax.  
12 Poniete No. 303-4  
Puebla, Pue.  
Tel. 46-54-54
- 7.- SR. ENRIQUE CAAMAÑO RICO  
Centla Construcciones, S. A.  
Presidente  
Benito Juárez No. 57  
Col. Del Carmen  
Tel. 554-67-22  
Lluvia No. 211  
Col. Pedral San Angel  
México 20, D. F.  
Tel. 568-17-30



- 8.- SR. JONTHAN CABANILLAS SANCHEZ  
Constructora DA, S. A.  
Subgerente de Construcción  
Insurgentes Sur No. 1877 - 105  
Col. San Angel Inn.  
México 20, D. F.  
Tel. 550-12-24
- Navarra No. 194  
Col. Alamos  
México 13, D. F.  
Tel. 590-54-25
- 9.- SR. JUAN CAPILLERA CASTELLANOS  
OLCA Construcciones, S. A.  
Gerente Técnico  
Insurgentes Sur No. 662-602  
Col Del Valle  
México 12, D. F  
Tel. 543-07-66 523-49-47
- Oroya No. 613  
Col. Lindavista  
México 14, D. F  
Tel. 586-17-67
- 10.- ING. ALEJANDRO CARBAJAL MEJIA  
CAV Construcciones, S. A.
- 11.- ING. ALBERTO CASAS DURAN  
S. A.R.H.  
Jefe "K" de Servicios Federales  
(Residente de Obra)  
Calle Aldama No. 315  
Zona Centro  
Chihuahua, Chih.  
Tel. 3-52-11
- Calle terrazos No. 2709  
Col. Obrera  
Chihuahua, Chih.  
Tel. 5-19-02
- 12.- SR. ALEJANDRO CEDANO NUÑEZ  
Iamco, S. A.  
Jefe de Laboratorio  
Lote 42, Pta. Tulsayab- Z.P. 24  
Cancún, Quintana Roo
- Calle Rosas Lote 7 Z.P.22  
Cancún, Quintana Roo
- 13.- SR. ABRAHAM COLIN CANO  
Técnicas Modernas de Ingeniería  
Jefe de Obras Hidráulicas  
Av. Insurgentes Sur No. 550  
Col. Roma  
Tel. 574-76-55
- Jardín de los Angeles No. 29  
Col. Guerrero  
México, D. F.
- 14.- SR. JUAN JOSE CHAVEZ RODRIGUEZ  
Constructora y Urbanizadora del País,  
S.A.  
Depto. Técnico  
Nápoles No. 50  
Col. Juárez  
México 6, D. F.  
Tel. 533-55-95
- Calle 16 No. 9  
Col. San Pedro de los Pinos  
México 19, D. F.  
Tel. 516-91-59

- 15.- SR. JOSE LUIS DELGADO ALFARO  
Yucatan No. 3  
Col. Insurgentes  
Tulancingo, Hgo.  
Tel. 3-16-42
- 16.- SR. ALBERTO DONINGUEZ GOMEZ  
Tractores y Maquinaria del Centro,S.A.  
Representante de distrito  
Paseo de la Reforma No. 116-907  
México 6, D. F.  
Tel. 566-93-08 566-90-13  
Calle 23 No. 141-2  
Col. Pro-Hogar  
México 15, D. F.  
Tel. 567-93-74
- 17.- SR. VALENTE ROBREDO BARRIENTOS  
Desarrollo de Servicios Corporativos,S.C  
Supervisor de Obras  
Culiacán No. 108  
Col. Hipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 564-85-00 Ext. 186  
Dr. Andrade No. 291  
Col. Doctores  
México 7, D. F.  
Tel. 530-67-56
- 18.- ING. MARIO RAYMUNDO DEL VALLE LAFONT  
Construcciones Civiles y Electrome-  
cánicas de Puebla, S. A.  
Gerente de Construcciones Civil.  
Av. Hnos. Serdán No. 143-109  
Puebla, Pue.  
Tel.  
39 Oriente No. 3 - "C"  
Puebla, Pue.  
Tel. 48-26-88
- 19.º ING. SERGIO FERNANDEZ ARMENDARIZ  
Industrial Minera México, S. A.  
Analista de Costos  
Baja California No. 200  
Col. Roma Sur  
Tel. 564-70-66  
Prosperidad No. 12- 404  
Col. Escandón  
México 18, D. F.  
Tel. 516-76-76
- 20.- SR. CARLOS FONSECA ALVAREZ  
Constructora Avante, S. A.  
Gerente General  
Av. Río Mixcoac No. 22 - 11º Piso  
Col. Crédito Constructora  
México 19, D. F.  
Tel. 524-36-24  
Av. Río Mixcoac No. 25-11º Pso.  
Col. Crédito Constructora  
México 19, D. F.
- 21.- SR. HUGO RENE GARDUÑO CONTRERAS  
Chihuahua No. 169-2  
Col. Roma  
México 7, D. F.  
Tel. 584-76-53

- 22.- SR. FCO. JAVIER GAYTAN GUTIERREZ  
CICASA  
Gerente de Construcción  
Tonalá No. 121 Desp. 203  
Col. Roma  
México 7, D. F.  
Tel. 584-64-55  
Paralela Uno No. 15  
Col. Pino Suárez  
Tel. 515-44-84
- 23.- ING. ARQ. MIGUEL ANGEL GOMEZ PEREZ  
Desarrollo de Servicios Corporativos  
Auxiliar del depto. de información  
a dirección  
Culiacán No. 108-2º Piso  
Col. Hipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 564-85-00 Ext. 136  
Zempoala No. 290-10  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel. 590-21-36
- 24.- ING. MARCOS GODINEZ HANA  
Sur 132 No. 118-502  
Col. América  
México 18, D. F.
- 25.- SR. JOSE ULISES GONZALEZ BOLIO  
Ing. Ulises González Torre  
Gerente  
Calle 39 No. 510 H (Int)  
Mérida, Yuc  
Tel. 15665  
Calle 19 No. 201  
Col. García Ginerés  
Mérida, Yuc.  
Tel. 14512
- 26.- ING. FRANCISCO GONZALEZ MALDONADO  
Constructora DA, S. A.  
Subgerente de construcción  
Insurgentes Sur No. 1877 - 105  
México 20, D. F.  
Tel. 550-12-24  
Mier y Pesado No. 220-6  
Col. del Valle  
México 12, D. F.  
Tel. 523-14-83
- 27.- SR. JOSE LUIS GRAGEDA SALINAS  
ICA INTERNACIONAL  
Minería No. 145  
Col. Escandón  
Tel. 516-04-60  
Progreso No. 214-4  
Col. Escandón  
Tel. 515-75-35
- 28.- SR. ARNULFO GUZMAN GARCIA  
AGGSA URBANIZACIONES, S. A.  
Gerente General  
Av. Chapultepec No. 236- 1º Piso  
Col. Roma  
México 7, D. F.  
Tel. 511-80-33  
Sur 71-B No. 325  
Col. Justo Sierra  
México 13, D. F.  
Tel. 539-71-56

- 29.- ING. MANUEL GUERRA ALVAREZ  
S. A. R. H.  
Residente de Construcción  
Amado Nervo No. 705  
San Luis Potosi, S.L.P.  
Tel. 3-03-47  
Sebastián Eliano No. 215  
Col. Valle de Bravo  
San Luis Potosi, S.L.P.  
Tel. 3-06-84
- 30.- SR. ROBERTO HEATLEY CORTES  
SEFI  
Director  
Tacuba No. 5  
México 1, D. F.  
Tel. 512-33-53  
Agusto Rodín No. 358-307  
Col. Mixcoac  
México 19, D. F.  
Tel. 598-16-35
- 31.- SR. GUSTAVO ALBERTO HERNANDEZ ROBLES  
Dist. de Materiales ROSER, S. A.  
Gerente de Ventas  
Calz. I. Zaragoza No. 2597  
Col. Sta. Martha Acatitla  
México 13, D. F.  
Tel. 765-14-17  
Juan de Oca No. 11  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel. 579-83-91
- 32.- SR. SALVADOR HERNANDEZ BRAVO  
Grupo Mexicano de Desarrollo  
Jefe depto. de Maq. y Equipo  
Culiacán No. 108  
Col. Exhipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 564-85-00  
Cipres No. 229  
Fracc. Vergel de Coapa  
México 22, D. F.  
Tel. 594-95-23
- 33.- SR. JOSE RODOLFO HUERTA OSTALAZA  
S. A. R. H.  
Ing. Analista de Precios Unitarios  
Reforma No. 20 - 4º Piso  
Col. Juárez  
México 6, D. F.  
Tel. 591-14-61  
Diagonal San Antonio 1213-10  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel. 536-19-54
- 34.- SR. JULIO ADOLFO LAMAS ESPINOSA  
Tractores y Maquinaria del Centro, S.A.  
Re presentante de Ventas  
González Gallo No. 1335  
Guadalajara, Jal.  
Tel. 3592-57
- 35.- ING. LUIS MANUEL LOPEZ ALVAREZ  
S.A.H.O.P. Dir. Aeropuertos  
Jefe de Residentes  
Xola No. 1755 3º Piso  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel. 519-81-02  
Benito Juárez No. 101  
Col. Espartaco  
México 22, D. F.  
Tel. 544-95-45

- 36.- SR. NOBERTO RODOLFO LOPEZ TORRES  
Cía. Contratista Nacional, S. A.  
Subjefe del Depto. de Concursos  
Periférico Sur No. 6501  
Col. Tepepan, Koch.  
México 22, D. F.  
Tel. 676-41-34
- Playa Copacabana No. 163  
Col. Militar Marte  
México 13, D. F.  
Tel. 579-45-56
- 37.- SR. CARLOS CRESCENCIO LORENZO CORTES  
Scorpión, S. A.  
Superintendente  
Av. Patriotismo No. 334 - 5<sup>a</sup> Piso  
Col. San Pedro de los Pinos  
México 19, D. F.  
Tel. 277-58-44
- Juan de Dios Bonilla No. 21  
Col. Costa Azul  
Acapulco, Gro.  
Tel. 47340
- 38.- SR. JAVIER MARIN CISNEROS  
FONATUR  
Ingeniero Residente  
I. La Católica No. 24 - 2<sup>a</sup> Piso  
México 1, D. F.  
Tel. 585-30-44
- Av. Hidalgo No. 3  
Loreto, B.C.S.  
Tel. 20441
- 39.- SR. ADOLFO MATA MENDOZA  
Comisión de Aguas del Valle de México  
S. A. R. H.  
Jefe de Oficina de Precios Unitarios  
Balderas No. 55 - 4<sup>a</sup> Piso  
México 1, D. F.  
Tel. 585-50-66 Ext. 406, 706
- Verdi No. 7  
Col. Peralvillo  
México 2, D. F.
- 40.- SR. JESUS MATA MONTIEL
- Dr. Nabor Carrillo No. 78  
Col. Olivar de los Padres  
México 20, D. F.  
Tel. 595-48-10
- 41.- SR. GILBERTO F. MEJIA GUADARRAMA  
Constructora Par, S. A.  
Gerente de Relaciones Públicas  
Fernando Celada No. 6  
Col. Periodista  
México 10, D. F.  
Tel. 395-08-89
- Zempoala No. 419  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Tel. 590-68-81

- 42.- SR. ROMAN MILLAN GARCIA  
Construcción y Conservación de  
Administrador Unico  
Hcda. de Acambay No. 19  
México, D. F.  
Tel. 594-62-25  
Hcda. de Acambay No. 19  
Col. Prado Coapa  
México, D. F.
- 43.- SR. JUAN CARLOS MIR MUÑOZ  
Río Bravo No. 5539  
Col. SN. Manuel.  
Puebla, Pue.  
Tel. 45-00-73
- 44.- SR. JESUS MONTES DE OCA ROCHA  
S. A. R. H.  
Proyectista  
Plaza de la República No. 31 - 6º Piso  
Canarias No. 1124  
Col. Portales  
México 13, D. F  
Tel. 539-32-09
- 45.- SR. HOMERO MORONES OCHOA  
Cantera de Dolores No. 2  
Col. Sta. Cruz del Monte  
Naucalpan, Edo. de México  
Tel. 572-61-37
- 46.- SR. DAGOBERTO MUÑOZ MORALES  
Petróleos Mexicanos  
Jefe Depto. Vías de Acceso  
Colón y La Llave  
Coatzacoalco, Ver.  
Tel. 2-02-95  
Bellavista No. 302  
Coatzacoalco, Ver.  
2-07-89
- 47.- SR. RAMON OCHOA ESCOTO  
INFONAVIT  
Supervisor de Obra  
Blv. Manuel Avila Camacho 460-5º Piso  
Col. Naucalpan, Edo de México  
Tel. 576-19-11  
Tipografía No. 59  
Col. 20 de Noviembre  
México 2, D. F.  
Tel. 789-47-36
- 48.- SR. ROBERTO ORTEGA MENDOZA  
Esc. de Ing. de U.A.G  
Catedrático  
Av. Primer Congreso de Andhua  
Calle Dr. Liciega No. 6 - 9  
Chilpancingo, Gro.
- 49.- SR. JOSE LUIS PARRA CONSTANTINO  
Guerra S. A.  
Auxiliar de Superintendente  
Ilusiones 101  
Col. Prados de Villa Hsa.  
Villahermosa, Tab.  
Tel. 2-22-08  
Ilusiones No. 101  
Col. Prados de Villa Hsa.  
Villahermosa, Tab.

- 50.- ING. JULIO E. PUERTO CERVERA  
Facultad de Ingeniería  
Universidad e Yucatán  
Jefe del Depto. de Obras  
Calle 14 No. 41  
Col. Chuminopolis  
Mérida, Yuc.  
Tel. 2-47-99  
Calle 15 No. 155  
Col. México  
Tel. 2-70-67
- 51.- SR. ADOLFO REYES RASSVETAIFF  
INAR, S. A.  
Gerente de Construcción  
Arquímides No. 3 - 5º Piso  
Col. Bosque de Chapultepec  
México-20, D. F.  
Guerrero No. 46  
Col. H. de Padierna  
México 20, D. F.  
Tel. 568-25-13
- 52.- SR. ARMANDO RODRIGUEZ AMIGO  
S.C.T. Direcc. Gral. de Obras  
Marítimas  
Analista de Costos de Construcción  
Insurgentes Sur No. 465  
Col. Hipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 564-51-35  
Av. del Taller Ret. 38  
Unidad 1 Depto. 320  
Col. Jardín Balbuena  
México 9, D. F.  
Tel. 571-77-32
- 53.- SR. TONATIUTH ROBLES BELLO  
Guerra, S. A.  
Auxiliar de superintendente  
Luciones y Comalcalco  
Villahermosa, Tab.  
Tel. 2-22-08  
Av. Tabasco No. 205  
Fracc. Guadalupe  
Villahermosa, Tab.  
Tel. 2-26-15
- 54.- ING. JOSE LUIS RUEDA PALOMEQUE  
S. A. R. H.  
Analista  
Paseo de la Reforma No. 51 - Piso 17  
México 1, D. F.  
Tel. 566-97-69  
Pino 522-2  
Col. Arenal  
México 15, D. F.  
Tel. 566-97-69
- 55.- SR. CARLOS EDUARDO SILIS SOTO  
Constructora Gar, S. A.  
Gerente General  
Fernando Celada No. 6  
Col. Periodista  
México 10, D. F.  
Tel. 395-00-41  
Czda. Aguilas No. 1137 -C 302  
Col. Ampl. Aguilas  
México 20, D. F.  
Tel. 651-53-27

- 56.- SR. J. RAMON TRASVIÑA QUINTANA  
S.A.H.O.P.  
Direcc. Gral. Aeropuertos  
Jefe de Residentes 1.  
Xola No. 1755 - 3º Piso  
Col. Narvarte  
México 12, D. F.  
Canario No. 14  
Col. Bellavista  
México 18, D. F.  
Tel. 515-57-03.
- 57.- SR. ALFONSO VALENCIA PEREZ  
Desarrollo de Servicios Corporativos.SC  
Supervisor y Programador de Recursos  
Culiacán No. 108  
Col. Hipódromo Condesa  
México 11, D. F.  
Tel. 564-85-00  
Fresas No. 183 - 203  
Col. Del Valle  
México 12, D. F.  
Tel. 559-40-81
- 58.- SR. EDGAR F. VALERO GIL  
S.A.R.H.  
Jefe de Oficina  
Reforma No. 35 - 11º Piso  
México 1, D. F.  
Tel. 591-03-83  
Comercio No. 58- 4  
Col. Escandón  
México 18, D. F.  
Tel. 277-66-37
- 59.- SR. JOAQUIN VILA PALMEROS  
Constructora Vila, S. A.  
Gerente  
Simón Bolívar No. 1174  
Veracruz, Ver.  
Tel. 3-09-11  
Simón Bolívar No. 1174  
Veracruz, Ver.
- 60.- SR. JESUS VILLANUEVA HERNANDEZ  
Facultad de Ingeniería U.A.E.M.  
Técnico de Lab. de Materiales  
Instituto Literaria No. 100  
Tel. 4-08-55 545-12  
Begonia No. 116  
Col. Club Jardín  
Toluca, Mex.
- 61.- SR. HUGO ZAMORA RUBIO  
Fimex Construcciones, S. A.  
Superintendente  
Tabasco No. 49 - 2º Piso  
Col. Roma  
México 7, D. F.  
Tel. 511-55-59  
Tabasco No. 49 - 2º Piso  
Col. Roma



62.- SR. SERGIO EMILIA ZAVALA ANTILLON  
ICA INTERNACIONAL  
Minería No. 145  
Col. Escandón  
México 18, D. F.  
Tel. 516-04-60

Milán No. 40  
Col. Juárez  
México 6, D. F.