DIRECTORIO DE PROFESORES

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Julio, 1981

1. Ing Julio César Aceves Serrano
Asesor Técnico de la División de
Construcción Pesada
ICA
Minería 145, edifidio 1, piso 2.
México 18, D F
277 72 97

2. Ing Federico Alcaraz Lozano
Director General
Grupo Ingeniería Integral, S A
Adolfo Prieto 430
México 12, D F
536 03 29

3. Ing Jorge Cabezut Boo
Asesor
Comisión Federal de Electricidad
286 31 77

4. Ing José Carreño Romani
Director de Obra Civil
Comisión de Vialidad y Transporte
Urbano, DDF.
Edificio Estación Metro Emiliano Zapata, piso 4.
México 12, D F
559 55 14

5. Ing Carlos Manuel Chávarri Maldonado
Gerente Técnico
Dicor, S A
Salvador Alvarado 144
México 18, D F
277 47 00

6. Ing Jorge Humberto de Alba Castañeda
Gerente de Supervisión
ICATEC, S A
Av San Fernando 469. piso 2
México 22, D F
655 01 84

7. Ing Fernando Favela Lozoya
Vicepresidente Ejecutivo
Grupo ICA
Minería 145, edificio 1. entrada 2.
3er piso.
México 18, D F
516 04 60 ext 320

8. Ing Emilio Gil Vladivia
Gerente de Obras Civiles
Comisión de Vialidad y Transporte
Urbano. DDF
Edificio Estación Metro Emiliano Zapata, piso 4
México 12, D F
559 73 73

9. Ing León Roberto León Rendón
Universidad Autónoma Metropolitana
Departamento de Obras
Bulevard M Avila Camacho 90, piso 2
Edo de México
576 30 35

10. Ing Felipe Loo Gómez
Subgerente de Conservación
Avenida 602 No.161
San Juan de Aragón
México 14, D F
571 80 76

11. Ing Ernesto Mendoza Sánchez
Jefe del Departamento de Construcción
División de Ingeniería Civil, Topográfica y
Geodésica
Facultad de Ingeniería, UNAM
México 20, D F
548 96 69

12. Ing Jose Piña Garza
Gerente de Area de Desarrollo Urbano
ICATEC, S A
San Francisco 25. piso 2
México 12, D F

13. Ing Vicente Saiso Sempere
Director General
Grupo Especialista en Construcción, S A
12a cerrada de Caliz No. 5
México 22, D F
577 33 19

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

1981

Fecha	Hora	Tema	Profesor
Lunes 20, julio	9:00 - 9:30	Introducción	Ing Carlos M Chávarri Maldonado
	9:30 - 10:50	Geología	Ing Mariano Ruiz Vázquez
	10:50 - 11:00	Descanso	
	11:00 - 13:00	Planeación	Ing Fernando Favela Lozoya
	13:00 - 14:00	Comida	
	14:00 - 15:10	Motocrespas	Ing Julio César Aceves Serrano
	15:10 - 15:20	Descanso	
	15:20 - 16:40	Motocrespas	Ing Julio César Aceves Serrano
	16:40 - 16:50	Descanso	
	16:50 - 18:20	Taller	Ing Felipe Loo Gómez
	18:20 - 18:30	Descanso	
	18:30 - 19:50	Taller	Ing Emilio Gil Valdivia
Martes 21, julio	9:00 - 10:10	Retroexcavadoras	Ing Carlos M Chávarri Maldonado
	10:10 - 10:20	Descanso	
	10:20 - 11:30	Cargadores	Ing Carlos M Chávarri Maldonado
	11:30 - 11:40	Descanso	
	11:40 - 13:00	Otros Equipos	Ing Carlos M Chávarri Maldonado
	13:00 - 13:10	Descanso	
	13:10 - 15:30	Otros Equipos	
	15:30 -	Comida	
Miércoles 22, julio	9:00 - 11:40	Compactación	Ing Federico Alcaraz Lozano
	11:40 - 11:50	Descanso	
	11:50 - 13:00	Explotación de Rocas	Ing Federico Alcaraz Lozano
	13:00 - 14:00	Comida	

Miércoles 22, julio	14:00 - 15:30	Explotación de Rocas	Ing Federico Alcaraz Lozano
	15:30 - 15:40	Descanso	
	15:40 - 19:40	Técnicas de Producción de Agregados	Ing Federico Alcaraz Lozano Ing Carlos M Chávarri Maldonado Ing Jorge de Alba Castañeda
Jueves 23, julio	9:00 - 11:20	Cuidado del Equipo de Terracerías	Ing Vicente Salso Sempere
	11:20 - 11:40	Descanso	
	11:40 - 13:00	Reemplazo de Equipo	Ing Ernesto Mendoza Sánchez
	13:00 - 14:00	Comida	
	14:00 - 15:00	Reemplazo de Equipo	Ing Ernesto Mendoza Sánchez
	15:00 - 15:10	Descanso	
	15:10 - 16:40	Taller	Ing Ernesto Mendoza Sánchez
	16:40 - 16:50	Descanso	
	16:50 - 18:20	Tractores	Ing Jorge Cabezut Boo
Viernes 24, julio	9:00 - 10:10	Principales factores que influyen en la selección de equipo	Ing Jorge de Alba Castañeda
	10:10 - 10:20	Descanso	
	10:20 - 13:00	Métodos de selección de equipo	Ing Jorge de Alba Castañeda
	13:00 - 14:00	Comida	
	14:00 - 16:30	Métodos de selección de equipo	Ing José Piña Garza
	16:30 - 16:40	Descanso	
	16:40 - 18:00	El equipo de construcción en le proceso inflacionario	Ing José Piña Garza

Sábado 25 de julio	9:00 - 11:45	Control	Ing José Carreño Romaní
	11:45 - 12:00	Descanso	
	12:00 - 14:00	Estudios de Tiempos y Movimientos	Ing León Roberto León Rendón
	14:00	Claùsura	
Lunes 27 de julio		Práctica de Campo.	

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO: MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

FECHA: DEL 20 AL 25 DE JULIO 1981

	CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
1.	Ing. Carlos Manuel Chávarri M.					
2.	Ing. Mariano Ruiz Vazquez					
3.	Ing. Fernando Favela Lozoya					
4.	Ing. Julio César Aceves Serrano					
5.	Ing. Jorge Cabezut Boo					
6.	Ing. Emilio Gil Valdivia					
7.	Ing. Felipe Loo Gómez					
8.	Ing. Federico Alcaraz Lozano					
9.	Ing. Vicente Saiso Sempere					
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

CURSO:

FECHA:

	CONFERENCISTA	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
1.	Ing. Ernesto Mendoza Sánchez					
2.	Ing. Jorge Humberto de Alba C.					
3.	Ing. José Piña Garza					
4.	Ing. José Carreño Romani					
5.	Ing. León Roberto León Rendón					
6.						
7.						
8.						
9.						

ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

	TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
1	INTRODUCCION					
2	GEOLOGIA					
3	PLANEACION					
4	MOTOCRESPAS					
5	TRACTORES					
6	RETOEXCAVADORAS					
7	CARGADORES					
8	OTROS EQUIPOS					
9	COMPACTACION					
10	TALLER					
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

SU EVALUACION SINCERA NOS AYUDARA A MEJORAR LOS PROGRAMAS POSTERIORES QUE DISEÑAREMOS PARA USTED.

	TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
11.	EXPLOTACION DE ROCAS					
12.	TEC. DE PRODUCCION DE AGREGADOS					
	CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS					
14.	REEMPLAZO DE EQUIPO					
15.	PRINCIPALES FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SELECCION DE EQUIPO					
16.	METODOS DE SELECCION DE EQUIPO					
17.	EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO					
18.	CONTROL					
19.	ESTUDIOS DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS					
	ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

	CONCEPTO	EVALUACION
1	APLICACION INMEDIATA DE LOS CONCEPTOS EXPUESTOS	
2.	CLARIDAD CON QUE SE EXPUSIERON LOS TEMAS	
3.	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO CON EL CURSO	
4.	CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DEL CURSO	
5.	CONTINUIDAD EN LOS TEMAS DEL CURSO	
6.	CALIDAD DE LAS NOTAS DEL CURSO	
7.	GRADO DE MOTIVACION LOGRADO CON EL CURSO	

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

1. ¿Qué le pareció el ambiente en la División de Educación Continua?

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

2. Medio de comunicación por el que se enteró del curso:

PERIODICO EXCELSIOR ANUNCIO TITULADO DIVISION DE EDUCACION CONTINUA	PERIODICO NOVEDADES ANUNCIO TITULADO DIVISION DE EDUCACION CONTINUA	FOLLETO DEL CURSO

CARTEL MENSUAL	RADIO UNIVERSIDAD	COMUNICACION CARTA, TELEFONO, VERBAL, ETC.

REVISTAS TECNICAS	FOLLETO ANUAL	CARTELERA UNAM "LOS UNIVERSITARIOS HOY"	GACETA UNAM

3. Medio de transporte utilizado para venir al Palacio de Minería:

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

4. ¿Qué cambios haría usted en el programa para tratar de perfeccionar el curso?

_____

_____

_____

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

6. ¿Qué cursos le gustaría que ofreciera la División de Educación Continua?

_____

_____

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

8. Si está interesado en tomar algún curso intensivo ¿Cuál es el horario más conveniente para usted?

LUNES A VIERNES DE 9 A 13 H. Y DE 14 A 18 H. (CON COMIDAS)	LUNES A VIERNES DE 17 A 21 H.	LUNES, MIERCOLES Y VIERNES DE 18 A 21 H.	MARTES Y JUEVES DE 18 A 21 H.

VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 14 H.	VIERNES DE 17 A 21 H. SABADOS DE 9 A 13 Y DE 14 a 18 H.	O T R O

9. ¿Qué servicios adicionales desearía que tuviese la División de Educación Continua, para los asistentes?

_____

_____

10. Otras sugerencias:

_____

_____

_____

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

GEOLOGIA

Ing. Mariano Ruiz Vázquez

Junio, 1981

acio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Geología

Introducción

Un buen número de obras de Ingeniería Civil, incluye como parte muy importante de la obra misma, la operación de "Movimiento de Tierras". Esta operación es sobre todo notable en la apertura de una vía terrestre (carretera o vía férrea), en la construcción de un canal, en la preparación de la zona de desplante de una gran estructura como puede ser la construcción de una cortina para una presa de almacenamiento, en la construcción de un aeropuerto e, inclusive, de un puerto marítimo interior, en la explotación de un banco de materiales para construcción o en la explotación a cielo abierto de un yacimiento de minerales metálicos o no metálicos como puede ser: cobre, fierro, uranio, carbón, caolín, bentonita, etc.

Cada una de las obras que se acaban de mencionar requiere necesariamente, antes de la construcción, para llevar a buen término la construcción misma y tener el mínimo de errores, de un estudio geotécnico y de este estudio geotécnico la operación designada "movimiento de tierras", necesita del

conocimiento preciso de los materiales que se van a mover, llámense suelos, rocas blandas o simplemente rocas.

La selección del equipo que utilizará el ingeniero en el movimiento de tierras, se hará en gran parte tomando como base la información relativa a los distintos tipos de materiales que se van a manejar, aprovechables o no aprovechables, y desde luego a otras consideraciones no geológicas como puede ser: volumen, distancia, etc.

En opinión del autor y de los profesores P. Antoine y D. Fabre (pág. 177), un estudio geotécnico preliminar o detallado para fines de Movimiento de Tierras, debe llevar a contestar, entre otras, las siguientes interrogantes:

-¿Qué materiales se van a trabajar?

-¿Cuál es el modo de extracción que hay que excoger?

-¿Cuáles son las posibilidades de utilización del material extraído?

-¿Qué volumen del material no es utilizable?

-¿Se encontrará el manto freático durante los trabajos de excavación?

-¿Cuál será la estabilidad del talud después de la excavación?

A continuación se hará primeramente una clasificación de los materiales, enseguida se mencionarán los métodos de exploración que nos lleven al conocimiento de estos materiales, luego se comentarán las interrogantes que ya se han menciona-

do y finalmente se tratará un ejemplo práctico con el auxi-- lio de una carta geotécnica.

Clasificación de los materiales

Según su naturaleza los materiales se pueden clasificar en tres grandes grupos y los procedimientos de excavación para cada grupo requieren de técnicas muy diferentes:

Terrenos suaves

Terrenos mixtos

Terrenos rocosos o coherentes

Terrenos suaves

Corresponden a este grupo los materiales poco cohesivos o sin cohesión representados por suelos residuales o transportados cuyo origen puede ser: aluvial, lacustre, aluvio-lacustre, eólico marino o piroclástico.

Caen en este grupo materiales tales como:

Suelos residuales producto de alteración total de rocas preexistentes con características de limo, arcilla, arena, - limosa, etc.

Además materiales representativos de depósitos: aluviales, aluvio-lacustres y lacustres recientes, eólicos y marinos constituidos por:

boleos
gravas
arenas
arcillas y limos
lapilli
cenizas.

Materiales, todos ellos facilmente trabajables que no necesitan del uso de desgarrador o de explosivos.

Terrenos mixtos.

A este grupo estan asociados los materiales antes mencionados, rocas parcialmente alteradas y materiales granulares cohesivos con cementantes clcáreas, arcillo-calcáreos y arcillosos.

Comprenden este grupo los materiales siguientes.

- Rocas alternadas o parcialmente alteradas
  - Igneas
    - volcánicas
    - instrusivas
  - Sedimentarias
  - Metamórficas:
- Algunas areniscas
- Lutitas
- Margas
- Algunas tobas
- Algunas rocas metamorficas

Estos materiales no necesitan del uso de explosivos pero si del desgarrador, del buldozer y la escrepa.

Terrenos rocosos o soherentos.

Este grupo incluye todas las rocas sanas sean estas Igneas (volcánicas o intrusivas), sedimentarias y metamórficas.

- Rocas Igneas
  - Volcánicas
    - Basalto
    - Riolita
    - Andesita
    - Tobas
  - Intrusivas
    - Granito
    - Granodiorita
    - Diorita
    - Gagro

Rocas Sedimentarias: Caliza, marga, arenisca, conglomerado, etc.

Rocas metamórficas: Mármol, cuarcita Gneiss esquisto, etc.

Según el grado de fracturamiento y alteración estos materiales eventualmente pueden ser explotados utilizando el desgarrador y la cuchilla, por lo general la roca masiva solo puede ser explotada utilizando explosivos.

Métodos de exploración.

Para llegar a conocer los distintos tipos de materiales con los cuales se va a trabajar, se deberá realizar primeramente un reconocimiento preliminar seguido de un estudio detallado.

Reconocimiento preliminar.

Por reconocimiento preliminar se debe entender una inspección general del terreno que requiere de un corto tiempo y un mínimo de erogaciones pero que permite definir las unidades, litológicas existentes y sus características estructurales.

Por otra parte este reconocimiento preliminar, proporcionará la información para elaborar un programa para un estudio detallado.

Previamente a la inspección sobre el terreno en el reconocimiento preliminar, es aconsejable hacer una revisión de la literatura geológica, cartografía y fotografías aéreas existentes, que constituyen información de gran valor.

Como información, existe el Manual de Diseño para Obras Civiles, preparado hace un par de años por el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, para la Comisión Federal de Electricidad que tiene un capítulo relativo al conocimiento general de la geología del país y desde luego existe la cartografía Detenal que nos proporciona información valiosa de la geología en la etapa preliminar, más aún si se recaba la información correspondiente a los puntos de verificación.

Eestudio detallado.

El estudio detallado nos debe llevar a obtener una carta geotécnica a una escala, que va desde 1:100 a 1:1000, que nos permita conocer:

- La distribución de las distintas formaciones existentes.
- Su granulometría y características físicas.
- El espesor de los materiales reconocidos o investigados y sus variaciones.
- El patrón de fracturamiento del macizo rocoso en el caso de los materiales del 2º y 3er. grupo.
- Todo lo relativo a la presencia y comportamiento del agua subterránea.

El estudio detallado se realiza por medio de un levantamiento geológico topográfico con plancheta o fotografías aéreas, con pozos a cielo abierto con toma de muestras, perforaciones y sobre todo con los métodos geofísicos, en particular con el método sismológico.

No se hará una descripción del levantamiento geológico topográfico con plancheta ni de los pozos a cielo abierto y perforaciones pero sí un breve comentario sobre el método -- sismológico de refracción porque hay estudios ligados directamente con trabajos de terraceo en base a la propagación de las ondas sísmicas.

Cualquier vibración provocada en la superficie del terreno sea por una explosión o por un impacto, se propaga en el suelo o roca en todas direcciones a una velocidad que depende de la naturaleza de los materiales.

La velocidad de propagación está en razón directa de la compacidad de estos materiales; mas suave es un material mas baja es la velocidad de propagación, mas compacto es un material mas elevada es la velocidad de propagación.

Para determinar la velocidad de propagación de una onda sismica se utiliza un sismógrafo, que en el caso más simple consta de un martillo, una placa, un geófono y un osciloscopio que registra la vibración.

Con el martillo que está ligado al osciloscopio se provoca la vibración golpeando sobre la placa, que está colocada sobre el terreno; está vibración es recibida por el geófono que a su vez está conectado también con el osciloscopio.

El tiempo transcurrido entre el impacto y la recepción de la vibración, conocida la distancia entre el punto de emisión de la onda y el geófono, nos da la velocidad de propagación.

De esta manera se han preparado tablas de desgarrabilidad. Figura 1.

El estudio sismológico de refracción es solo una parte del estudio de detalle y necesariamente deben ser ejecutadas las exploraciones directas ya mencionadas como pozos a cielo abierto, perforaciones y desde luego el levantamiento geológico detallado, sobre todo si el estudio está enfocado a determinar calidad y volumen del material que va a ser aprovechado ya sea como material de construcción (terraplenes, terracamiento y agregados) o como algun mineral económico metálico o no metálico (fierro cobre, carbón, etc.). En este último caso es muy importante saber cual es el volumen del material no aprovechable.

El estudio geotécnico o geológico económico nos va a dar la respuesta a las interrogantes que se plantearon al principio, algunas de las cuales ya fueron comentadas, como son las relativas al tipo de materiales y al método de estracción que hay que escoger. Información adicional aparece en la Fig.2 y

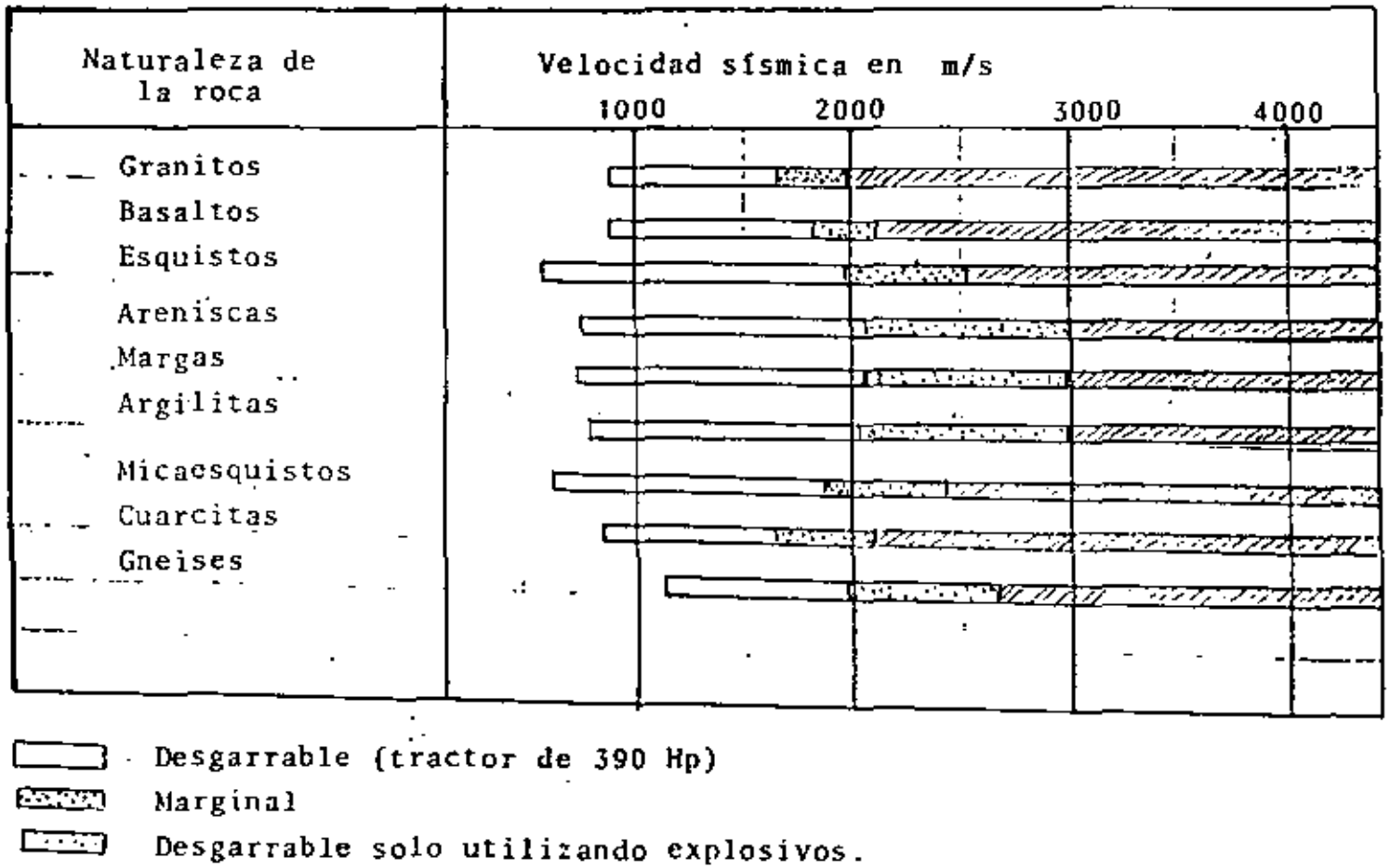

Naturaleza de la roca
Velocidad sísmica en m/s
1000
2000
3000
4000
Granitos
Basaltos
Esquistos
Areniscas
Margas
Argilitas
Micaesquistos
Cuarcitas
Gneises
Desgarrable (tractor de 390 Hp)
Marginal
Desgarrable solo utilizando explosivos.

Figura # 1

DENSIDAD, FACTOR DE ABUNDAMIENTO Y CAVABILIDAD

DE ALGUNAS ROCAS Y SUELOS COMUNES (ATKINSON 1971)

Tipo de roca o suelo	Densidad	Fact. Abund.	Exc.
1. Basalto	3.00	1.6	D
2. Granito	2.65	1.55	D
3. Arenisca cementada	2.60	1.6	M-D
4. Arenisca porosa	2.50	1.6	M
5. Caliza dura	2.70	1.6	M-D
6. Caliza suave	2.20	1.5	M-D
7. Creta	1.90	1.3	M
8. Lutita	2.40	1.45	M-D
9. Grava seca	1.80	1.25	S
10. Arena seca	1.70	1.15	S
11. Arena y grava seca	1.95	1.15	S
12. Arcilla ligera	1.65	1.30	M
13. Arcilla densa	2.10	1.35	M-D
14. Arcilla grava y arena seca	1.60	1.30	M

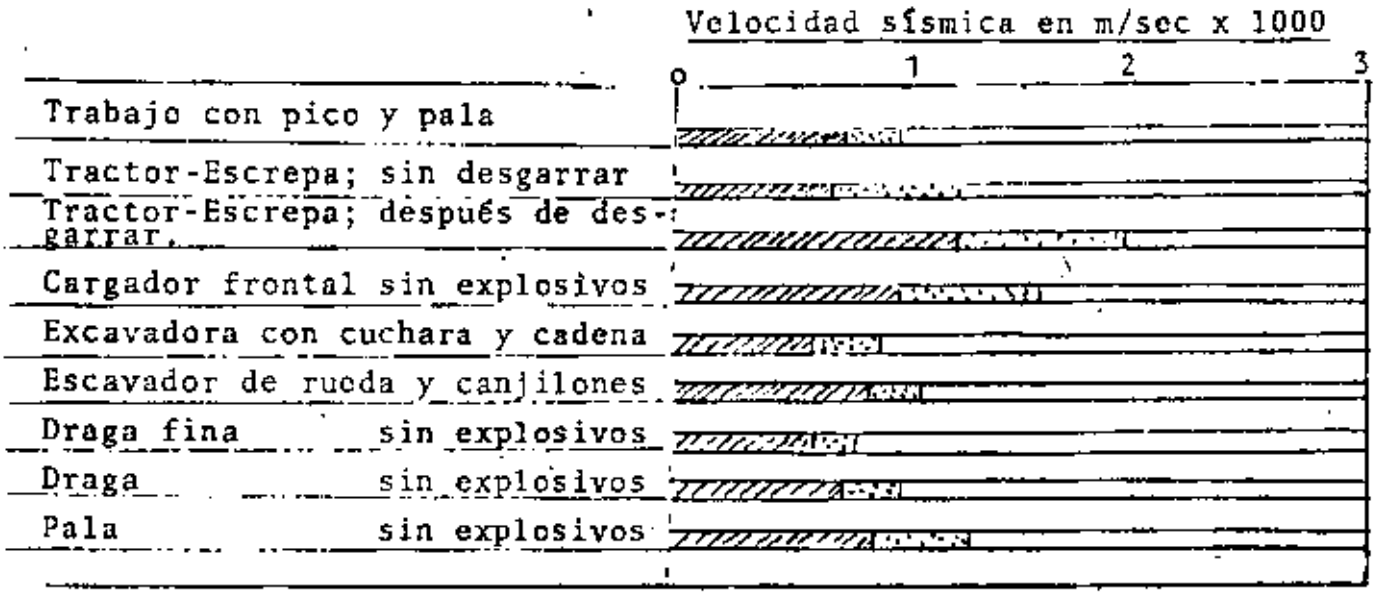
S = Material suave facilmente cavable

M = Material de dureza media, parcialmente consolidado.

M-D = Material mediana y dificilmente cavable, tal como arcilla densa húmeda, grava con grandes bloques y caliza explotada.

D = Materiales dificiles que incluyen arcilla plástica y materiales que requieren uso de explosivos como: basalto, granito, caliza, etc.

FIGURA No. 2



Posible

Marginal

Imposible

Velocidades sísmicas para determinar factibilidad de excavación (Atkinson)

Figura No. 3

En lo que respecta a la pregunta sobre la posibilidad de utilización del material que se va a mover, la respuesta puede ser múltiple ya que depende del tipo de obra que se vaya a construir o del tipo de cuerpo mineral que se vaya a explotar.

Supongamos el caso de una presa.

El estudio geotécnico, según el tipo de cortina, debe haber definido las características de los bancos, cuales y en que cantidad son aprovechables los materiales y si es posible utilizar el material que se va a remover en la zona de limpia o en las obras auxiliares: túneles de desvío, vertedores, casa de máquinas, etc.

Si se trata de un cuerpo mineral cual es el volumen del material de despalme, desde luego no utilizable y donde se ubicará los sitios para almacenar los que posteriormente no vayan a representar en si un problema.

Se deberá conocer la posición del nivel de aguas freáticas con relación al nivel mas bajo de explotación de un material y por supuesto la permeablidad del terreno y las posibilidades de abatimiento del manto, por bombeo, en el caso de que la explotación se haga en la zona de saturación.

Las pruebas de permeabilidad y la medición de niveles realizadas durante la investigación nos darán la información necesaria a este respecto.

En relación con la estabilidad de taludes durante la excavación, tratandose de materiales suaves; arenas, linos, etc. se estará frente a un problema de mecánica de suelos y la in-

formación geológica, en este caso litológica estratigráfica y geohidrológica serán el antecedente para analizar el problema de mecánica de suelos; si de materiales rocosos la información relativaal R.Q.D.. o Indice de Calidad de Roca obtenido de las perforaciones y la distribución y posición de discontinuidades determinada durante el levantamiento, nos permitirán definir - cual será el comportamiento del talud.

BIBLIOGRAFIA

Antoine P. y Fabre, D 1980 — Geólogie Ampliquée au Génie Civil Masson. S.A. Paris, - Francia.

Inst. de Ing. U.N.A.M. 1979 — Manual de Diseño de Obras - Civiles. Comisión Federal de Electricidad Inst. de Investigaciones Eléctricas.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PLANEACION

Ing Fernando Favela Lozoya

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

INTRODUCCION

CONSTRUCCION

Dentro de los campos en la profesión del Ingeniero Civil ocupa un lugar preponderante la construcción. En la realización de una obra, este campo sigue inmediatamente al diseño y precede a los de operación y mantenimiento de obras. Consiste la construcción en la realización de una obra combinando materiales, obra de mano y maquinaria con objeto de producir dicha obra de tal manera que satisfaga una necesidad normalmente colectiva, y que cumpla con las condiciones planteadas por el diseñador, entre las que se cuenta con primordial importancia la seguridad.

La construcción puede definirse como uno o varios procesos de producción en el o los que se combinan en alguna forma recursos (materiales, obra de mano y maquinaria) para lograr el producto terminado. Se trata pues de un típico proceso industrial, que solo difiere del clásico en que las obras normalmente son diferentes y se requiere estudiar un proceso que será diferente para cada obra; en cambio el proceso típico industrial es repetitivo.

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Entre estos procesos es muy común encontrar el movimiento de tierras, que puede ser parte del proceso total o todo el proceso. Consiste el Movimiento de Tierras en combinar maquinaria, materiales y obra de mano, a fin de obtener la obra o parte de la obra de acuerdo con lo planteado en el diseño.

El problema de selección de equipo trata de determinar que tipo, modelo y tamaño de máquinas deberá usar el ingeniero para realizar su proceso dentro de las restricciones impuestas por el proyecto. Al definir esto el ingeniero estará planeando el proceso constructivo, o dicho en otra forma definirá en todos sus puntos el procedimiento de construcción a usarse.

PROCESOS

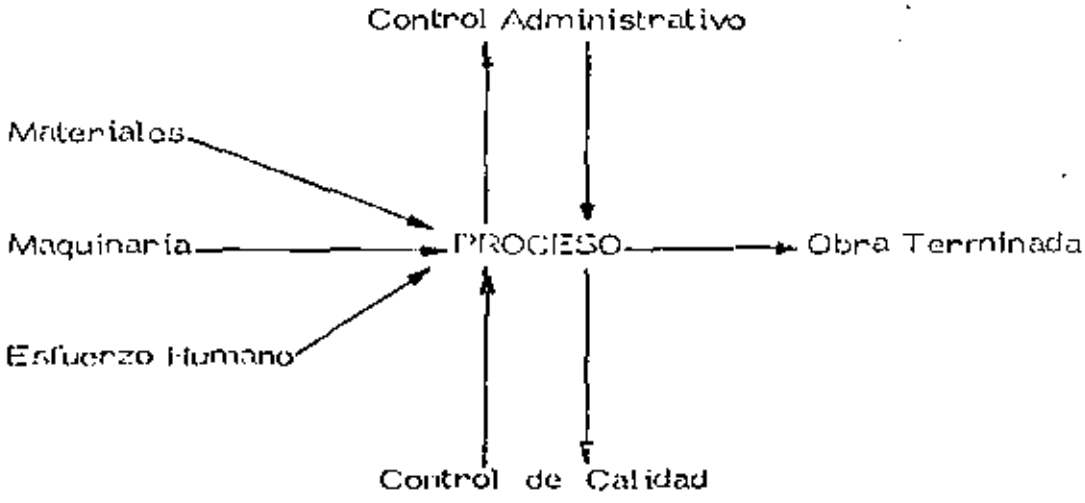
Podemos pues presentar la construcción (válido para el movimiento de tierras) como uno o varios procesos de transformación con una entrada, los recursos y una salida, la obra terminada.

Como habíamos dicho antes el proceso puede ser uno o varios, pero también podremos dividirlo en subprocesos, cada uno de los cuales producirán una parte de la obra, estos pueden ser simultáneos o en cadena, y es usual que estos subprocesos se analicen por separado para definir los procedimientos de construcción que producirán la obra que deseamos.

CONTROLES

A lo largo de la ejecución deberemos revisar que nuestro esfuerzo nos vaya llevando a la obra terminada tal y como lo concebimos. Es fácil comprender que no conviene esperar al fin de la obra para revisar si ésta coincide con la diseñada, y si nuestra planeación se cumplió; esto es, si las cantidades y calidades que calculamos usar de nuestros recursos realmente fueron las utilizadas. Si algo falla; lo planeado no coincidirá con lo ejecutado. A la revisión del uso de los recursos a lo largo de la ejecución se le llama Control Administrativo. A la revisión de la calidad de la obra en todas sus partes a fin de que realmente ésta sea la diseñada se le denomina Control de Calidad. Estos controles consisten en tomar muestras a lo largo del proceso y compararlas con los estándares tomados de la planeación; en realidad constituyen en sí un proceso capaz también de ser planeado. Este tipo de procesos se denominan de Control o Retroalimentación. Si en estos procesos se encuentran desviaciones significativas con el estandar actúan sobre los procedimientos de construcción para corregir las desviaciones y acercar el producto al estandar.

Puede pues representarse la construcción y sus controles con el siguiente esquema.



1. CONCEPTO DE LA PLANEACION

LA PLANEACION

Visto como una función, el proceso de planeación incluye la identificación de los objetivos organizacionales y la selección de políticas, procedimientos y métodos diseñados para lograr estos objetivos. En términos de la habilidad que está implicada, la toma de decisiones, incluyendo la creatividad, juega un papel importante para determinar el éxito de la planeación.

Discutiremos la función de la planeación y el papel que el proceso de la toma de decisiones tiene en ésta función.

LA PLANEACION

La función de la planeación se compone de la selección y definición de las políticas, procedimientos y métodos necesarios para lograr los objetivos generales de la organización. Ya sea en el nivel en que se determinan las políticas, procedimientos o métodos, el proceso de la toma de decisiones es un componente esencial de la función de planeación. Por lo tanto, los factores de un diagnóstico efectivo, descubrimiento de alternativas y análisis de las situaciones de la toma de decisiones, se estudian en la última parte de esta presentación en forma programada.

Puesto que las políticas, procedimientos y métodos deben formularse para que estén de acuerdo con los objetivos de la organización, se sigue que el primer paso en la función administrativa de la planeación es la identificación de estos objetivos.

A) POLITICAS

Aunque son necesarios los objetivos para dirigir los esfuerzos individuales y los de grupo, en la organización, las políticas sirven para indicar la estrategia general por medio de la cual se lograrán estos objetivos. Las políticas se han clasificado con base en el nivel organizacional que afectan, la manera como se forman en la administración y el área de trabajo a la cual se aplican.

1. Una empresa, puede tener el objetivo específico de lograr una penetración mayor en el mercado; atenerse a una competencia en los precios para lograr este objetivo, sería una _____ _____ empresarial.

política

2 Las políticas se han definido como declaraciones generales o conocimientos que guían la toma de decisiones de los subordinados en los diversos departamentos de una empresa. ¿Es necesario que estas declaraciones se pongan por escrito a fin de que se consideren como políticas (sí/no).

decisiones

3 Sea que estén o no escritas, las políticas sirven como una guía amplia y general para la toma de _____ en una organización.

nivel

4 Las políticas pueden clasificarse de diferentes maneras. Una clasificación útil está basada en el nivel organizacional de los administradores afectados. De esta manera, políticas básicas, generales y departamentales identifican el _____ organizacional de la aplicación de la política.

superior

5 Las políticas básicas que son de finalidades muy generales y que afectan a toda la organización las usan principalmente los administradores de nivel (superior/medio/de primera línea) _____.

básica

6 Una política de mercado para un producto por cada uno de los productos ofrecidos por un competidor de importancia es un ejemplo de una política _____.

medio

7 La política general, la cual es más específica, típicamente se aplica a grandes secciones de la organización pero ordinariamente no a toda ella. La usan generalmente los administradores de nivel _____ (superior/medio/de primera línea)

general

8 Una política acerca de que los agentes de compras deben trabajar con contratistas locales, donde sea posible, es un ejemplo de una política _____.

de primera línea

9 La política departamental es más específica por naturaleza y se aplica a las actividades diarias en el nivel departamental. La usan principalmente los administradores de nivel _____ _____ (superior/medio/de primera línea)

departamental

10 La política de que los empleados deben avisar si van a faltar por enfermedad es una política _____.

básicas
generales
departamentales

11 En resumen, existen tres tipos de políticas basados en el fin y en el nivel administrativo afectado. Estas son las políticas _____, _____, y _____ _____.

medios de primera línea superior

12 Las políticas generales se relacionan, primariamente, con las actividades de los administradores _____, y las políticas departamentales conciernen más a los administradores _____ y las políticas básicas afectan más directamente a los administradores de nivel _____.

manera

13 Otra clasificación de políticas se basa en la manera en que se forman en la organización. La política creada, la política solicitada y la política impuesta, son tres tipos de políticas basados en la _____ como se han formado.

están

14 La política creada es la iniciada por los administradores de una compañía con el fin de que les sirva de guía a ellos y a sus subordinados. Típicamente la relación entre la política creada y los objetivos organizacionales _____ (están/no están) íntimamente ligados.

creada

15 La decisión para promover la venta de contratos de servicio con venta de equipo, para asegurar que los clientes mantengan, de manera adecuada, el equipo, es un ejemplo de política _____.

solicitada

16 En comparación con una política creada, una política solicitada la formula el administrador de una compañía. La diferencia está en que ésta última se origina por la solicitud de un administrador a su superior, para resolver un caso excepcional; ésta es la base para que se le llame política _____.

si

17 Puesto que la política solicitada está basada en el manejo de casos individuales, el cual puede implicar circunstancias especiales, ¿existe algún peligro de que tal política sea incompleta, sin coordinación y quizás inconsistente? _____ (sí/no).

solicitada

18 Cuando no existe una política previamente especificada, un administrador pregunta a su jefe qué hacer con una cuenta por cobrar ya vencida. La decisión del superior constituye la formulación de una política _____.

creada

19 Cuando los administradores se ocupan continuamente de la formulación de políticas solicitadas, es un indicio de que no se ha dado suficiente atención a la formulación del tipo de política que previamente discutimos, esto es la política _____.

impuesta

20 Las políticas impuestas son el resultado de una fuerza externa que presiona a la organización, tales como la acción gubernamental de la asociación comercial o del sindicato. En general, la importancia de la política _____ ha ido aumentando en los últimos años.

21 ¿Cree usted que las políticas impuestas en la General Motors, son similares a las de la Ford Motors Co.? _____ (sí/no).

si (puesto que están sujetas a las mismas presiones gubernamentales, de la asociación comercial y del sindicato.

22 Una política de depreciación de equipo formulada debido a las exigencias de un contrato con la Fuerza Aérea, es un ejemplo de política _____.

impuesta

23 Con base en la manera como se forman, hemos discutido tres tipos de políticas: _____, _____, _____.

creada, solicitada impuesta

24 El tipo de política que sería similar en diversas empresas de una misma rama es la política _____.

impuesta

25 La política específicamente formulada para establecer guías necesarias para lograr los objetivos de la organización antes de que se presente cualquier problema se llama política _____.

creada

26 El tipo de política cuya abundancia indica una falta de atención administrativa apropiada para dar por anticipado las guías necesarias para tomar decisiones se llama política _____.

solicitada

27 Finalmente, otra clasificación de políticas tiene como base el área de trabajo a la que se aplican. Aunque se podría discutir un gran número de categorías, abarcaremos: ventas, producción, finanzas y personal como las principales áreas de _____ en la empresa.

trabajo

28 Las políticas de ventas tienen que ver con decisiones tales como la selección del producto que va a fabricarse, su precio, su promoción de ventas y la selección de los canales de distribución puesto que éstas son áreas interdependientes de toma de decisiones, la coordinación de estos esfuerzos _____ (es/no es) esencial.

es

29 La decisión para restringir la distribución de una cierta marca de cerveza a una área geográfica constituye una política de _____.

ventas

30 Las políticas de producción incluyen decisiones tales como la de fabricar o comprar un componente, la elección del sitio de producción, la compra del equipo de producción y los inventarios que deben mantenerse. Pueden formularse las políticas de producción sin tener en cuenta las políticas de ventas? ——— _____(sí/no).

no

31 La decisión para ubicar nuevas plantas a una cierta distancia de un mercado importante constituye una política de ——— _____.

producción

32 Las políticas financieras tienen que ver con la obtención de capital, métodos de depreciación y el uso de los fondos disponibles. Como tales, estas políticas (podrían/no podrían) ——— _____afectar directamente todas las otras áreas de formulación de políticas.

podrían

33 La decisión de alquilar en vez de comprar todo el espacio necesario para almacenes, es un ejemplo de política_____ _____.

financiera

34 Las políticas de personal tienen que ver con la selección del personal, desarrollo, compensación, desarrollo de una moral y con las relaciones sindicales. Es importante que estas políticas sean uniformes en toda la compañía?_____(sí/no)

sí

35 La decisión de que los solicitantes de empleo se inicien como aprendices, con base en las pruebas de habilidad, es un ejemplo de una política de_____.

personal

36 Los cuatro tipos de política basados en el área de trabajo que se han discutido son:_____, _____, _____ y _____.

ventas
producción
finanzas
personal

37 Obviamente, cualquier política dada puede describirse en términos de cualquiera de los tres sistemas principales de clasificación que se han discutido: El nivel_____, la _____como se formó la política, y el área de ——— _____afectada.

administrativo
manera
trabajo

38 El jefe de personal de una empresa ha informado a su superior que es incapaz de contratar cierto personal técnico en la comunidad local, y como resultado de esto el jefe de relaciones industriales decide que éste personal debe ser reclutado en una comunidad distante. Desde el punto de vista del nivel administrativo ésta es una política_____, desde el punto de vista de la manera como se formó es una política_____ _____y desde el punto de vista del área de trabajo es una política de_____.

general
solicitada
personal

básica
creada
ventas

39 Los administradores de nivel superior en una empresa deciden concentrar sus esfuerzos comerciales en el campo del equipo electrónico. Esto puede describirse como una política _____, _____ y de _____.

departamental
impuesta
producción

40 Debido a las exigencias el contrato sindical con la empresa, los supervisores deben usar solamente ciertos métodos de estudio de tiempos para determinar los estándars de producción. Esto puede describirse como una política _____, _____ y de _____.

B) PROCEDIMIENTOS Y METODOS

Una declaración de procedimiento es más específica que una declaración de política en que enumera la secuencia cronológica de pasos que deben tomarse para lograr un objetivo. Por otra parte, un método especifica cómo va a realizarse un paso del procedimiento.

procedimiento

41 Una descripción de cómo debe realizarse una serie de tareas, cuándo y por quién, normalmente se considera un _____.

procedimiento

42 Las instrucciones específicas para atender órdenes de elaboración, que pueden incluír actividades en los departamentos de ventas, contabilidad y producción, son un ejemplo de un _____ especificando.

contratación

43 Haga referencia a la figura 9.1 para un ejemplo de un procedimiento. En este caso está implicado un proceso de _____

Figura 9.1 ESQUEMA DE UN PROCEDIMIENTO TIPICO DE CONTRATACION.

1 Entrevista preliminar (discriminación de datos)

2 Solicitud

3 Verificación de referencias

4 Prueba de aptitud

5 Entrevista de trabajo

6 Aprobación del supervisor

7 Examen médico

8 Orientación

menos

44 Comparados con las políticas, los procedimientos permiten _____(más/menos) amplitud en la toma de decisiones administrativas.

método

45 En contraste con un procedimiento, una descripción de cómo debe realizarse un paso de un procedimiento se denomina _____.

si

46 ¿Es posible que un método implique a solo un departamento y a solo una persona en ese departamento? (sí/no)_____.

método
procedimiento

47 La técnica especificada para usarse en la realización de una prueba de aptitud es un_____, mientras que la secuencia de pasos en la función del empleo constituye un_____.

mejoramiento de métodos

48 El método se refiere a la manera de realizar tareas específicas. Históricamente el reemplazo de métodos manuales por medios mecánicos ha sido un ejemplo popular del_____.

procedimientos

49 Desde un punto de vista más amplio, el término simplificación del trabajo se aplica a los esfuerzos por realizar una tarea particular, o toda una serie de tareas, de manera que sea más eficiente y económica. Por lo tanto, la simplificación del trabajo puede aplicarse tanto a métodos como a_____.

simplificación del trabajo

50 En años recientes, el equipo electrónico se ha visto relacionado, de manera muy importante, con la_____.

b

51 ¿Cuál piensa usted que es más probable, (a) que un cambio en un método particular originará un cambio en el procedimiento total, o (b) en un cambio en el procedimiento total afectará la necesidad de un método?_____(a/b).

procedimientos

52 Puesto que un cambio en un procedimiento puede hacer que ciertos pasos, y de aquí, ciertos métodos, sean innecesarios en ese procedimiento, se sigue que la simplificación de trabajo deberá comenzar con un estudio de los (métodos/procedimiento) _____existentes.

métodos
procedimientos

53 A menos que la simplificación del trabajo sea en sí misma un procedimiento planeado, es más fácil lograr un mejoramiento y simplificación en los _____ que en los _____ _____.

más fácil

54 Por ejemplo, si comparamos con la simplificación del procedimiento de selección de personal, la cual tiene que ver con varios departamentos, un mejoramiento en el método de realizar una prueba de aptitud es (más fácil/más difícil).

políticas
procedimientos
métodos

55 En resumen, en las secciones anteriores hemos descrito tres niveles de planeación que están relacionados con el logro de los objetivos organizacionales. Estos son la determinación de _____, _____ y _____.

procedimiento

método

56 Una descripción cronológica de los pasos que hay que dar para lograr un objetivo, es un _____, mientras que la especificación de cómo debe darse un paso particular, es _____.

simplificación del trabajo

57 Los mejoramientos y la simplificación, tanto en los procedimientos como en los métodos se denominan _____, _____.

C) TOMA DE DECISIONES

La habilidad para tomar decisiones es la clave de una planeación exitosa en todos los niveles. Esto implica más que la selección de un plan de acción, porque al menos deben realizarse tres fases: Diagnóstico, descubrimiento de las alternativas y análisis, antes de que se haga una elección.

alternativas

diagnóstico

58 La secuencia de las actividades de la toma de decisiones es de una importancia considerable. El análisis exitoso depende del descubrimiento previo de _____, apropiadas mientras que esta fase, a su vez depende de un cuidadoso _____.

diagnóstico

59 La función de la primera fase en la toma de decisiones, esto es el _____, es identificar y esclarecer un problema.

planeación

60 Un diagnóstico cuidadoso depende de la definición de los objetivos organizacionales con los cuales se compara la situación presente. Esto está de acuerdo con nuestra observación previa de que los objetivos son el punto focal para la función de _____.

objetivos 61 Después de identificar los _____ organizacionales, el diagnóstico implica la identificación de los principales obstáculos que impiden que se logren. Según esto, debe observarse que el describir un problema _____ (sí/no) necesariamente identifica los obstáculos.

no

62 Por ejemplo, el identificar un problema que implique la función del mercadeo está al nivel de la descripción, mientras que el localizar las fallas específicas en el sistema interno de comunicación de la empresa constituye una identificación de los _____.

obstáculos

objetivos obstáculos 63 Además de definir los _____ organizacionales e identificar los principales _____, la fase de diagnóstico de la toma de decisiones ordinariamente implica el señalar los factores en la situación que no pueden cambiarse. ¿Esta acción tiende a aumentar o disminuír el número de posibles soluciones al problema? _____ (aumentar/disminuír)

disminuír

64 En la fase del diagnóstico de la toma de decisiones hay que tener cuidado para evitar "bloquear" las alternativas que de hecho son posibles. Por ejemplo, el ejecutivo de mercado que acepta el método actual para distribuír el producto, con un factor fijo, es _____ (probable/improbable) que considere un método alternativo obvio.

improbable

65 La primera fase del proceso de la toma de decisiones, que ya discutimos, es la del _____. Esta fase es seguida por el descubrimiento de cursos alternativos de acción.

diagnóstico

alternativos 66 Es en esta segunda fase descubrir cursos _____ de acción donde el elemento de la creatividad es especialmente importante.

67 ¿Existen diferencias individuales marcadas, entre las personas en lo relativo a pensamiento creativo? _____ (sí/no)

sí

68 Dada la importancia de las diferencias individuales en la creatividad existen diversas variables organizacionales que afectan la posibilidad de la creatividad. Un factor obvio pero a menudo olvidado es que la recompensa al comportamiento creativo (lo hace/no lo hace) _____ que surja.

lo hace

69 De esta manera, el administrador que hace a un lado las nuevas sugerencias considerándolas poco, no alienta el desarrollo de la _____ en sus subordinados.

creatividad

70 Otro factor íntimamente relacionado con la creatividad es el nivel de presión en el ambiente. Aunque cierta presión es estimulante, las investigaciones que se han realizado en este campo indican que la alta presión da como resultado un desorden en el comportamiento o a una manera rígida de actuar, ninguna de las cuales favorece la creatividad. De acuerdo con esto las personas que dentro de una organización trabajan a "alta presión son _____ (más/menos) creativas, aunque pueden ser productivas.

menos

71 Comparando las organizaciones de investigación exitosas con las organizaciones de producción que han alcanzado el éxito, uno podría esperar encontrar menos énfasis en los programas diarios en las _____ (primeras/últimas)

primeras

72 Finalmente el pensamiento creativo y las soluciones perspicaces no puede surgir sin dedicar tiempo para adquirir y considerar el material de hechos. Esto sugiere el "tiempo para pensar", durante el cual no es obvio ningún progreso patente, _____ (es/no es) tiempo gastado productivamente.

es

73 De esta manera, al menos tres factores afectan el clima la creatividad. La creatividad mejora cuando tal comportamiento es _____, cuando el nivel de _____ es apropiado, y cuando está disponible el _____ adecuado para considerar el problema.

recompensado
presión(etc.)
tiempo

74 Después del diagnóstico y del descubrimiento de alternativas, la parte final del proceso de la _____ _____ es la del análisis el cual consiste en comparar los posibles cursos de acción y en escoger una de las alternativas.

toma de decisiones

75 En el grado en que un administrador basa sus decisiones en corazonadas o sentimientos internos, el proceso de la elección se basa en la intuición. En un enfoque totalmente intuitivo, la tercera fase de la toma de decisiones, la del _____ podría virtualmente estar ausente.

análisis

76 El hecho de que la base para la elección de una alternativa no esté claro, ni aún para la misma persona que va a tomar la decisión, es una debilidad o desventaja confiar en la _____ _____ al tomar decisiones.

intuición

77 El enfoque típico para la fase de análisis de la toma de decisiones es el análisis de hechos. En este enfoque, las corazonadas asociadas con el enfoque _____ _____ deberán ser específicamente identificadas o rechazadas en el proceso de la toma de decisiones.

intuitivo

78 El identificar y posiblemente enumerar las ventajas y desventajas relacionadas con cada una de las alternativas es un ejemplo del método del _____ _____ _____.

análisis de hechos.

79 ¿Crée usted que sería útil cuantificar a menudo los diversos factores implicados en el análisis de hechos? _____ (sí/no)

sí

80 Un método que confía en la cuantificación de todos los factores y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones es el de la investigación de operaciones. Algunas veces se hace referencia a éste usando las primeras letras de las dos palabras, esto es _____ _____.

I O

81 Una de las características de la investigación de operaciones para analizar las situaciones de toma de decisiones es la construcción de un modelo para la situación. De acuerdo con su interés en cuantificar todas las variables implicadas, el modelo usado en el enfoque de la I O es típicamente un modelo _____ (físico/matemático)

matemático

82 De esta manera, el enfoque de la investigación de operaciones pone énfasis de la importancia de identificar y cuantificar todas las variables implicadas en una situación de toma de decisión y construir un modelo _____ para representar la situación.

matemático

REPASO

83 Antes de comenzar una actividad efectiva de planeación a cualquier nivel, deben identificarse los _____ organizacionales.

objetivos (o metas)

(Introducción a la Unidad, Cuadro 1)

84 La planeación se define como la selección y definición de _____, _____ y _____ para lograr los objetivos organizacionales.

políticas
procedimientos
métodos

(Introducción a la Unidad)

85 Las políticas, que sirven como guías generales para la toma de decisiones de los administradores, pueden clasificarse de diferentes maneras. Con base en el nivel organizacional de los administradores afectados, las políticas se describen como _____, _____ o _____

básicas
generales
departamentales

(Cuadros del 2 al 12)

86 Por ejemplo, el tipo de política que se aplica a grandes secciones de una organización, pero no a la totalidad de ella, y que es de gran interés para los administradores medianos, es la política _____.

general

(Cuadros del 7 al 8)

87 Existen también tres tipos de políticas basadas en la manera como se forman en la organización. Estas son políticas _____, _____ o _____.

creadas
solicitadas
impuestas

(Cuadros del 13 al 23)

88 ¿Qué tipo de formulación de política indica que los administradores superiores no han anticipado con éxito las necesidades de política de la organización?. Política _____.

solicitada

(Cuadros 16 al 26)

89 La tercera clasificación de las políticas que discutimos se basa en el área de trabajo a la cual se aplican. Sobre esta base, existen políticas de _____, _____, _____ y _____.

ventas
producción
finanzas de
personal

(Cuadros 27 al 36)

90 La decisión de rentar más que comprar mercados de ventas al menudeo es un ejemplo de la formulación de la política de _____.

finanzas

(Cuadros del 32 al 33)

91 Cualquier política puede describirse desde el punto de vista de los tres sistemas de clasificación que hemos discutido. La decisión de que todos los supervisores en la empresa deben ser responsables del desarrollo de sus subordinados puede clasificarse como política _____, _____ y _____.

departamental
creada
de personal

(Cuadros del 37 al 40)

92 Una descripción de cómo va a realizarse cada una de las series de tareas, cuándo se realizará y por quién debe ser realizada normalmente está incluída en una declaración de un _____.

procedimiento

(Cuadros del 41 al 44)

93 Por contraste, la especificación detallada de cómo se realiza un paso de un procedimiento es el establecimiento de un ____ _____.

método

(Cuadros del 45 al 57)

94 La selección de un plan de acción representa la culminación del proceso de toma de decisiones. El proceso mismo está constituído por tres partes, al menos: _____, _____ y _____.

diagnóstico
descubrimiento de alternativas
análisis

(Cuadros del 58 al 78)

95 Es en el descubrimiento de alternativas en el que adquiere gran importancia la creatividad en la toma de decisiones. El comportamiento creativo surge con más facilidad cuando es ____ _____, cuando el nivel de _____ es apropiado y está disponible el _____ adecuado para considerar el problema.

recompensado
presión
tiempo

(Cuadros del 76 al 78)

96 El análisis de hechos, el cual se basa en la construcción de un modelo matemático y que se ha encontrado que es útil en la toma de decisiones denomínase _____ _____ _____.

investigación de operaciones (10)

(Cuadros del 79 al 82)

PREGUNTAS PARA DISCUSION.

1 Al contestar a una pregunta, el presidente de una compañía dice "Mi único objetivo es obtener utilidades".
Comente la respuesta.

2 ¿De qué manera la planeación efectiva en el nivel departamental en una organización depende de acontecimientos en los niveles superiores de la organización?.

3 Las políticas se han clasificado de varias maneras. Por qué no se utiliza un sistema de clasificación más simple?.

4 Considere la diferencia que existe entre el mejoramiento en los métodos y la simplificación del trabajo. ¿Por qué debe preferirse en la mayoría de los casos el segundo?.

5 ¿Qué papel juega la creatividad en la planeación?.

DECISIONES

TOMA DE DECISIONES

El ingeniero que se ocupa del movimiento de tierras tiene que planear anticipadamente el equipo a utilizarse en el proceso. Esto lo hace seleccionando varios tipos de máquinas en ciertas combinaciones que él sabe le producirán la obra de acuerdo con el diseño. Se le presentan, pues, varias alternativas, una de las cuales escogerá para realizar las obras. Esto constituye la toma de una decisión. Una decisión es simplemente una selección entre dos o más cursos de acción. Podemos decir pues que la selección del equipo en movimiento de tierras es un caso de la toma de decisiones.

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

OBJETIVOS

Si queremos hacer la selección de un camino entre varios que se presentan y que solucionarán el problema, tendremos en alguna forma que comparar las posibles soluciones. Se presenta el problema de cómo compararlas, en función de qué, cómo valuarlas. El ingeniero deberá, consecuentemente, determinar un objetivo u objetivos que le servirán para valuar dichas vías de acción o caminos alternativos.

La labor del ingeniero está orientada por la economía, es decir, tiene como objetivo fundamental adecuar el costo con la satisfacción de una necesidad. Aún cuando no es raro que en su labor el ingeniero se enfrente a problemas con objetivos contradictorios, en el caso de la selección de equipo sus decisiones están orientadas por el criterio económico.

La valuación de las alternativas será entonces una valuación de tipo económico, habrá que determinar el costo de las entradas a lo largo del tiempo y el beneficio que proporcionará la salida, también a lo largo del tiempo, para cada alternativa. De la comparación de estos costos-beneficios saldrá una manera de comparar las alternativas en que se basará el ingeniero para tomar su decisión. El ingeniero deberá, por lo tanto, tener un conocimiento profundo de los costos, y deberá poder definir los costos físicamente generados por el uso de su alternativa, así como los

derivados al usar la solución propuesta por él.

La selección dependerá, pues, del criterio económico. La evaluación de las alternativas podría tomar la forma de :

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} = \frac{\text{Ingreso}}{\text{Costo}}$$

También puede decirse que lo que busca el ingeniero es hacer máximas las utilidades.

PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES

Definido el problema deberá hacerse un análisis del mismo, en esta fase se recaba toda la información que nos de un conocimiento profundo y completo del problema, con el objeto de poder definir y valuar el mismo, lo que traerá como consecuencia una selección más depurada de las distintas alternativas-solución que se formulará en la siguiente etapa de la toma de decisión. Esta definición y valuación del problema se hará tomando en cuenta el objetivo.

En la siguiente fase se toman todas las alternativas posibles o cursos alternativos de acción. En este caso es muy importante para escoger las alternativas posibles la preparación técnica del ingeniero.

La tercera fase consiste en comparar estos posibles cursos de acción en función del objetivo y al final de esta fase prodremos tomar ya una decisión que vaya guiada al objetivo propuesto.

Por último se considera una última fase de especificación e implementación, en la cual se hace una descripción completa de la solución elegida y su funcionamiento.

CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE

Se dice que una decisión se toma bajo certeza cuando el ingeniero conoce y considera todas las alternativas posibles y conoce todos los estados futuros de la situación consecuencia de tomar dichas alternativas, y a cada alternativa corresponde un solo estado futuro.

Se dice que una decisión se toma bajo riesgo si a cada una de las alternativas corresponden diversos estados futuros, pero el ingeniero conoce la probabilidad de que se presente cada uno de ellos.

Se dice que la decisión se toma bajo incertidumbre si el ingeniero no conoce las características probabilistas de las variables.

PROCESO - SISTEMAS

Al analizar el proceso constructivo y planearlo nos encontramos que en realidad estamos encontrando el grupo de decisiones que permitirán el logro de nuestros objetivos.

Para estudiar este proceso será indispensable analizar todas las variables o las más importantes que intervienen en él, las relaciones entre ellas y como una variación en cada una de ellas influye en que el resultado final se acerque más o menos a nuestro objetivo. Esto en realidad equivale a considerar la totalidad de cursos alternativos de acción en función del objetivo.

Normalmente las variables tienen limitaciones. Podremos tener limitaciones en tiempo, en recursos, en sumas mensuales a gastar, etc.

Muchas veces los cursos alternativos de acción son muy grandes en número, y por esto es conveniente para compararlos con facilidad, encontrar como cada valor de la variable influye en la salida del proceso.

RESTRICCIONES

En la fase de análisis se fijan normalmente las restricciones o limitaciones. Estas pueden provenir de las especificaciones del diseñador, de limitaciones propias de la empresa, o restricciones externas.

Es muy conveniente que el ingeniero no se cree restricciones ficticias, que le limitarán el encontrar soluciones alternas posibles. Esto limitaría la aplicación de la técnica del ingeniero.

SELECCION DE VARIABLES

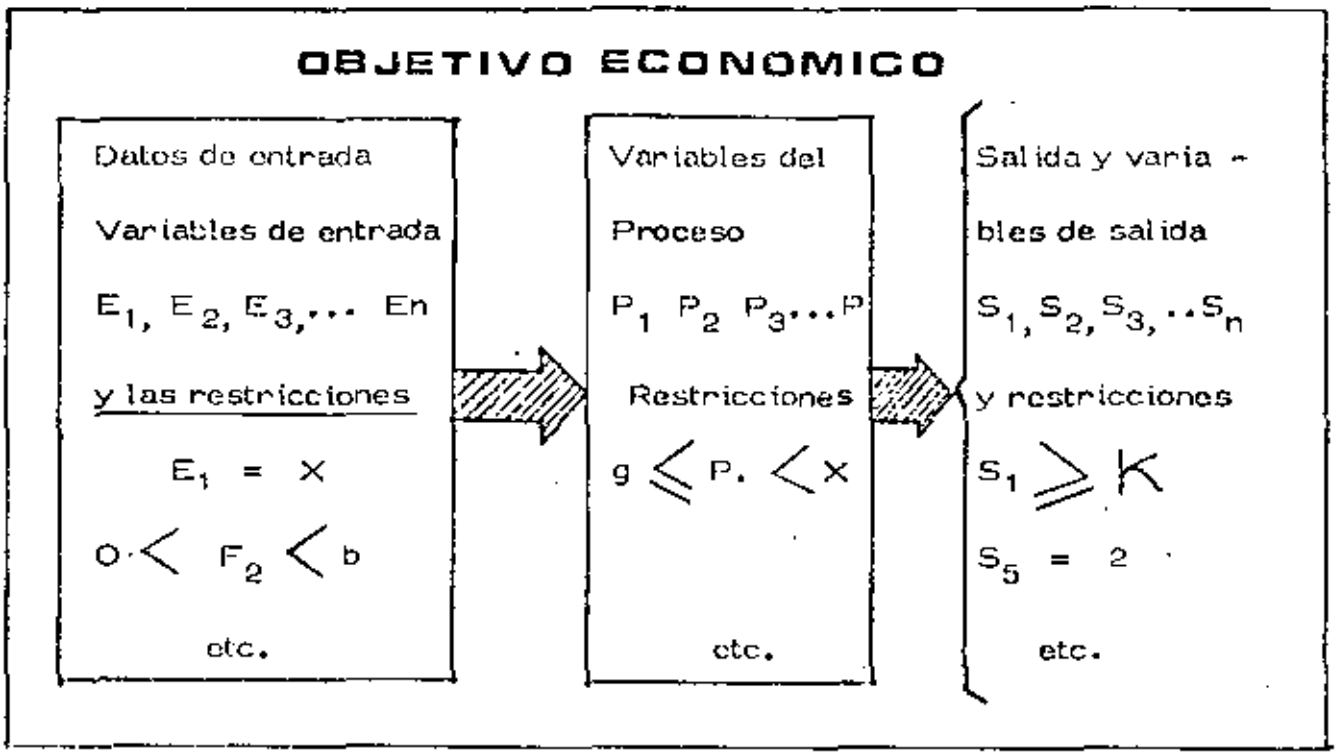
No es fácil encontrar todas las variables; por otro lado no todas influirán importantemente en el proceso, es pues conveniente definir las variables significativas, esto es las que modifiquen importantemente la salida valuada en función del objetivo. Las variables pueden ser:

a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.

b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en el proceso, pero que influyen en la salida.

Podemos pues definir nuestro método de decisión usando la siguiente notación:

DADOS



ENCONTRAR

El conjunto de valores de las variables controlables que hagan óptimo el criterio económico y que satisfagan las limitaciones y restricciones.

DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

Este es un método comunmente usado en la obra para definir el equipo adecuado y en general tomar la decisión de qué procedimiento debe usarse en una obra determinada. Tiene la ventaja de su simplicidad, pero considera como sistema la actividad específica a analizar y no considera la relación de las diferentes actividades o subsistemas de la obra entre si.

Es costumbre relacionar a posteriori las actividades similares para buscar una optimización posterior. Por ejemplo todas las actividades que se refieren a compactación.

DECISION CONSIDERANDO GASTOS INDIRECTOS

Puede considerarse el sistema obra completo, lo cual es complicado, pero más comunmente se consideran algunas variables significativas que tienen que ver con gastos generales y se controlan como tales. Por ejemplo considerar el Costo del Almacén, Costo del Financiamiento, etc.

FLUJO DE INFORMACION

Se adjunta flujo de actividades para evaluar una alternativa, este flujo es de carácter general y tendrá las modificaciones que el tipo especial de obra indique. La decisión del tipo de equipo puede hacerse repitiendo la evaluación alternativa por alternativa seleccionando la más conveniente desde el punto de vista económico. Es común este sistema.

DECISIONES A NIVEL GERENCIA

Las decisiones a nivel gerencia se tomarán considerando el sistema-empresa. En este sistema las obras son subsistemas.

Es común que una decisión a nivel gerencia modifique una decisión aparentemente óptima considerando el sistema obra. Esto si no es explicado adecuadamente puede ocasionar problemas serios entre las relaciones ejecutor-gerente; pues aparece como contradictorio el hecho de que se proponga una solución a nivel de obra, que ha sido convenientemente analizada y la decisión sea diferente y en apariencias menos convenientes.

Es difícil aplicar un método cuantitativo que tome en cuenta todas las variables significativas. Sin embargo, se consideran algunas que son de especial relevancia, por ejemplo, los aspectos financieros.

PROCEDIMIENTO PRACTICO

PROGRAMA GENERAL

Por ser muy difícil planear de conjunto todo el proceso, es común que el ingeniero divida este proceso en subprocesos y optimice estos subprocesos por separado. Posteriormente podrá analizar estos subprocesos integrados en el proceso total para una segunda etapa de optimización.

Es muy frecuente que esta división en subprocesos o "actividades" lo haga a través del programa general.

Esto le permite, al mismo tiempo que subdivide, tener un esquema en el que todas las actividades están ligadas por su relación de tiempos de ejecución, cosa muy conveniente para no perder de vista el proceso total.

Para realizar el Programa General se presentan las siguientes etapas que se enlistan a continuación :

a) Estudiar la Obra
b) Desglosar Actividades
c) Definir Procedimientos
d) Determinar Tiempos
e) Ordenar Actividades

Estudiar la obra y el desglose del proceso en subprocesos o actividades ya se habían comentado, y solo es conveniente decir que las actividades serán tanto más importantes cuanto menor sea el detalle del programa.

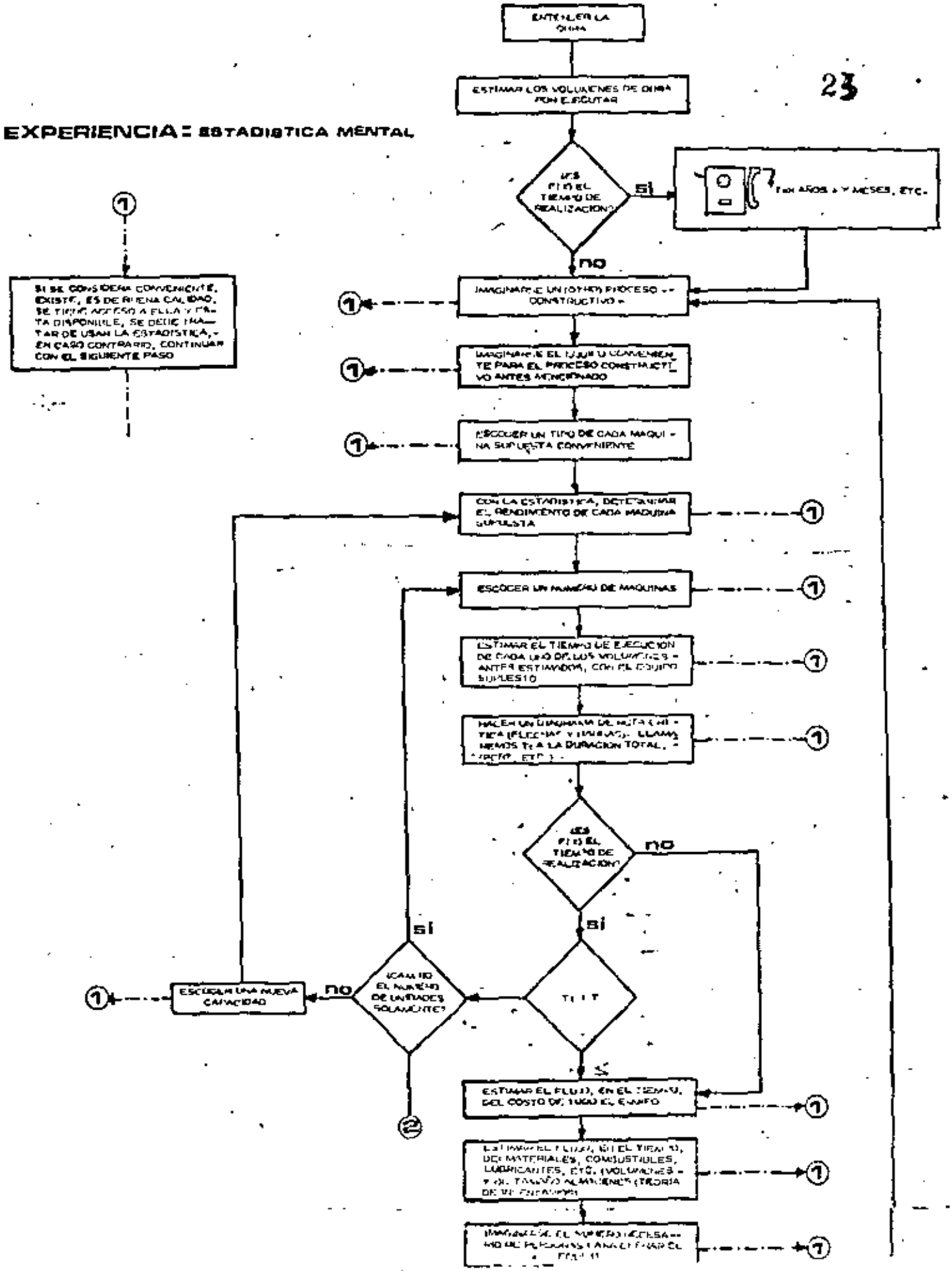
Al definir los procedimientos constructivos lo haremos en esta primera etapa de una manera general, sin un estudio muy profundo.

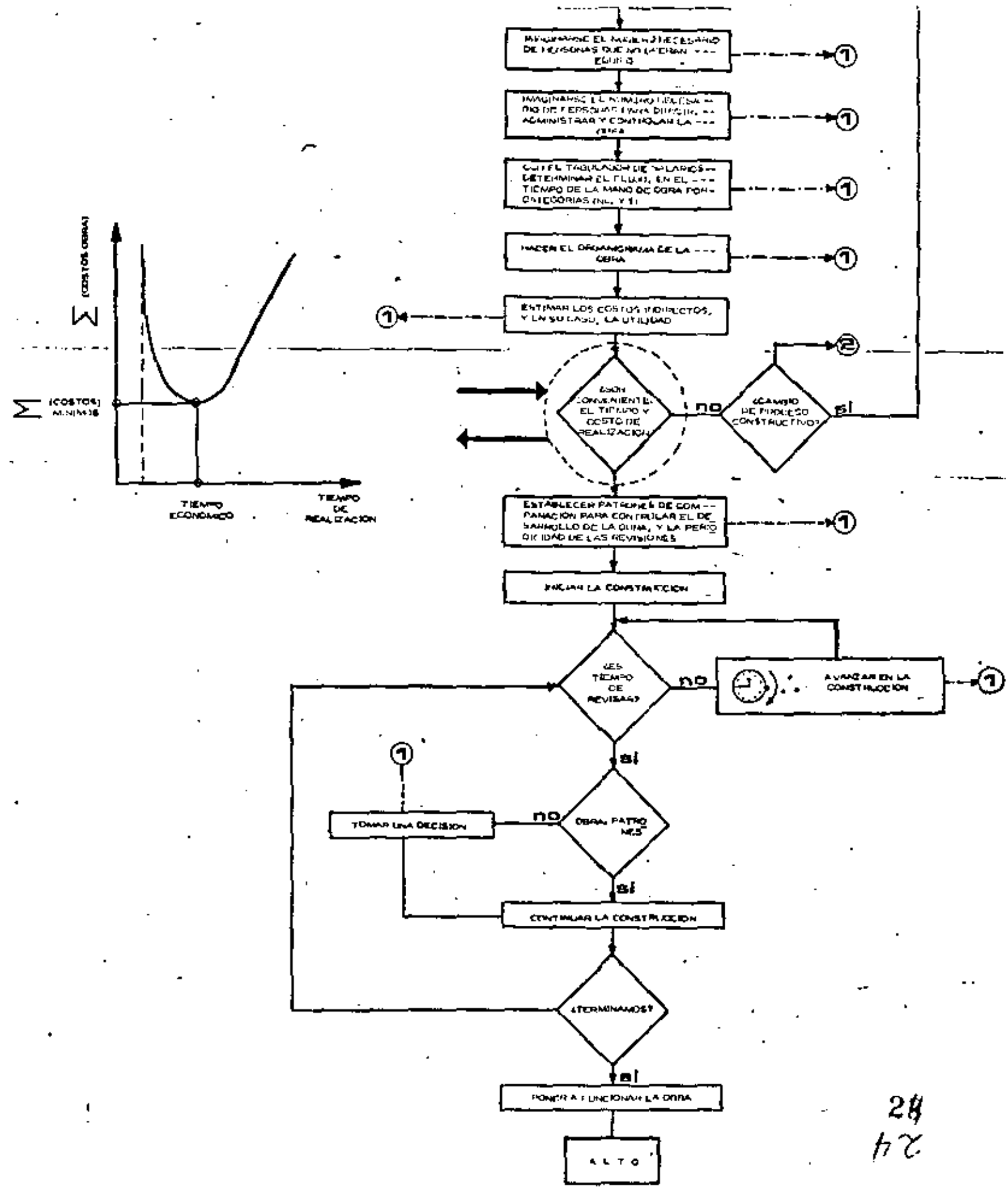
En seguida determinamos tiempos de duración de las actividades y ordenamos las mismas de acuerdo con su posición temporal, es decir colocándolas de tal manera que queden ordenadas respecto al tiempo de su realización.

Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

El orden puede modificarse, y hacer nuestra red de actividades previa a la fijación de tiempo.

EXPERIENCIA: ESTADISTICA MENTAL




IMAGINARSE EL NUMERO NECESARIO DE PERSONAS QUE INTERVENDRAN EN EL EQUIPO
IMAGINARSE EL NUMERO NECESARIO DE PERSONAS PARA DIRIGIR, ADMINISTRAR Y CONTROLAR LA OBRA
CON EL TABULADOR DE SALARIOS DETERMINAR EL FLUJO, EN EL TIEMPO DE LA MANO DE OBRA POR CATEGORIAS (NL, Y I)
HACER EL ORGANIGRAMA DE LA OBRA
ESTIMAR LOS COSTOS INDIRECTOS, Y EN SU CASO, LA UTILIDAD
¿ES CONVENIENTE EL TIEMPO Y COSTO DE REALIZACION?
no
¿CAMBIO DE PROCESO CONSTRUCTIVO?
si
ESTABLECER PATRONES DE COMPARACION PARA CONTROLAR EL DESARROLLO DE LA OBRA, Y LA PERIODICIDAD DE LAS REVISIONES
INICIAR LA CONSTRUCCION
¿ES TIEMPO DE REVISAR?
no
AVANZAR EN LA CONSTRUCCION
si
TOMAR UNA DECISION
no
OBRA PATRONES
si
CONTINUAR LA CONSTRUCCION
¿TERMINAMOS?
si
PONER A FUNCIONAR LA OBRA
ALTO
Σ (COSTOS OBRA)
Σ (COSTOS) MINIMOS
TIEMPO ECONOMICO
TIEMPO DE REALIZACION

24
42

Una vez revisado el tiempo total de realización del proyecto y -- después de varios intentos quedará fijo el programa general tentativo.

EJEMPLO DE PROGRAMACION DE EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Es usual para la planeación de Excavaciones y Terracerías separar éstos del programa general y planearlos de conjunto.

Por esto es usual seguir las siguientes fases:

a) Marcar Actividades
b) Plantear Programas
c) Programas Zonales
d) Programas Totales
e) Retroalimentación
f) Estudio Económico
g) Definir Procedimientos

Se marcan primero aquellas actividades del programa general -- que tengan que ver con las excavaciones específicamente (fig. # 2).

En seguida y con los datos del programa total se colocan en un — programa generalmente de barras, teniendo cuidado de marcar holgu— ras (fig. # 3).

Estos programas se hacen en las diferentes zonas geográficas de la obra, definiendo volúmenes totales a ejecutar por zona, y pasando-- estos programas de volúmenes por ejecutar a gráficas (fig. # 4).

En seguida se agrupan si se ve conveniente estos programas zo— nales en un programa total.

Después se procura una retroalimentación de estos datos al pro- grama parcial y al general de manera que se modifique el programa de producción a fin de uniformizarlo buscando ahorros en insumos.

Esta uniformización se busca primero usando las holguras. En- la fig. # 5 se ve el resultado de una uniformización utilizando este procedimiento. La fig. # 6 muestra la fráfica de producción correspondiente al programa modificado. Se ve que el máximo de producción se ha disminuido con respecto al de la gráfica 4, a que se hizo referencia -- previa.

Si es necesario para uniformizar la producción se puede revisar el programa general haciendo las correcciones necesarias.

En seguida con las producciones de la zona uniforme hasta donde sea posible se pasa a realizar un estudio económico donde se define -- comparando las diferentes alternativas para realizar el trabajo desde - el punto de vista económico.

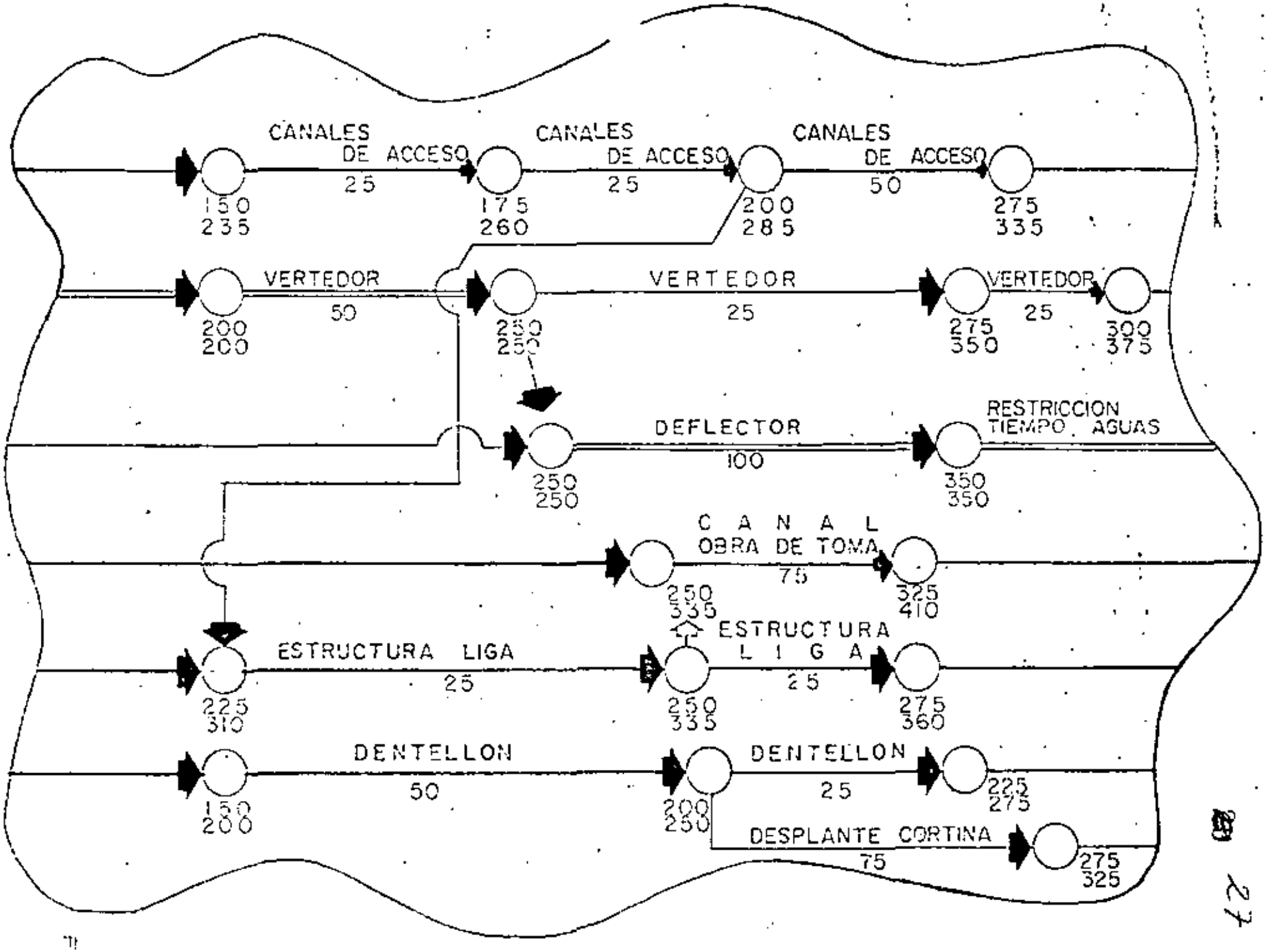
De las alternativas elegidas se derivan los procedimientos de - - construcción detallados que se pasan a especificar y luego a implementar.

IMPLEMENTACION

Al implementar la planración hay que estar concientes de dos factores muy importantes.

El primero es que es indispensable planear también los mecanismos de control que permitan revisar continuamente si lo ejecutado es - igual o sensiblemente igual a lo planeado.

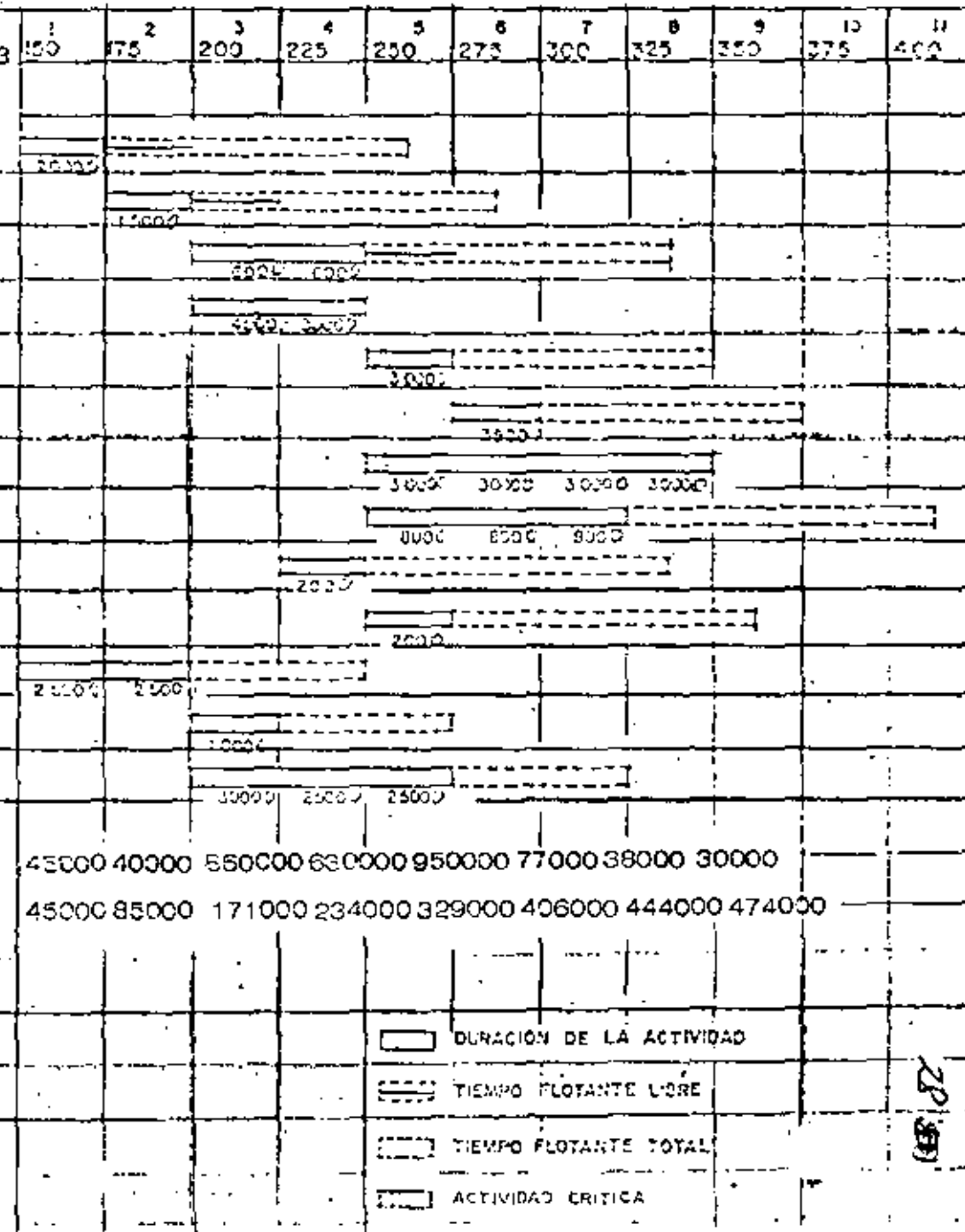
Como consecuencia de variaciones detectadas por el control, se- tiene que modificar la planeación, y de aquí resulta el siguiente factor que consiste en que la planeación es una actividad contínua a lo largo — de la obra.


CANALES DE ACCESO
25
150
235
CANALES DE ACCESO
25
175
260
CANALES DE ACCESO
50
200
285
275
335
VERTEDOR
50
200
200
VERTEDOR
25
250
250
VERTEDOR
25
275
350
300
375
DEFLECTOR
100
250
250
RESTRICCION TIEMPO AGUAS
350
350
CANAL OBRA DE TOMA
75
250
335
325
410
ESTRUCTURA LIGA
25
225
310
ESTRUCTURA LIGA
25
250
335
275
360
DENTELLON
50
150
200
DENTELLON
25
200
250
225
275
DESPLANTE CORTINA
75
275
325

PROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMUN)

Fig. # 3

CONCEPTO	m3
CANALES DE ACCESO	20000
CANALES DE ACCESO	15000
CANALES DE ACCESO	12000
VERTEDOR	70000
VERTEDOR	30000
VERTEDOR	39000
DEFLECTOR	120000
CANAL OBRA TOMA	24000
ESTRUCTURA LIGA	2000
ESTRUCTURA LIGA	2000
DENTELLON	50000
DENTELLON	10000
DESPLANTE CORTINA	80000



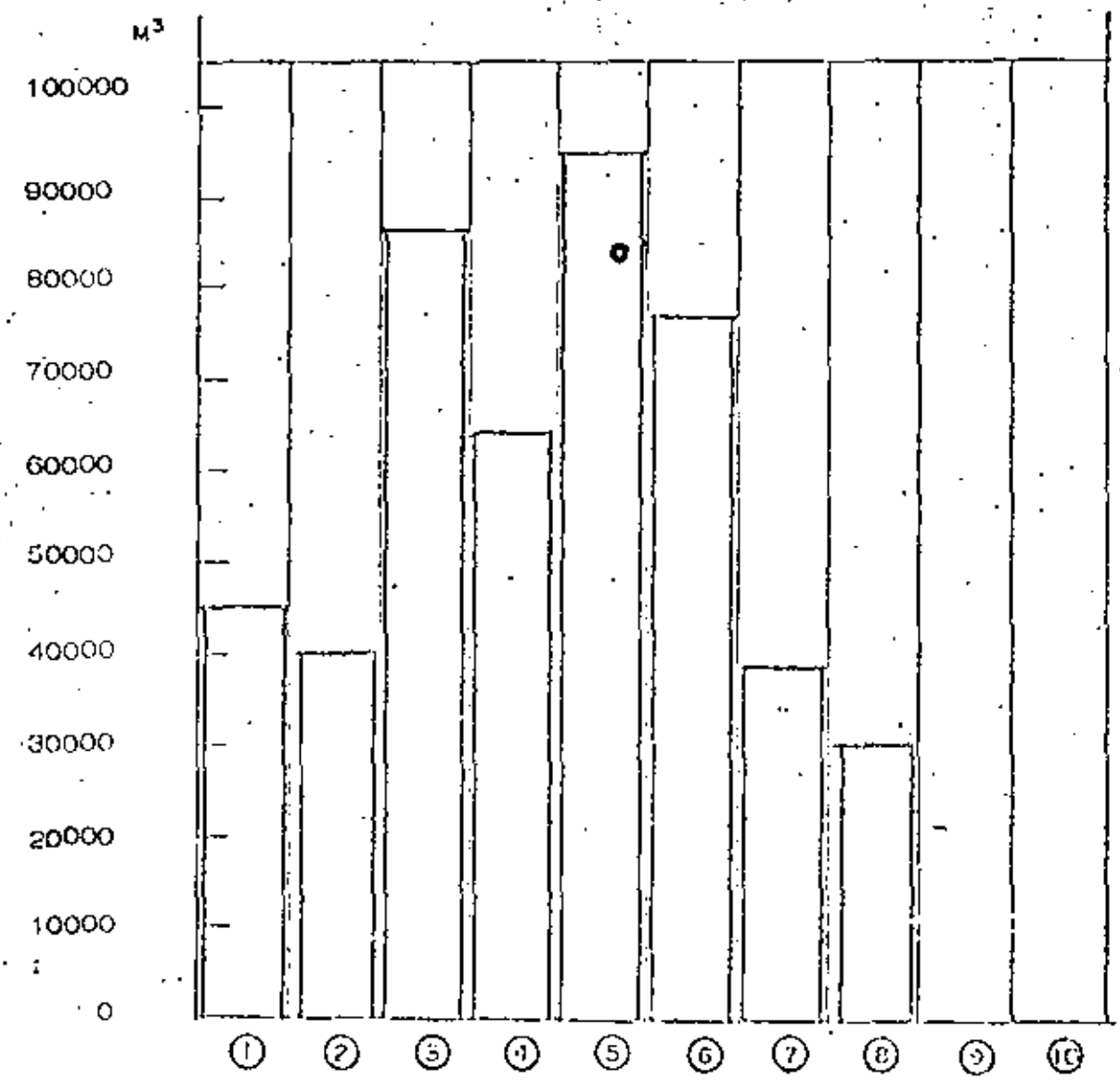

M³
100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Fig. # 4

PROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMUN)

Fig. # 5

CONCEPTO		150 1	175 2	200 3	225 4	250 5	275 6	300 7	325 8	350 9	375 10	400 11
CANALES DE ACCESO	20000		2000									
CANALES DE ACCESO	15000			7500	7500							
CANALES DE ACCESO	12000					6000	6000					
VERTEDOR	70000			40000	30000							
VERTEDOR	30000								30000			
VERTEDOR	39000									39000		
DEFLECTOR	120000					30000	30000	30000	30000			
CANAL OBRA TOMA	24000						8000	6000	4000	4000		
ESTRUCTURA LIGA	2000					2000						
ESTRUCTURA LIGA	2000						1000	1000				
DENTELLON	50000	25000	25000									
DENTELLON	10000				10000							
DESPLANTE CORTINA	80000					30000	25000	25000				
SUMA PARCIAL		25000	45000	47500	47500	68000	70000	64000	64000	43000		
SUMA ACUMULADA		25000	70000	1175000	233000	303000	367000	431000	474000			

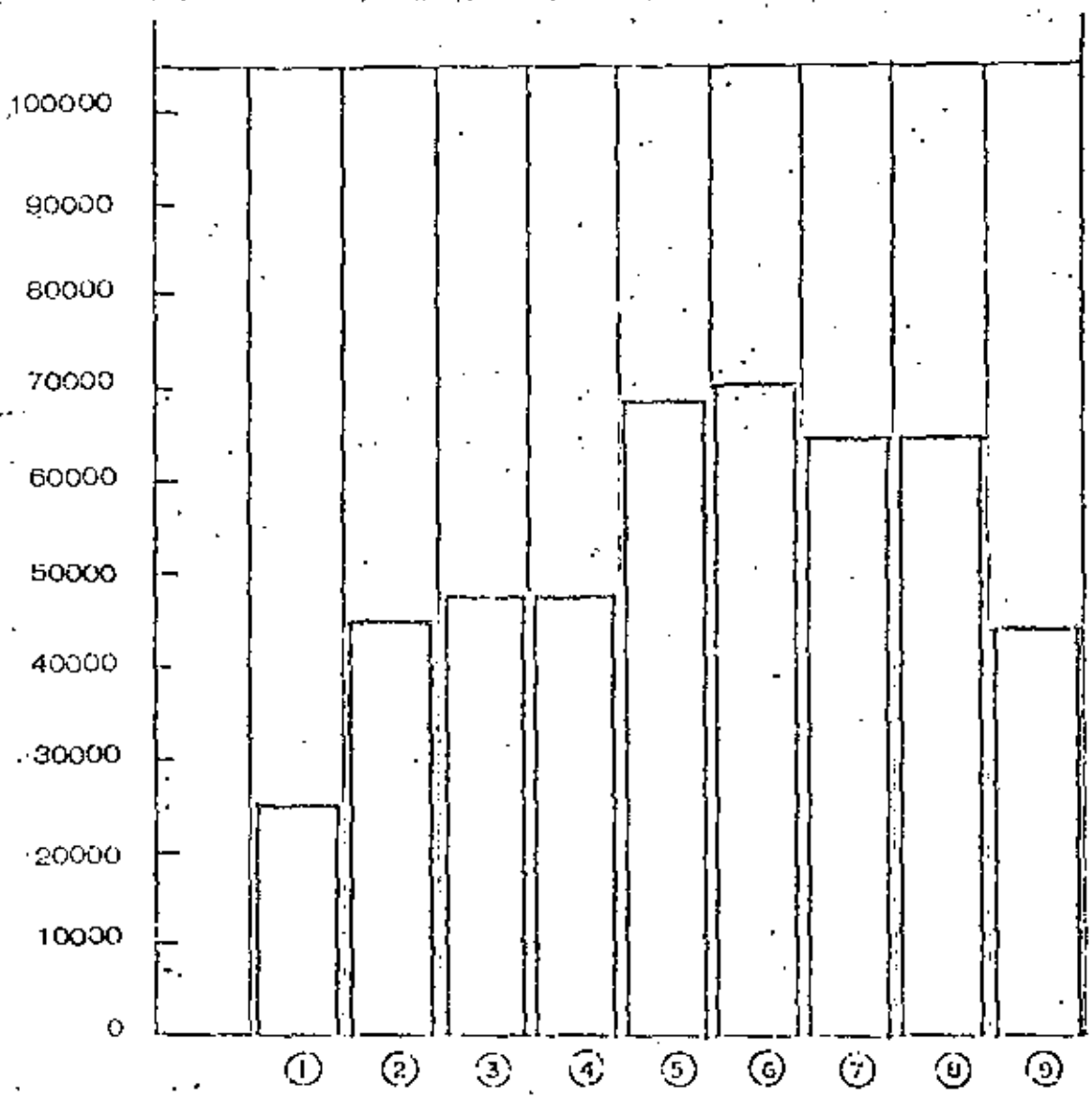

100000
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Fig. # 6

SOLUCION

ESPECIFICACION DE UNA SOLUCION

Una vez elegida la solución en la toma de decisiones inmediatamente se deberá proceder a especificar los atributos físicos y las características de funcionamiento de la misma con tanto detalle como se requiera para que las personas que van a participar en su implementación conozcan hasta el detalle necesario. Principalmente cuando el que planea es una persona diferente del que ejecuta, es preciso elaborar cuidadosamente documentación de tal manera completa, que pueda comunicar a otros la solución.

Normalmente se hace mensión de la necesidad de la solución propuesta, se especifica la solución, mediante dibujos y especificaciones y se justifican sus características y funcionamiento.

Muchas veces se hace necesario acompañar todo esto con un resumen del proceso decisorio, y de los argumentos empleados para seleccionar la vía de acción, de tal manera que si se hace necesario en algún momento revisar la solución esto pueda hacerse fácil y rápidamente.

ACEPTACION DE LA SOLUCION

Se ha demostrado con experimentos que una solución derivada de un análisis cuantitativo normalmente tiene poca aceptación. Es frecuente que las personas a las que se propone se inclinen por aceptar más fácilmente una solución derivada de la experiencia que una que tenga bases cuantitativas, pero que sea deducida.

Para tener mayores probabilidades de éxito en la aceptación de la solución a la persona o personas que se van a dedicar posteriormente a la implementación.

Esto es común hacerlo formando un equipo con la persona que planea y la o las que posteriormente van a encargarse de la implantación del plan. Desafortunadamente esto no es posible a veces o la planeación en Movimiento de Tierras muchas veces se hace antes de iniciar los trabajos; por ejemplo si se concursa para definir el valor probable de los trabajos. Esto hace difícil lograr que se facilite al planeador el que se acepte su plan a priori.

Por otra parte es común que se tenga que cambiar al encargado de los trabajos y que el nuevo encargado no acepte las soluciones contenidas en el plan que se estaba siguiendo.

Es pues muy conveniente que se presente gran atención a la forma en que se va a presentar el plan que contiene las decisiones deducidas analíticamente, pues si el ejecutor no piensa que las decisiones son correctas es bastante probable que la solución sea un fracaso.

Un sistema que se ha seguido con éxito es reunir a todos los encargados de las obras para prepararlos en las técnicas de la decisión. Aprovechar para que entre todos planeen el sistema de información-decisión que servirá para planear las obras, de modo que tengan confianza en el método y crean en él. Sin embargo cualquier sistema tiene sus fallas que tendremos que estar prontos a corregir cualquier problema que se presente en la implementación proveniente de que el encargado "duda" de la solución propuesta.

IMPLANTACION.

Es muy frecuente que al implantar la solución se presenten condiciones no previstas que obliguen a modificar en poco o en mucho la solución especificada. Por otro lado puede también suceder que la realidad no conteste completamente a lo previsto en el análisis. En ambos casos es muy conveniente que en estas modificaciones necesarias intervenga la persona que se encargó de seleccionar la vía de acción más conveniente desde el punto de vista del objetivo.

Esto se obvia organizando reuniones entre los encargados de planeación y los de la implantación del plan, que muchas veces conduce a modificaciones que mejoran inclusive la solución.

CONTROL

Cuando se trata de una cadena de decisiones o el proceso se realiza en tiempos largos es indispensable al planear la solución, planear también las herramientas de control, con objeto de poder supervisar fácilmente si la realidad se comporta de acuerdo con lo previsto.

Posteriormente se ampliará el concepto de control, pero conviene recordar que el control es una herramienta indispensable para lograr resultados satisfactorios.

OPORTUNIDAD DE LAS DECISIONES

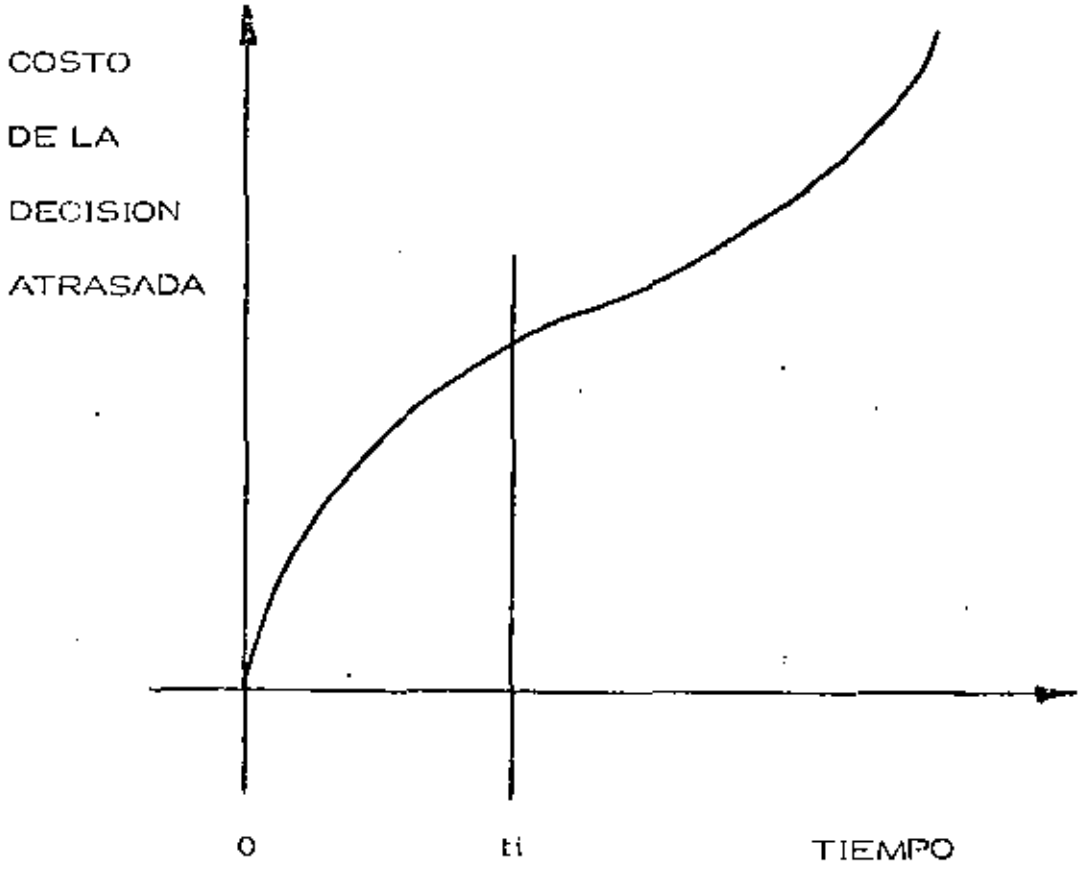
Toda decisión tomada por el ingeniero debe cumplir entre otras

condiciones la de ser adecuada y oportuna.

La segunda de las características mencionadas, la oportunidad en las decisiones, es tan importante como la primera. No basta que la decisión que se toma sea adecuada, es necesario que también sea oportuna para que ejerza la función para la cual se requiere.

Si la decisión es adecuada y oportuna, se logrará el resultado deseado. Si sólo se satisface una de las dos condiciones anteriores, no se obtendrán los resultados apetecidos.

Si se define el costo de la decisión atrasada como la diferencia entre el costo en el tiempo t menos el costo en el tiempo cero, considerando que el tiempo cero es aquel en que se debe tomar la decisión, se puede describir la forma teórica general que el costo de la decisión atrasada tiene, independientemente del tipo de decisión de que se trate, a través de la gráfica siguiente :



Si la decisión se toma en el momento justo (tiempo cero) el costo de la decisión atrasada será cero; a medida que pasa el tiempo el costo de la decisión atrasada aumenta con una cierta rapidez de crecimiento hasta llegar a un tiempo ti después del cual ésta rapidez se incrementa notablemente. Así, para toda decisión se pueden distinguir

dos regiones: la primera de 0 a ti, donde el costo de la decisión atrasada no es muy importante, y de ti en adelante, donde el costo de la decisión atrasada puede resultar tan alto, que puede afectar seriamente la actividad de que se trate, o tal vez el proyecto completo desde el punto de vista económico. Sin embargo, aunque se conoce la forma de la curva, es muy difícil definirla cuantitativamente para una decisión cualquiera. Las escalas, como es lógico suponer, son diferentes para cada caso; tanto en lo que se refiere a los costos como a los tiempos.

El costo de la decisión atrasada es tanto más difícil de cuantificar cuanto más complejo sea el sistema en el cual se hace la decisión, ya que un atraso en una decisión no suele afectar exclusivamente a una actividad, sino a un conjunto de actividades directa o indirectamente conectadas a ella.

DECISIONES CORRECTIVAS

A lo largo del tiempo de ejecución del proyecto y mediante los mecanismos de control podemos detectar desviaciones significativas entre lo planeado y lo real. Estas desviaciones deberán corregirse tomando una serie de decisiones que tiendan a colocar el proyecto en su ejecución correcta. Esta serie de decisiones correctivas pueden originar una modificación completa de la planeación o sea una replaneación del proceso. En el caso de estas decisiones es particularmente importante que sean oportunas, pues en caso de dilaciones el costo de la decisión atrasada se eleva muy rápidamente con el tiempo, puesto que el proyecto está en marcha.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

M O T O E S C R E P A S

Ing Julio César Aceves Serrano

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 p piso México 1, D. F. Tel: 521-40 Apdo. Postal M

Motoescrepas.

En las obras de construcción de nuestros días los movimientos de tierra son cada vez más grandes tanto en carreteras, como aeropuertos y presas.

Para efectuar dichos movimientos existen varios tipos de máquinas, siendo las motoescrepas las que mayor demanda han tenido últimamente sobre todo en aquellos tipos de obras, donde se requiere acarrear las terracerías a distancias que oscilan entre 200 a 3000 mts. debido a que compiten en costo con los sistemas tradicionales de cargador y camión o también cargador - vagoneta, independientemente de otras ventajas de carácter técnico tales como la colocación del material en capas a espesores controlables que permiten un mejor control en la calidad de la construcción de terraplenes, un mejor control en los acabados en cortes, etc.

Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes.

Una caja metálica reforzada soportada por un eje con 2 ruedas neumáticas en la parte trasera, una compuerta curva que puede subir o bajar mediante un mecanismo de cables, eléctrico o hidráulico, una cuchilla de material resistente en la parte inferior de la caja que sirve para cortar el material, una placa metálica móvil en la parte interior, la cual al desplazarse hacia adelante permite desalojar el material contenido en la caja.

Todo este conjunto es halado mediante un tractor de ruedas neumáticas que puede ser de uno o dos ejes. Los controles de operación se encuentran en dicho tractor. En las siguientes transparencias (2, 3 y 4) podemos ver en forma esquemática el proceso de carga acarreo y descarga.

En la 1a. se observa como baja la caja presentando la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30 cms. en motoescrepas de 11 a 20 m^3 y del orden de 50 cms. en la de mayor tamaño. De acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla será la longitud de corte para el llenado total de la caja. Una vez llena la caja se levanta, se cierra la compuerta delantera y se ejecuta el acarreo.

Llegada al sitio de descarga la operación consiste en bajar la caja, levantar la compuerta delantera y expulsar el material mediante la acción de la placa trasera hacia adelante. Esta actividad se realiza en movimiento y se irá extendiendo el material en una longitud y con un espesor de acuerdo con la abertura de descarga.

Existen y han existido una gran variedad de tipos de esta máquina desde la escrepa de mano, escrepa de arrastre, escrepa de tambor giratorio, etc. hasta llegar a la motoescrepa, las cuales a su vez han tenido una gran evolución debido a los avances en la tecnología.

Los principales adelantos han sido aplicados en los sistemas de operación, desde el sistema por cables, sistema eléctrico, hasta el sistema hidráulico el cual predomina en la actualidad. Las desventajas más importantes que se presentaban en las 2 primeras eran básicamente.

En el de cables el complicado y lento sistema de operación, así como su alto costo de mantenimiento.

En el eléctrico el polvo, que originaba grandes fallas en los motores y generadores a pesar de todas las protecciones y aditamentos que les fueran adaptados, independientemente también de lo complicado del sistema de manejo.

En el sistema hidráulico se superarón las desventajas iniciales que se tuvieron y que eran básicamente las fugas del líquido por roturas de mangueras y en las conexiones. Al mismo tiempo se obtuvo una gran ventaja que consiste en aprovechar la presión hidráulica en la penetración de la cuchilla en el terreno para la ejecución del corte.

Otra evolución que han tenido las motoescrepas es en relación con el tamaño de las mismas. Podemos ver motoescrepas desde 8 m^3 de capacidad hasta 50 m^3.

En la transparencia siguiente podemos observar la motoescrepa L-90 Le Tourneau, constituída por un conjunto de 32 mts. de longitud, 3.60 mts. de ancho y una altura al tope de la cabina de 4.20 mts. Todas sus funciones son operadas eléctricamente por medio de 3 motores diesel de 475 H.P. c/u acoplados a 3 generadores de corriente contínua conectados a 12 motores para las ruedas y mecanismos. Esta motoescrepa carga en 40 segundos sin empujador 50 m^3 de material 4 500 m^3/hora.

...//

En esta otra transparencia vemos motoescrepa La Terex TS-32 de 43 - yd^3 colmada (33 m^3) operada con sistema hidráulico.

La influencia que tiene el tamaño de la motoescrepa en el costo la - podemos ver en la siguiente curva que aunque es para determinadas condi - ciones específicas de operación, longitud de acarreo, tipo de camino, etc. se puede decir que es representativa.

En la gráfica vemos como aumenta el costo a medida que disminuye el tamaño de la motoescrepa tomando como 100% de costo la de 54 yd^3 hasta - llegar a la de 18 yd^3 con un incremento de un 20%.

En el caso particular de México por las características de las obras sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo - las motoescrepas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos las - de 24 yd^3.

Una de las clasificaciones más actualizadas de los diferentes tipos de motoescrepas y capacidades la tiene la Caterpillar la cual consiste básicamente de 4 grupos con 16 modelos todos operados por medio de siste -- mas hidráulicos.

MAQUINA	TIPO	CAPACIDAD	NO. DE MODELO
Motoescrepa	Estandard	8-31 m^3	6
Motoescrepa	De potencia en Tandem	11-32 m^3	4
Motoescrepa	De tiro y empuje (Push-Pull)	11-49 m^3	3
Motoescrepa	De autocarga (con mecanismo elevador)	11-31 m^3	3

Todos estos modelos estan diseñados para mover todo tipo de materiales con excepción de roca. Para el caso de que quiera usarse para roca - existe una caja reforzada especialmente y es usada en las motoescrepas estandard ó de potencia en Tandem. La roca deberá ser muy bien tronada o - también para materiales no muy duros que requieran ser arados.

Las Motoescrepas Estandard tienen un solo motor en el tractor que puede ser de uno o 2 ejes con ruedas neumáticas; para ser cargados requieren de la ayuda de un tractor de orugas que se utiliza como empujador.

Estas unidades se utilizan tanto en distancias intermedias o largas con bajas pendientes y caminos de acarreos en buenas condiciones. Trabajan generalmente en grupo de 2, 3 ó 4 unidades en combinación con el tractor empujador de acuerdo con las necesidades de la obra.

Las Motoescrepas de 2 Motores se utilizan al igual que las motoescrepas estandard en distancias intermedias o largas pero debido a su mayor potencia se adaptan para fuertes pendientes y disminuyen el tiempo de la carga siendo recomendable de todos modos el uso del tractor empujador. Sinembargo en materiales suaves se pueden cargar solas.

Las Motoescrepas de tiro y empuje (Push-Pull) Este nuevo concepto ha agregado versatilidad a las escrepas de 2 motores, abarcando la extensión de su aplicación a los demás tipos de motoescrepas. Sus ventajas se apoyan principalmente en lo siguiente:

Se elimina el tractor empujador.
Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de escrepas convencionales y el empujador.
No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.
Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que esperar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como en las convencionales.
Es un equipo balanceado con menor inversión.
El costo por el arreglo consistente en un refuerzo especial en los bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche representa tan solo de un 6 a un 7% de la inversión de una motoescrapa de 2 motores.

Las Motoescrepas Autocargables

Con mecanismo elevador.- Funcionan mediante un sistema de paletas elevadoras las cuales van cargando el material dentro de la caja. Este tipo de máquinas no requieren del tractor empujador, se usan para materiales suaves. Son muy útiles para excavar en arenas donde el material-

es difícil de cargarse con los demás tipos de motoescrepas su utilización - está limitada para acarreos cortos y con pendientes muy suaves.

A continuación veremos una película de 8 mm. con duración de 8 minutos aproximadamente en donde podremos observar las operaciones con algunos tipos de Motoescrepas.

Nos queda ahora responder a las siguientes preguntas dado un trabajo determinado: que tipo y que tamaño de Motoescrepa debemos seleccionar?. Suponiendo que se trata por supuesto de un trabajo para Motoescrepas, lo mínimo que debemos conocer es:

1.- La evaluación de la Obra
2.- Los costos de las máquinas
3.- Los rendimientos y características más importantes de las máquinas (Dimensiones, peso, avances técnicos en sus componentes, etc.)

1.- Entendemos en este caso por evaluación de la obra las cantidades de volúmenes a mover, las distancias a que hay que mover dichos volúmenes, el tipo de material (arena, limo, arcilla, tepetate, roca etc.), su configuración topográfica y todos aquellos datos de la observación directa que permitan escoger la estrategia más conveniente para la realización del trabajo partiendo de la base de ejecutarlo con el mínimo esfuerzo.

2.- Los costos de las máquinas que generalmente se refieren a la unidad horaria y que dependen de muchos factores.(vida económica la máquina que depende a su vez del criterio de cada empresario, del lugar donde se utilice, sobre el nivel del mar o en zonas altas, en zonas desertícas o lluviosas, etc.) pero que basicamente se integran en tres conceptos:

1.- <u>Cargos Fijos</u>

a).- Depreciación anual
b).- Intereses seguros impuestos
c).- Reparaciones mayores y menores
d).- Talleres
e).- Almacenaje

...#

II.- Cargos por consumos

a).- Combustibles

b).- Lubricantes

c).- Llantas

d).- Eléctricos

e).- Otros

III.- Cargos por Operación

a).- Salarios de Operadores, Ayudantes, etc. La suma de los 3 cargos nos dará el costo por hora de operación de la máquina.

Los rendimientos son los volúmenes movidos durante la unidad horaria y que pueden ser obtenidos mediante:

1).- Observación directa

2).- Por medio de reglas y fórmulas

3).- Por medio de datos del Fabricante

Dado el tema a tratar nos concretaremos a estudiar el aspecto de selección de Motoescrepas analizando los rendimientos y suponiendo sin analizar una determinada obra y los costos de las máquinas.

A continuación presentamos ejemplo de datos de rendimientos obtenidos por observación directa (promedio de 3 observaciones tomadas con cronómetro) de un conjunto de 3 unidades con un empujador en un trabajo de terracerías en material suave y con un acarreo total de 800 mts. en camino sin revestir. Tomando el ciclo de una de las Motoescrepas como observación.

Tiempo medio de espera	0.28	minutos
Tiempo medio de demora	0.25	"
Tiempo medio de carga	0.65	"
Tiempo medio de acarreo	4.26	"
Tiempo medio de descarga	0.50	"
Tiempo medio de retorno	2.06	"
T o t a l :	8.00	minutos

07

Peso de la unidad vacía (en báscula) 22 070 kgs.

Peso de la unidad cargada.

Pesada No. 1	42 375 kgs.
Pesada No. 2	40 720 kgs.
Pesada No. 3	40 260 kgs.
	123 355 kgs.
Peso medio	41 120 kgs.

1.- Peso medio de carga 41 120 - 22 070 = 19 050 kgs.

2.- Peso volumétrico del material 1 890 kg/m^3 en banco.

3.- Carga = $\frac{19\ 050 \text{ kgs.}}{1\ 890 \text{ kg/m}^3}$ = 10 m^3 en banco

4.- Ciclo = $\frac{60 \text{ minutos}}{8.00 \text{ min.}}$ = 7.5 viajes/hora

5.- Producción Media = 7.5 x 10 = 75 m^3/hora en banco.

Este sistema es muy útil cuando ya se tienen las máquinas; por medio de [illegible] observaciones se corrigen las fallas y se llega a obtener el máximo de eficiencia en los trabajos.

Por medio de Reglas y Fórmulas:

En general el ciclo de una motoescrepa esta formado por los tiempos durante los cuales la máquina carga, acarrea, descarga y regresa al lugar de carga.

a) La carga.- se realizará en el tiempo necesario cuando ayudada o no por el tractor empujador force el material con la cuchilla de la motoescrepa hacia adentro de la caja y quede completamente llena.

b) La descarga.- comprende el tiempo que necesita la máquina para que una vez en el lugar de depósito con la tapa semilevantada, la caja ligeramente inclinada y en movimiento tire todo el material en capas del espesor necesario.

c) Las maniobras.- Son los tiempos que requiere la máquina en las vueltas que ejecute a la entrada de la carga y a la salida de la descarga.

d) Las aceleraciones.- Son los tiempos que se requieren para ejecutar el cambio de velocidad de la caja de transmisión directa. En la actualidad las máquinas con cambios automáticos y de potencia permiten disminuir bastante estos tiempos.

e) El acarreo.- Es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga al inicio en el sitio de descarga.

f) El regreso o retorno.- Es el tiempo que requiere la máquina vacía de la salida del sitio de descarga al inicio en el sitio de carga.

Los tiempos anteriores han sido agrupados en 2 tiempos básicos: Tiempos fijos y Tiempos variables. En la transparencia siguiente tenemos su división y sus dependencias.

TIEMPOS FIJOS
- CARGA
  - Tipo de material
  - Maniobras
  - Aceleración
  - Tractor empujador
- DESCARGA
  - Tipo de material
  - Maniobras
  - Longitud de descarga
  - Aceleración

Muy bueno	1.0 min
Bueno	1.3 min - 1.6 min
Desfavorable	2.4 min

TIEMPOS VARIABLES — Longitud de Acarreo:

Resistencia Total
- Resistencia al Rodamiento
  1.- Por penetración llanta 15 kgs. por cada Ton. de Máquina por cada 2.5 cms. de penetración.
  2.- Deformación de la llanta -- Fricciones internas de la máquina Fricciones externas por el aire 20 kgs. por cada Ton. de máquina.
- Resistencia por Pendiente.
  10 kg. por cada Ton. de máquina y por cada 1% de pendiente.

Del material que va a ser movido es necesario conocer las siguientes características: PESO VOLUMETRICO, EXPANSION VOLUMETRICA Y COMPRESIBILIDAD.

El peso del material afecta la carga de la Motoescrepa y las velocidades de la misma durante el acarreo, no es lo mismo cargar y transportar escoria por ejemplo a transportar arcilla mojada, a mayor peso se requiere mayor potencia.

La Expansión Volumétrica es muy importante conocerla dado que la mayoría de las formas de pago al contratista es referida al volúmen del material natural en el banco. Cuando el material es movido de su estado natural su volúmen aumenta; por ejemplo un m^3 de arcilla en estado natural es igual a 1.4 m^3 en estado suelto. Si se transporta arcilla en una motoescrepa de 20 m^3 de capacidad colmada realmente estamos transportando $\frac{20}{1.4} = 14.3$ m^3 de material en banco el cual es el que se multiplicará por el precio de paga y no los 20 m^3 abundados.

Para obtener los Pesos Volumétricos así como para los coeficientes de expansión volumétrica, que es la relación de volúmen abundado a volúmen en banco, existen tablas para los distintos tipos de materiales predominantes.

La compresibilidad es el estado del material después de aumentar artificialmente su peso volumétrico por medios mecánicos (compactado) mediante la reducción del porcentaje de vacíos al lograr que las partículas encuentren un mayor acomodo. La relación entre el volúmen compactado y el volúmen en banco obtenida de los datos de trabajo nos dará el coeficiente de compresibilidad.

Veamos un ejemplo de aplicación de los conceptos anteriores.

Volúmen a colocar 10,000 m^3 de arcilla coeficiente de abundamiento= 1.4
Coeficiente de compresibilidad = 0.8
Se moverá en motoescrepa de 20 m^3 colmados

Se pide saber:

1.- Volúmen en banco necesario.

2.- Número de viajes.

Volúmen en banco	= $\frac{10,000}{0.8}$	=	12,500 m^3
Capacidad de la motoescrepa			
Referida a banco	= $\frac{20\ m^3}{1.4}$	=	14.3 m^3
Número de viajes	= $\frac{12\ 500}{14.3}$	=	869

Las maniobras y aceleraciones dependen básicamente de la habilidad del operador.

El objetivo que estamos persiguiendo es el de realizar un trabajo a la mayor velocidad posible para obtener el máximo de volúmen movido en el tiempo mínimo posible y por supuesto al menor costo factible.

Para lograr esto necesitamos conocer la potencia necesaria de la máquina para realizar el trabajo. Las potencias disponibles de las máquinas existentes en el mercado y por último la potencia utilizable que es la potencia disponible limitada por las condiciones del trabajo.

Los factores que debemos considerar son:

Resistencia al Rodamiento que es una medida de la fuerza requerida para empujar o halar y hacer rodar las ruedas en el suelo. Depende de las condiciones del terreno y del peso de la máquina vacía o cargada. Mientras más se hundan las ruedas en el terreno mayor es la resistencia.

La experiencia da como dato.- 15 kgs. por cada tonelada de carga y por cada 2.5 cms. de penetración. Se puede considerar aproximada para caminos:

Sin revestir	-	7.5 cm. de penetración
Revestidos	-	5.0 cm. de penetración
Pavimentados	-	2.5 cm. de penetración

Otros factores que intervienen son: la deformación de la llanta, el ancho de la misma, el dibujo, la velocidad (a mayor velocidad mayor resistencia del aire), las fricciones internas de las componentes de la máquina, etc.

...//

En una máquina que este funcionando normalmente se consideran los factores anteriores constantes e igual a una resistencia de 20 kgs. por cada Tonelada de máquina cargada o descargada según sea el caso.

Del ejemplo de observación.

Una motoescrepa cuyo peso total es 41 120 kgs. en un camino revestido de penetración de llanta de 7.5 cms. la Resistencia al Rodamiento será:

15 kgs/Ton	x	3 + 20 kgs/Ton	=	65 kg/Ton.
65 kgs/Ton	x	41.120 Tons.	=	2 673 kgs.

Resistencia por Pendiente: Esta resistencia es causada por la fuerza de gravedad, puede ser a favor o en contra, dependiendo del sentido de movimiento de la máquina, se calcula aproximadamente tomando un valor de 10 kg. por tonelada por cada 1 % de inclinación.

Ya tenemos la Resistencia al Rodamiento y la Resistencia por pendiente.

La Resistencia Total = R. R. + R. P.

La Resistencia total nos marca la fuerza de tracción necesaria para mover la máquina.

Esta fuerza de tracción la debemos comparar con la fuerza de Tracción disponible de la máquina, la cual esta intimamente ligada con las diferentes velocidades que desarrolla por medio del sistema de transmisión que tenga. Así tendremos que una máquina desarrolla una gran fuerza de tracción a baja velocidad y poca fuerza de tracción a altas velocidades.

...#

Como ejemplo tenemos:

La Resistencia total de una motoecrepa es de 3 200 kgs. o(fuerza de tracción necesaria), la cual comparamos con las diferentes fuerzas de Tracción -Velocidad de la siguiente tabla:

Transmisión	Velocidad Km/h	Fza. de Tracción disponible. Tons.
1a.	3.7	10.230
2a.	7.3	5.335
3a.	11.6	3.310
4a.	18.8	2.055
5a.	30.3	1.275

La Motoescrepa debe ser operada en 3a. velocidad con una fuerza de tracción 3 310 kgs. y una velocidad de 11.6 km/hora. Podríamos operarla en 1a. ó 2a. pero lo único que conseguiríamos es desperdiciar potencia y en consecuencia ir a menos velocidad. No podemos usar la 4a. ó 5a. porque la máquina no se movería.

La Potencia disponible no siempre es la potencia utilizable, está limitada por dos factores.

Coeficiente de Tracción.- que es la relación que existe entre la fuerza de tracción de las ruedas motrices y la fuerza que puede desarrollar contra el terreno. Es decir si una máquina trabaja en una superficie resbalosa es muy probable que la fuerza que desarrolla con el terreno sea inferior a la fuerza de tracción disponible y entonces las llantas patinarán. Se tienen tablas donde se dan los datos de coeficiente de tracción para diferentes terrenos; por ejemplo en tierra firme el coeficiente de tracción es de 0.50 y en tierra suelta es de 0.40; la fuerza de tracción utilizable se obtiene multiplicando el coeficiente de tracción por el peso sobre la ruedas motrices.

...0

Ejemplo:

Que fuerza de tracción utilizable en las ruedas puede ejercer una Motocrepa cuyo peso en las ruedas propulsadas es de 23 600 kgs.

En tierra firme:

0.50 x 23 600 = 11 800 kgs.

En tierra suelta:

0.40 x 23 600 = 9 440 kgs.

El coeficiente de tracción depende del peso sobre las ruedas motrices y de las condiciones del suelo. Siempre podrá corregirse esto mejorando el terreno donde opere la máquina.

Altitud: La altitud es otra limitación a la potencia disponible de la máquina. A medida que aumenta la altura sobre el nivel del mar la eficiencia de los motores disminuye. En la actualidad algunas máquinas con motor turbo alimentado solo pierden potencia a partir de los 3000 m. sobre el nivel del mar. La mayoría de las máquinas se diseñan para funcionar hasta 1 500 m. sin pérdida de potencia y se considera un porcentaje del 1% de pérdida de potencia para cada 100 m. de altitud después de los 1 500 m. Cada fabricante proporciona tablas para corregir la potencia disponible por altitud.

En resúmen estas son las secuencias para calcular la velocidad de trabajo de una máquina.

SECUENCIAS PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DE TRABAJO DE UNA MAQUINA

1o.- Determínese la Fuerza de tracción necesaria que es la suma de la Resistencia al Rodamiento más la Resistencia por Pendiente.

2o.- Compárese la Fuerza de Tracción necesaria con la Fuerza de Tracción Velocidad disponible de las especificaciones de la máquina.

3o.- De la comparación anterior selecciónese la más alta velocidad que sea aconsejable usar.

4o.- En caso necesario considérese la tracción que ofrece el terreno y determínese la Fuerza de Tracción Utilizable - Velocidad.

5o.- Si el trabajo se lleva a cabo a una altitud mayor de 1 500 mts. calcúlese la pérdida de potencia y revísese la nueva velocidad más aconsejable.

Una vez conocida la velocidad adecuada para la máquina en los diferentes tramos del camino de acarreo, estamos en posibilidad de calcular la velocidad media. Los fabricantes aconsejan que se multiplique la velocidad máxima por 0.65, suponiendo que la máquina parte del reposo. Si se supone que parte de una velocidad inicial el factor se modificará.

En general a lo largo de un camino podemos suponer que se presentan diferentes pendientes, diferentes resistencias al rodamiento y que no son factibles o convenientes de modificarse, en este caso las relaciones de transmisión de la máquina en movimiento, serán variables, es decir se requieran varios cambios de Transmisión. Para calcular la velocidad media se acostumbra en estos casos dividir el camino en los diferentes tramos y hacer el análisis de cada uno de ellos, calculando su velocidad media.

Una vez conocida la velocidad media y la longitud de recorrido estamos en posibilidad de calcular el tiempo o los tiempos en los diferentes tramos con solo dividir dicha longitud entre la velocidad media.

La suma de los tiempos de ida y vuelta más los tiempos fijos nos dará el Tiempo Total del Ciclo de Operación de la máquina.

Con este tiempo podemos calcular la producción horaria de la máquina y el costo por m^3 de material movido en Banco.

...#

Ejemplo para ver el proceso de cálculo:

Problema:

La Empresa "A" tiene que ejecutar un trabajo consistente en mover - 800 000 m^3 para la construcción de una pista de aterrizaje, cuenta la Empresa con el siguiente Equipo.

6 Motoescrepas. Caterpillar 621 de 15 m^3 de capacidad colmada.
2 Tractores D-8H con empujador amortiguado.

Se supone que no se ejecutará la compactación del material, unicamente la - extracción, carga, acarreo, transporte y colocación en capas del mismo.

Los Datos son:

Material	-	limo arenoso seco
Peso Volumétrico	-	1 600 kg/m^3
Altitud S.N.M.	-	2 000 m.
Longitud de acarreo	-	1 300 mts. de los cuales:
1 000 mts.	-	Tienen 4% de pendiente Adversa.
y 300 mts. tienen	-	2% Favorables
Coeficiente de abundamiento	=	1.25 o su recíproco 0.8
Peso de la máquina vacía	=	23. 6 Tons.
Peso de la máquina cargada del equipo	=	23.6 Tons. + 1 600x0.8x15 m^3 = 43

Costos horarios: según la Empresa

Tractor	-	$ 280/hora
Motoescrepa	-	$ 320/hora

La Empresa desea saber el costo por m^3 en banco más barato con los siguientes tipos de camino de acarreo.

a) Sin revestir
b) Revestido
c) Pavimentado.

I.- Suposición de los tiempos fijos:

Dada la experiencia que tiene la Empresa de acuerdo con su equipo, toma como tiempos fijos (carga y descarga) = 1.3 minutos.

II.- Cálculo de los tiempos variables:

A).- Resistencia al Rodamiento - 15 kg/por cada Ton. de máquina por cada 2.5 cm. de penetración.

7.5 cm. en camino sin revestir	=	45 kg/ton. M.
5.0 cm. en camino revestido	=	30 kg/ton. M.
2.5 cm. en camino pavimentado	=	15 kg/ton. M.

A estas cantidades habrá que sumarle 20 kg/ton. M. por deformación de llanta, fricciones internas, etc.

B).- Resistencia por Pendiente: 10 kg/Ton. M. por cada 1 %.

Sección de 1000 m. de ida	=	4% x 10	=	40 kg/T.M.
Sección de 300 m. de ida	=	2% x 10	=	20 kg/T.M.
Sección de 1000 m. de regreso	=	4% x 10	=	40 kg/T.M.
Sección de 300 m. de regreso	=	2% x 10	=	20 kg/T.M.

R E S U M I E N D O

DE IDA (CARGADA)

ipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		1000 m.	300 m.	1000 m.	300 m.
in revestir	65	40	-20	105	45
evestido	50	40	-20	90	30
avimentado	35	40	-20	75	15

...f

DE REGRESO (VACIA)

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M. 300 m.	R. por P. kg/T.M. 1000 m.	R. Total kg/T.M. 300 m.	R. Total kg/T.M. 1000 m.
Sin revestir	65	20	-40	85	25
Revestido	50	20	-40	70	10
Pavimentado	35	20	-40	55	-15

Cálculo de la R. Total o Rimpull de la máquina.

Resistencia Total x Peso de la máquina cargada.

Resistencia total x Peso de la máquina vacía.

También la Resistencia Total puede hacerse equivalente a la pendiente de un camino ficticio es decir si tenemos que la resistencia por pendiente es igual a 10 kg. por cada Ton. de Máquina y por cada 1% de pendiente bastará dividir la resistencia total entre 10 para obtener el % de pendiente equivalente. Esto se hace en virtud de que las gráficas de algunos fabricantes las presentan como Rimpull o en % de pendiente o ambos.

PESO MOTOESCREPA CARGADA = 43 TONS. DE IDA

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull Toneladas 1000	R. T. o Rimpull Toneladas 300	R. T. en % Pendiente 1000	R. T. en % Pendiente 300
Sin revestir 105 - 45	4.5	1.9	10.5	4.5
Revestido 90 - 30	3.9	1.3	9.0	3.0
Pavimentado 75 - 15	3.2	0.7	7.5	1.5

...0

T-34

18

PESO MOTOESCREPA VACIA = 23.6 TON. DE REGRESO

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull toneladas		R.T. en % de Pendiente	
	300	1000	300	1000
Sin revestir 85 - 25	2.0	0.6	8.5	2.5
Revestido 70 - 10	1.7	0.2	7.0	1.0
Pavimentado 55 - (-15)	1.3	-0.1	5.5	-1.5

Cuando se obtiene el Rimpull o el % de pendiente negativo quiere decir que la máquina puede acelerarse más allá de su velocidad máxima permisible, sinembargo las máquinas actuales tienen un retardador que impide que esto - suceda, evitando al uso excesivo de los frenos.

Revisemos el coeficiente de Tracción contra el suelo para las condiciones - más desfavorables.

Coeficiente en camino sin revestir = 0.45

Peso de la máquina cargada en las ruedas motrices 63%

0.63 x 43 T x 0.45 = 12 T.

Peso de la máquina vacía en las ruedas motrices 63%

0.63 x 23.6 T. x 0.45 = 6.8 T.

Cubren ampliamente para las resistencias totales de 4.5 Tons. cargada y - 2.0 Tons. vacía.

Corrección por altitud.

La máquina puede trabajar al 100% de potencia a 1 500 m., los 500 mts. res - tantes serán igual a:

$$\frac{500 \times 1\% \text{ por cada 100 mts.}}{100} = 5\%$$

Habrá que multiplicar las Resistencias Totales o Rimpull de los cuadros ante riores por 1.05 .

...//

MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	R. T. TONS. (RIMPULL)		R.T. % DE PENDIENTE	
	1000	300	1000	300
Sin revestir	4.7	2.0	11.0	4.7
Revestido	4.1	1.4	9.5	3.2
Pavimentado	3.3	0.7	8.0	1.6

MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	R. T. TONS. (RIMPULL)		R. T. % DE PENDIENTE	
	300	1000	300	1000
Sin revestir	2.1	0.6	9.0	2.6
Revestido	1.8	0.2	7.5	1.1
Pavimentado	1.4	-0.1	6.0	-1.6

Con los datos anteriores entramos a la gráfica proporcionada por el fabricante.

Se puede entrar con el Rimpull o con el % de pendiente por ejemplo para 4.7 de Rimpull o 11% de pendiente, se procede de la siguiente forma:
En dónde dice Fuerza de Tracción o Rimpull de la escala vertical del lado izquierdo, buscamos 4.7 Tons. seguimos en una línea horizontal hasta interceptar la curva correspondiente a la 4a. velocidad, de este punto bajamos verticalmente y encontramos en la escala horizontal la velocidad de 15 Km/h.

Si procedemos con la pendiente, buscamos del lado derecho en la escala aproximadamente el 11% de pendiente descendemos en una línea paralela a las demás líneas marcadas y dónde cruce con la línea punteada vertical de carga de 21 800 kgs. trazamos una horizontal hacia la izquierda hasta encontrar el mismo punto de cruce con la curva correspondiente a la 4a. velocidad, después procedemos igual que en el caso anterior, bajamos verticalmente y encontramos la misma velocidad de 15 Km./hora.

Procediendo de la misma forma para todos los casos obtenemos los siguientes resultados:

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión	Velocidad para los 300 m.	Transmisión
Sin Revestir	15 Km/h.	4a.	34 km/h.	7a.
Revestido	16 Km/h.	4a.	48 km/h.	8a.
Pavimentado	20 Km/h.	5a.	50 km/h.	8a.

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Transmisión.	Velocidad para los 1000 m.	Transmisión
Sin Revestir	34 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Revestido	37 km/h.	7a.	50 km/h.	8a.
Pavimentado	49 km/h.	8a.	50 km/h.	8a.

...#

Las tablas anteriores son muy importantes ya que físicamente en el camino se pueden marcar en un cuadro, como las señales de velocidad de los caminos, - la velocidad a la que debe transitar la Motoescrepa.

Por ejemplo si se escogiera el tipo de camino pavimentado:

A la salida del corte se marcaría 20 km/h. y a los 1000 mts. otra señal - que indicará 50 km/h en el sentido de ida. Y de regreso, prácticamente desde - la salida del tiro hasta la entrada del corte.50 km/h.

Las velocidades anteriores son las velocidades máximas, debemos multiplicarlas por 0.65 para obtener las velocidades medias que consideran las aceleraciones y desaceleraciones.

VELOCIDADES MEDIAS (CARGADA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 1000 m.	Velocidad para los 300 m.
Sin revestir	10 km/h.	22 km/h.
Revestido	11 km/h.	31 km/h.
Pavimentado	13 km/h.	35 km/h.

VELOCIDADES MEDIAS (VACIA)

Tipo de Camino	Velocidad para los 300 m.	Velocidad para los 1000 m.
Sin revestir	22 km/h.	35 km/h.
Revestido	24 km/h.	35 km/h.
Pavimentado	31 km/h.	35 km/h.

...

Con las velocidades medias y las longitudes podemos calcular los tiempos; bastará dividir la longitud por 60 minutos entre la velocidad en metros - por hora.

$$t = \frac{L \times 60}{V\ (m/h).} = \text{tiempo en minutos}$$

TIEMPOS DE MOTOESCREPA CARGADA

Tipo de Camino	Tiempo en los 1000 m.	Tiempo en los 300 m.	T. Total
Sin revestir	6.0 min.	0.8 min.	6.8 min.
Revestido	5.5 min.	0.6 min.	6.1 min.
Pavimentado	4.6 min.	0.5 min.	5.1 min.

TIEMPOS DE MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	Tiempo en los 300 m.	Tiempo en los 1000 m.	T. Total
Sin revestir	0.8 min.	1.7 min.	2.5 min.
Revestido	0.7 min.	1.7 min.	2.4 min.
Pavimentado	0.6 min.	1.7 min.	2.3 min.

El siguiente paso es obtener el tiempo total del ciclo. (Tiempos fijos más tiempos variables) y la producción horaria en banco.

...//

TIEMPO TOTAL DEL CICLO EN MINUTOS Y
M^3/H. EN BANCO.

Tipo de Camino	Tiempos Fijos	Tiempos variables ida	Tiempos variables regreso	Tiempo Total	Número de viajes por Hora	M^3/H
Sin revestir	1.3	6.8	2.5	10.5	5.7	67
Revestido	1.3	6.1	2.4	9.8	6.1	73
Pavimentado	1.3	5.1	2.3	8.7	6.9	83

COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO = 1.25 ó 0.8 por el P.
CAPACIDAD COLMADA DE LA MOTOESCREPA = 15 m^3
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA EN BANCO = 15 x 0.8 = 12 m^3

Esta producción esta considerada para horas de 60 minutos, es lógico pensar que esto es poco real en virtud de que intervienen factores tales como la experiencia, la habilidad de los operadores, descomposturas, demoras imprevistas, etc., por lo cual la producción al 100% de eficiencia deberá atenderse del factor de eficiencia que considere cada empresa de acuerdo con su experiencia en términos generales un factor de eficiencia del 70% es bastante bueno. Con esto último calcularemos la producción real, el costo por m^3 de material movido en banco. Antes de pasar a realizar este cálculo analizaremos si el equipo de 2 tractores y 6 motoescrepas esta balanceado.

Las maniobras que realiza el empujador considerando que tiene placa amortiguadora hasta para una velocidad de 8 km/h y que no tiene pérdida en el acomodo para el empuje son: Impulso, retorno y maniobras se considera que este tiempo lo realiza entre 1.6 minutos con mucha eficiencia y 2.4 con regular. Tomaremos para este caso 2 minutos, el valor medio.

...

NUMERO DE MOTOESCREPAS

Tipo de Camino	Tiempo del ciclo de la Motoescrepa	Tiempo de ciclo del tractor empujador.	Número de Motoescrepas
Sin revestir	10.6	2.0	6
Revestido	9.8	2.0	5
Pavimentado	8.7	2.0	5

De este cuadro se observa que en el peor de los casos se requiere unicamente 1 tractor empujador y 6 motoescrepas.

T-44

Costo de los conjuntos:

Costo horario del tractor $ 280.00/hora
Costo horario Motoescrepa $ 320.00/hora

Costo conjunto 1 tractor y 6 Motoescrepas.

1 x $ 280.00 = $ 280.00/h.
6 x $ 320.00 = $ 1920.00/h.
Costo Total = $ 2200.00/h.

Costo conjunto 1 tractor y 5 Motoescrepas.

1 x $ 280.00 = $ 280.00/h.
5 x $ 320.00 = $ 1600.00/h.
Costo Total = $ 1880.00/h

...1

Producción real para:

A.- Camino sin revestir

67 m^3/h x 0.7 x 6 máquinas = 281 m^3/h

B.- Camino revestido

73 m^3/h x 0.7 x 5 máquinas = 256 m^3/h

C.- Camino Pavimentado

83 m^3/h x 0.7 x 5 máquinas = 291 m^3/h

Costo por m^3/h movido en banco:

A.- Camino sin revestir

$\frac{\$\ 2\ 200.00}{281\ m^3/h}$ = \$ 7.82

Costo Total = 7.82 x 800,000 m^3 = 6'256,000

B.- Camino revestido

$\frac{\$\ 1\ 880.00}{256\ m^3/h}$ = \$ 7.35

Costo Total = 7.35 x 800,000 m^3 = 5'880,000

C.- Camino Pavimentado

$\frac{\$\ 1\ 880.00}{291\ m^3/h}$ = \$ 6.47

Costo Total = 6.47 x 800,000 m^3 = 5'176,000

Por último:

Obtención de Rendimientos por medio de datos proporcionados por el fabricante:

En el siguiente ejemplo vemos los diferentes rendimientos y costos para un camino con una resistencia determinada. La Caterpillar ha estudiado un gran número de combinaciones con la cual facilita bastante la selección del equipo.

DISTANCIA DE ACARREO EN METROS (MEDIO CICLO)

CAMINO DE 100 kg/T

	75	152	305	610	915	1525
627						
Producción de una sola unidad m^3 en b/hr	343	287	217	146	110	73
Traíllas/Empujador	2	2	3	4	6	6
Costo (¢ m^3 en b*)	14,8	17,7	21,2	29,8	37,4	56,4
621						
Producción de una sola unidad m^3 en b/hr	288	241	183	123	93	62
Traíllas/Empujador	2	2	3	5	6	6
Costo (¢ m^3 en b*)	14,7	17,6	20,7	28,8	35,8	53,7
623						
Producción de una sola unidad m^3 en b/hr	243	204	154	103	78	52
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m^3 en b*)	12,8	15,4	20,3	30,4	40,2	60,2
627						
Producción de una sola unidad m^3 en b/hr	281	239	184	126	96	65
Traíllas/Empujador	-	-	-	-	-	-
Costo (¢ m^3 en b*)	12,9	15,0	19,5	28,5	37,4	55,2
La unidad más económica	623	627 de T y E	627 de T y E	627 de T y E	621	621

*Utilizando los porcentajes de la eficiencia de la flotilla y de la disponibilidad de la traílla.

Conclusiones:

Para cada tipo de trabajo deberá estudiarse la selección adecuada de equipo.

Siempre existirá alguna solución para reducir los tiempos fijos y variables, en el caso de las motoescrepas.

Reducción de Tiempos fijos.-

Realizar la carga con pendiente favorable.
Escoger el empujador más adecuado.
Educación del Operador.
etc.

Reducción de Tiempos variables.-

Camino adecuado (revestido o pavimentado), en caso de acarreos cortos o también en caminos revestidos conservación de los mismos mediante el uso de Motoconformadora, riego de agua y en algunos casos equipo auxiliar de compactación.

Señalamiento de las velocidades a lo largo del camino.

Tratar de localizar el camino sin pendientes ó modificarlo al máximo.

etc.

Existen aditamentos especiales en las Motoescrepas que permiten también obtener una buena reducción en los tiempos tales como: Enganche o empujador amortiguado, Asiento del operador amortiguado que permite una mejor operación de la máquina, transmisión automática, etc.

Recuérdese siempre que tiempo es dinero .

No olvidar respetar el mantenimiento que especifique el fabricante para la máquina .

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

T R A C T O R E S

Ing Jorge Cabezut Boo

Julio, 1981

Palacio de M: ia Calle de Tacuba 5 p: piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. P 1 M-2285

CURSO DE MOVIMIENTOS DE TIERRAS

TRACTORES Y ARADOS

En la industria de la construcción y principalmente en las actividades de excavación podemos considerar que el tractor es una máquina que casi siempre estará presente en este tipo de trabajos por su versatilidad. Para el constructor resulta indispensable conocer bien este equipo para lograr su mejor aprovechamiento al mínimo costo.

Pensemos en cualquier proyecto y observaremos que con frecuencia aparece la silueta tan conocida de un tractor, especialmente el de carriles, equipado con accesorios inseparables como son la hoja o dozer y posiblemente el arado o desgarrador.

La ingeniería moderna exige realización de las obras en plazos mínimos de acuerdo con programas elaborados atendiendo a la técnica y a la economía, pero siempre resultan trabajos en los cuales deben aportarse suficientes recursos y aprovecharlos al máximo, es decir, lograr la mayor eficiencia.

El ingenio del hombre está transformando continuamente la cara de nuestra tierra e inclusive en ocasiones modifica la ecología, todo con la intención de buscar una mejor forma de vida atendiendo a las crecientes y continuas necesidades que debemos satisfacer para nuestra explosiva población.

El constructor atendiendo a un proyecto determinado, planea, programa, organiza, ejecuta, controla, aporta máquinas, materiales, personal y toda la experiencia que se requiere para coordinar esta suma de agregados para lograr un producto,

final que puede ser desde una mínima obra que sirve a un individuo hasta un proyecto que beneficie una zona, región o nación atendiendo necesidades colectivas.

Existen muchas máquinas para realizar trabajo, pero posiblemente ninguna tan conocida como el tractor y resulta que siendo un equipo costoso, en muchas ocasiones los que manejan este equipo delegan en gente irresponsable su operación, casi siempre por desconocimiento o apatía. Una simple analogía sería la de un carro en la cual el dueño lo opera, mantiene y vigila que esté limpio, lubricado y hasta la exageración de que no tenga ruidos. Sabe como usarlo en distintas superficies de rodamiento y pendientes, qué velocidades son convenientes, como hacer el mantenimiento adecuado; de modo que cuando lo reemplaza obtiene casi siempre un buen valor de rescate. Un carro cuesta del orden de $60,000.00 y se usará en promedio unas 150hrs/mes cuando mucho. Un tractor tipo D-8 o similar, que es un elemento de producción y se utiliza más horas al mes, se cotiza actualmente en $1'200,000.00 al contado y si se compra a crédito habrá que sumar gastos de apertura de crédito e intereses. Esto quiere decir que hay una relación de 20 a 1 entre el valor de esas máquinas y cabe reflexionar si la atención durante su vida útil es proporcional.

Cuando se compra una máquina de la categoría de un tractor de inmediato debe estar produciendo pues el capital invertido es de tal magnitud que la inactividad le causa pérdidas al dueño, es peor que tener el dinero guardado en la casa sin beneficio alguno. Al contrario, una máquina o grupo de máquinas adquiridas y manejadas con eficiencia pueden permitir al dueño no solo obtener beneficios que compensen la inversión sino también tener utilidades que aceleren el progreso de la empresa.

El movimiento de tierras se realiza a través de tres actividades principales, como son: excavar, acarrear y colocar los materiales que han sido atacados en su estado natural. Lo que más le interesa al constructor es obtener máxima producción al mínimo costo y esto dependerá de la modalidad de la obra. El tractor equipado con hoja o dozer llamado comunmente bulldozer y con un arado o desgarrador puede realizar esa triple actividad en forma muy efectiva dentro de determinadas condiciones.

DESCRIPCION.-

Existen dos tipos de tractores:

Los de ruedas.

Los de orugas o carriles.

Ambos son muy utilizados en construcción, sin embargo para excavar, el de carriles es más conveniente en terminos generales. Desde luego para seleccionar el tractor que debe usarse es necesario tomar en cuenta el tipo de obra por ejecutar, superficie de rodamiento y pendientes, dureza de los materiales por excavar, distancias de acarreo, dificultades de ataque, cantidades de obra por ejecutar, y otra serie de factores, pero cuando se requieren tractores para excavar podemos atrevernos a decir que el de orguas es el más utilizado.

El tractor de carriles consta principalmente de un motor diesel, apoyado en un chasis, un sistema de transmisión de diseño planetario para enviar la potencia generada por el motor mediante mandos finales al sistema de tránsito.

El motor es de combustión interna, de cuatro tiempos, seis cilindros. La potencia neta en el volante está indicada bajo determinadas características de temperatu

ra, presión barométrica y revoluciones por minuto.

El sistema de tránsito consta de cadenas formados por pernos y eslabones a los cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos conocidos como "roles". En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engrane propulsor que transmite la fuerza tractiva.

En las tablas de las páginas números 5 y 6 se indican las especificaciones de los tractores de carriles marca Caterpillar. En estas tablas tenemos señaladas las potencias de algunas máquinas, sus dimensiones geométricas, su peso y características de los motores.

Los tractores de oruga tienen diversos aditamentos, siendo el principal la hoja empujadora o dozer cuyas funciones pueden ser la de excavar, desmontar y empujar otras máquinas.

El tractor de oruga tiene la gran ventaja de que construye sus propios caminos de acceso para llegar a los sitios de trabajo, puede operar en zonas montañosas y de fuerte pendiente, tiene mejor tracción al tener mayor adherencia con la superficie de apoyo que los tractores de llanta.

TRACTORES DE CARRILES.– ESPECIFICACIONES

Modelo		DD9G	D9G	D8H	D7F	D6C	D6C (A.E.)	D5 60" (trocha)	D5 74"	D5 (A.E.)	D4D	D4D (A.E.)
tencia en el volante, en hp . . .		770	385	270	180	125	125	93		90*	65'	68*
PM indicadas		1330	1330	1280	2000	1900	2000	1750		1900	1680†	2000
so aprox. S-T	lb	176,500	68,000	50,000	31,900	23,500		18,700	19,100	[illegible]	13,700	[illegible]
mbarque	(kg) . . .	(80100)	(30800)	(22700)	(14,500)	(10700)		(8500)	(8700)	[illegible]	(6200)	
so: TD	lb			49,000	31,300	23,000	26,100	18,100	18,500	20,400	13,100	15,100
	(kg) . . .			(22200)	(14200)	(10400)	(11800)	(8200)	(8400)	(9300)	(5900)	(6800)
imensiones Generales:												
Largo total	pies . . .	42'6"	18'0"	17'0"	14'8"	13'0"	13'	12'9"		12'9"	11'1"	11'0"
	(mm) . . .	(13000)	(5500)	(5200)	(4450)	(3950)	(3950)	(3900)		(3900)	(3400)	(3350)
Ancho (zapatas	pies . . .	10'9"	9'11 1/2"	8'11"	8'5"	7'9"	7'10"	6'7½"	7'9½"	7'9½"	6'6"	6'6"
Std.)	(mm) . . .	(3300)	(3050)	(2700)	(2550)	(2360)	(2390)	(2020)	(2370)	(2370)	(1980)	(1980)
Alto (sin escape	pies . . .	9'10¾"	9'2"	8'0"	7'4"	6'11½"	7'2 1/2"	6'5½"		6'10"	5'7½"	6'1"
ni predepurador)	(mm) . . .	(3000)	(2800)	(2440)	(2240)	(2120)	(2200)	(1970)		(2080)	(1710)	(1850)
Entrevía	pulg . . .	90"	90"	84"	78"	74"	74"	60"	74"	74"	60"	60"
	(mm) . . .	(2290)	(2290)	(2130)	(1980)	(1880)	(1880)	(1520)	(1880)	(1880)	(1520)	(1520)
Espacio libre (de la	pulg . . .	14"	23-9/16"	19-7/8"	15¼"	14-5/8"	14 1/2"	14"	13½"	13½"	14"	14"
cara de las zapatas)	(mm) . . .	(355)	(600)	(500)	(385)	(370)	(370)	(355)	(345)	(345)	(355)	(355)
Ancho de zapatas	pulg . . .	24"	24"	22"	20"	18"	20"	16"		18"	13"	16"
	(mm) . . .	(610)	(610)	(560)	(510)	(455)	(510)	(405)		(455)	(330)	(405)
Area de contacto	pulg² . . .		6354	5049	4280	3357	3730	2784		3085	1885	2328
en el suelo	(m²) . . .		(4,10)	(3,26)	(2,76)	(2,17)	(2,41)	(1,80)		(1,99)	(1,22)	(1,50)
Largo de carriles	pulg . . .		132½"	115"	107"	93¼"	93"	87"		85-11/16"	72½"	72¾"
en el suelo	(mm) . . .		(3350)	(2900)	(2700)	(2370)	(2360)	(2210)		(2180)	(1840)	(1850)

*hp en la Barra de Tiro, no en el volante.
S-T = Servo-Transmición
TD = Transmición Directa

†La velocidad indicada del motor del D4D con S-T es de 2000 RPM.
Para la pérdida de hp a causa de la altitud vea la última página de la Sección de Movimiento de Tierra.

Modelo		D09G	D9G	D8H S-T	D8H TD	D7F S-T	D7F TD	D6C S-T	D6C TD	D6C (A.E.)	D5 S-T	D5 TD	D5 (A.E.)	D4D TD	D4D S-T	D4C (A.E
pacidades:																
istemas de enfr.	gal EUA (litros)	80 (302)	40 (151)	31 (117)	31 (117)	12 (45)	12 (45)	10¼ (39)	9¾ (34,5)	10 (38)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	8 (30)	8 (30)	8 (30)
anque de comb.	gal EUA (litros)	400 (1514)	200 (757)	134 (507)	134 (507)	115 (435)	115 (435)	78 (295)	78 (295)	115 (435)	65 (246)	65 (246)	78 (295)	42 (159)	42 (159)	62½ (237
árter del otor diesel	gal EUA (litros)		11¼ (43)	8¾ (33)	8¾ (33)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7 1/4 (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	7¼ (27,5)	5 (18,9)	5 (18,9)	5 (18,9
ompart. transmisión, ivisor de par, corona mbragues de direc.	gal EUA (litros)		31 (117)	31 (117)		31 (117)		21 (79)			12¼ (46)				10x (38)	
ransm., corona, mbrague de direc.	gal EUA (litros)				31* (117)		31* (117)		26* (98)	26* (98)						
ransmisión	gal EUA (litros)											12¼* (46)	12¼* (46)	6 (22,7)	4 (15,1)	6 (22,7)
mbrague rincipal	gal EUA (litros)										(entrevía) 74"	(entrevía) 60"		2¼ (8,5)		2¼ (8,5)
ada mando final	gal EUA (litros)		11¼ (43)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	5 (19)	5 (19)	5 (19)	3 (11)	2-3/8 (9)	3 (11)	2⅜ (9)	2⅜ (9)	2⅜ (9)
ada caja del esorte tensor	gal EUA (litros)		7 (26)	5 (19)	5 (19)											

ncluye también el Embrague Principal †Compart. de la Corona. xCompart. de la Transm. y del Convertidor de par

) = Transmisión Directa
T = Servo-Transmisión

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen tractores de carriles como son: Caterpillar, Komatsu, Terex, Allis Chalmers, International, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de los constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una marca sean la oportunidad, la existencia, facilidades de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca el vendedor.

Algunos modelos de tractores se señalan a continuación:

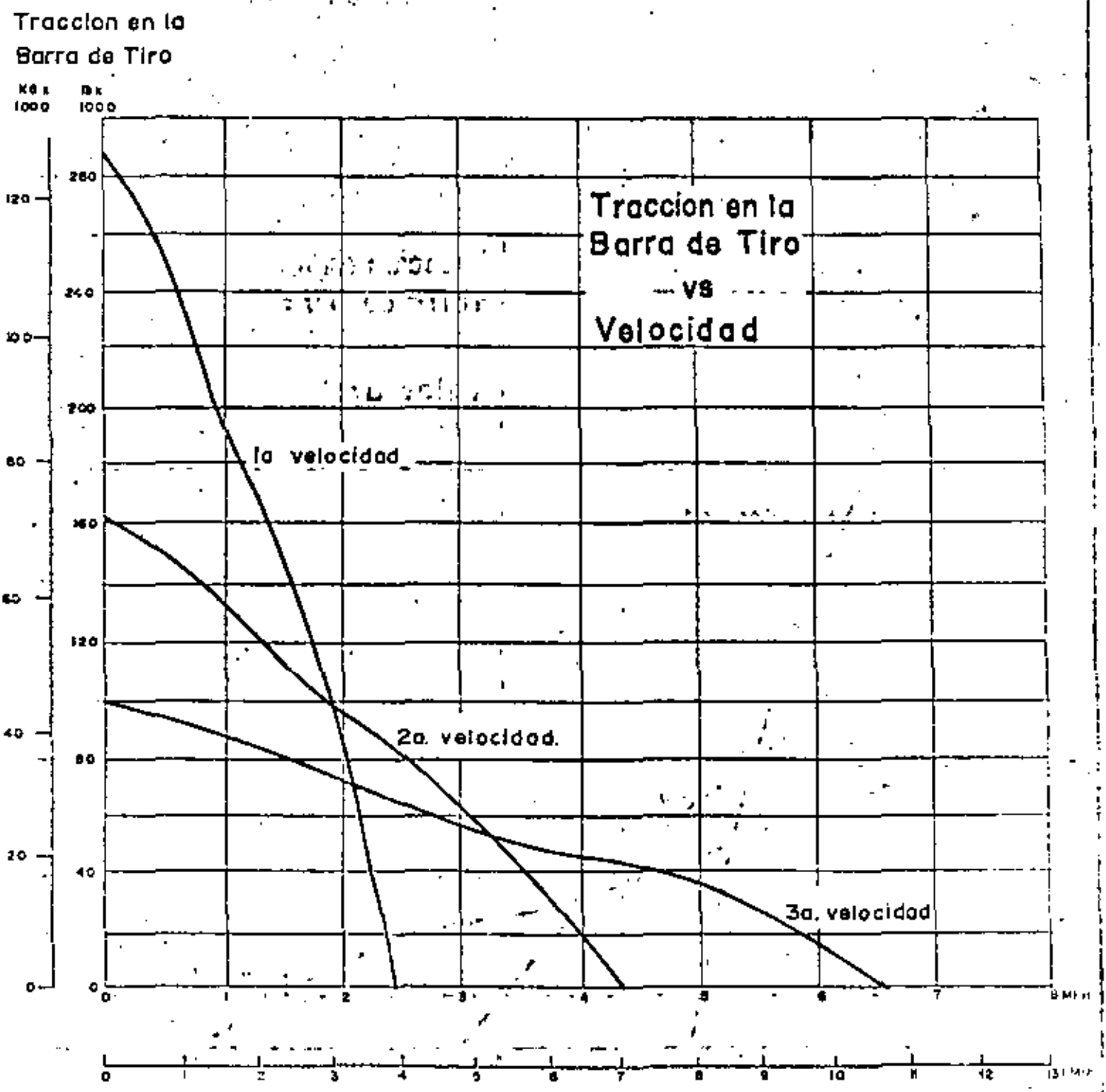
KOMATSU		INTERNATIONAL		TEREX	
modelo	potencia	modelo	potencia	modelo	potencia
D55A	105 HP	TD-15 B	120 HP	82-30	225 HP
D65A	140 HP	TD-20 B	160 HP	82-40	290 HP
D85A	180 HP	TD-20 C	170 HP	82-80	440 HP
D150A	300 HP	TD-25 B	230 HP		
D355A	410 HP	TD-25 C	285 HP		

La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina y por la pendiente. La máxima fuerza tractiva está fijada por el peso de la máquina multiplicado por el coeficiente de tracción. Así por ejemplo un vehículo patinaría al transitar sobre hielo, que tiene un mínimo coeficiente de tracción, a pesar de que hubiera mucha potencia disponible.

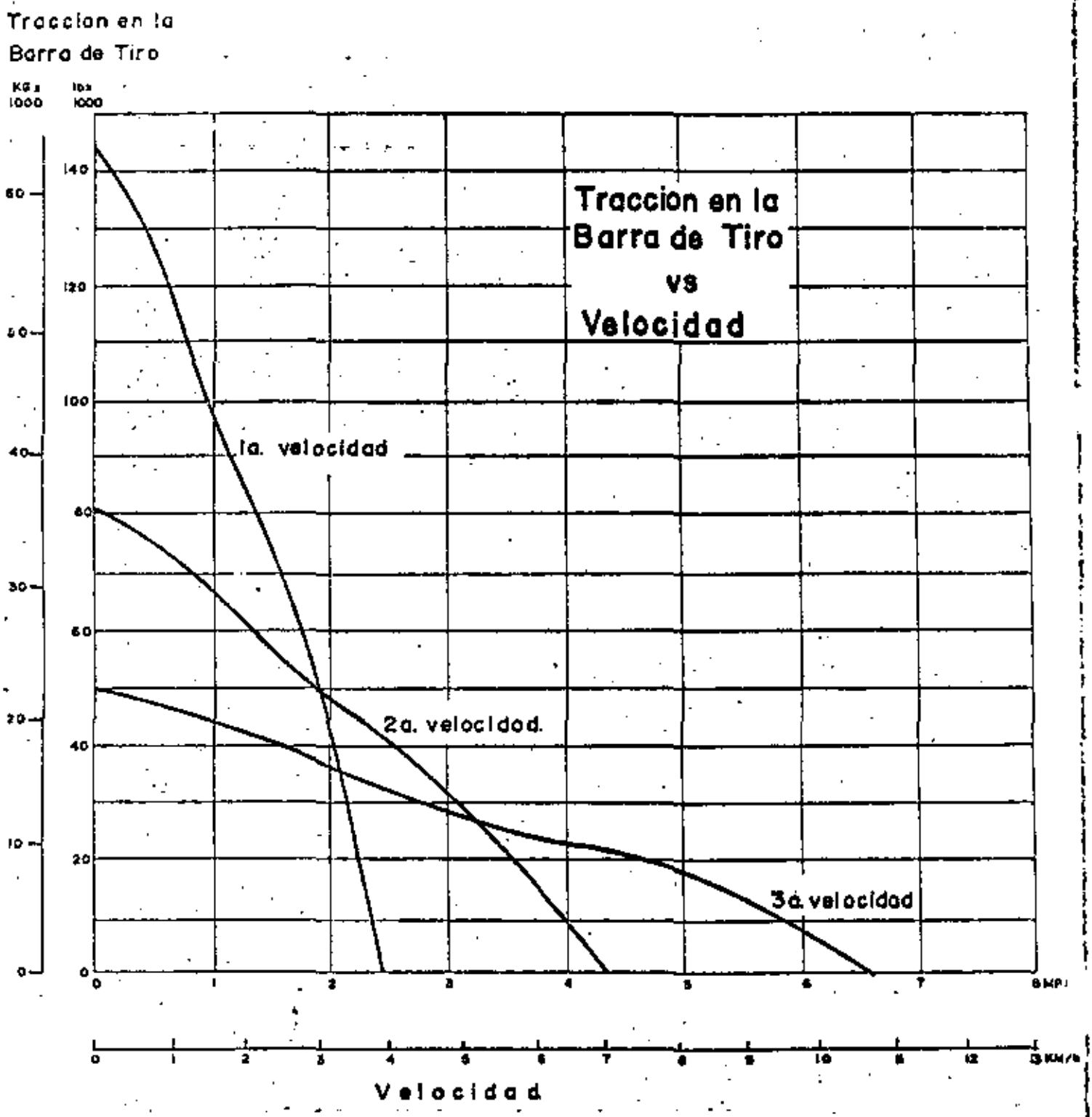
Las hojas de especificaciones que ofrecen los distribuidores de equipo dan las características de los distintos modelos y desde luego el tamaño del tractor es proporcional a su potencia en el volante a determinadas R.P.M., la que se transmite mediante mecanismos y determinan la tracción en la barra de tiro utilizable a distintas velocidades, la cual está afectada como se indicó anteriormente por las condiciones del suelo, pendiente, altura sobre el nivel del mar. Este último aspecto superado en las máquinas modernas por la instalación de turbo cargadores y enfriadores de aire.

La relación entre velocidades de avance y tracción en las barras de tiro en tractores Caterpillar equipados con servo transmisión se muestran en las hojas números 9, 10, 11 y 12. En la hoja 13 se muestra esta misma relación para los modelos D8H y D7F con transmisión directa.

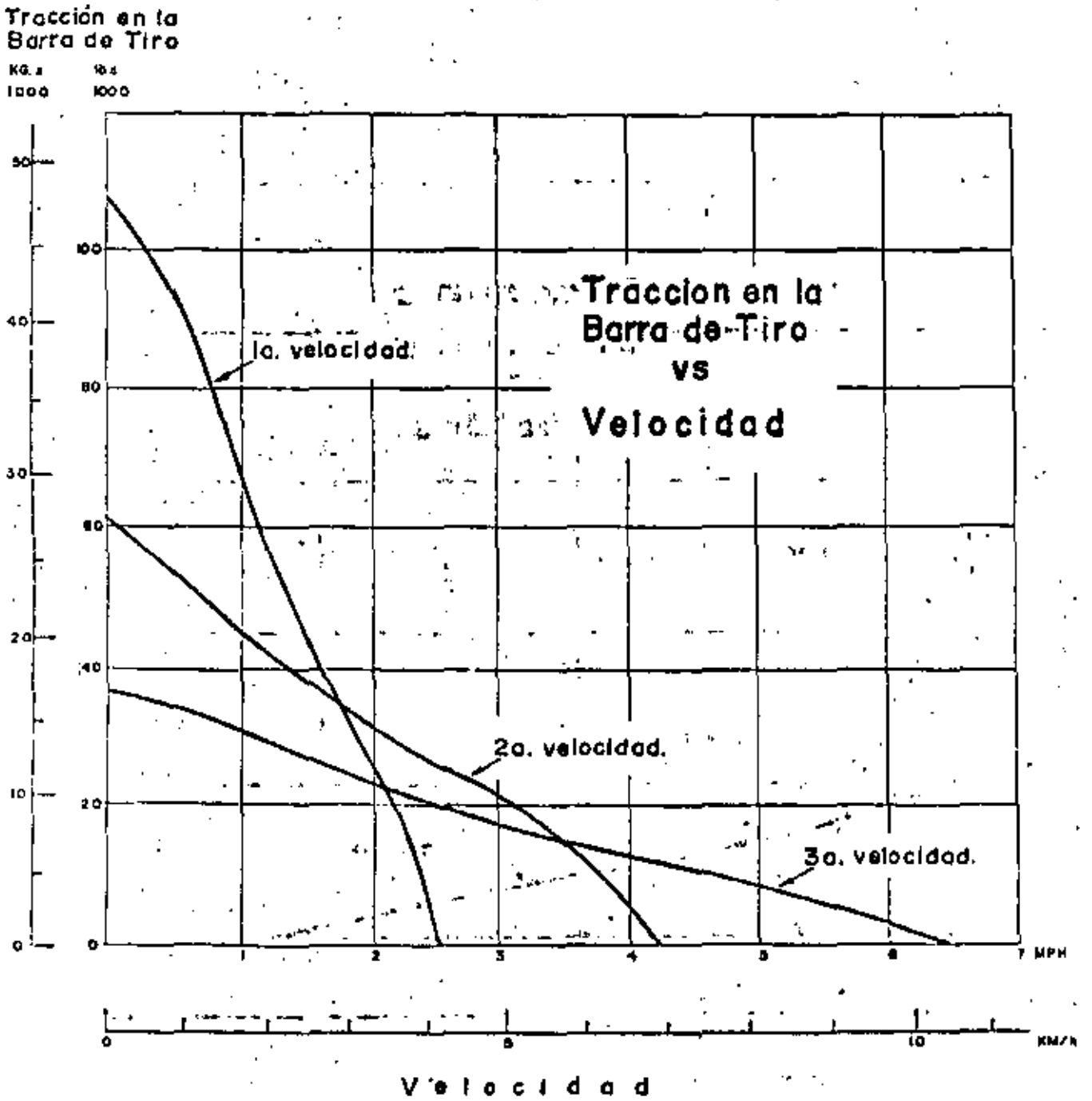
D9G DOBLE


Traccion en la
Barra de Tiro
Kgs 1000
lbs 1000
Traccion en la
Barra de Tiro
vs
Velocidad
1a velocidad
2a. velocidad.
3a. velocidad
Velocidad

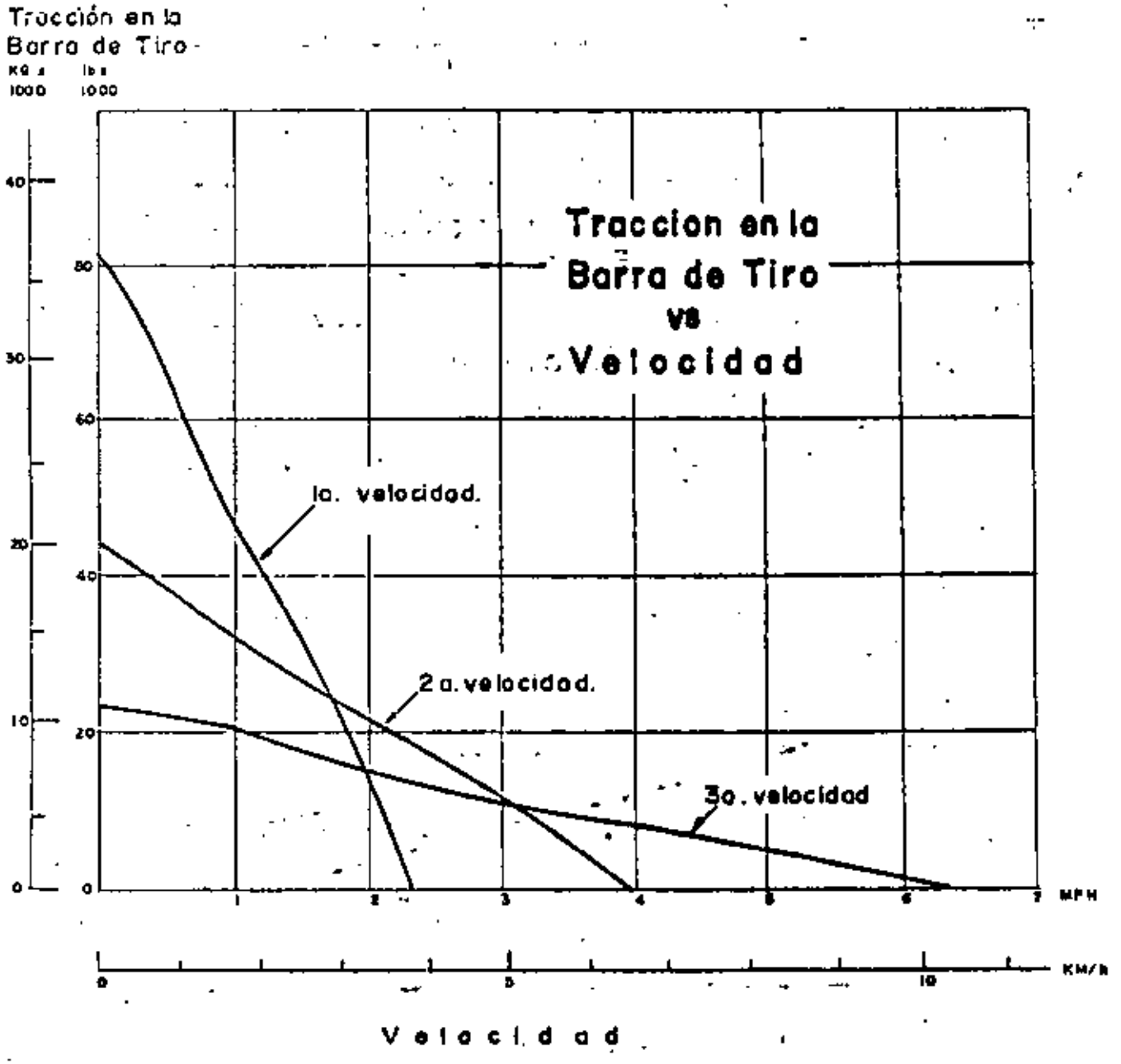
D 9 G


Traccion en la
Barra de Tiro
KG x 1000
lbs x 1000
Traccion en la
Barra de Tiro
vs
Velocidad
1a. velocidad
2a. velocidad.
3a. velocidad
KMPH
Velocidad

D 8 H – CON SERVO – TRANSMISION



D7F con SERVO-TRANSMISION



D8H y D7F con TRANSMISION DIRECTA

TRANSMISION DEL D8H Y DEL D7F:

De engrane constante, con engranajes helicoidales y cambio rápido de sentido de marcha. Lubricación a presión, con aceite filtrado y enfriado. Construcción en unidades desmontables.

VELOCIDADES Y TRACCION EN LA BARRA DE TIRO DEL D8H:

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro* A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.6	(2,6)	1.6	(2,6)	52,410	(23790)	63,860	(28990)
2a	2.1	(3,3)	2.1	(3,4)	39,130	(17760)	47,930	(21760)
3a	2.9	(4,6)	2.9	(4,7)	26,870	(12200)	33,210	(15030)
4a	3.7	(6,0)	3.8	(6,1)	19,490	(8850)	24,360	(11060)
5a	4.9	(7,8)	4.9	(7,9)	13,840	(6280)	17,580	(7980)
6a	6.7	(10,8)	6.8	(11,0)	8,660	(3930)	11,360	(5160)

VELOCIDADES Y TRACCION DEL D7F:

Transmisión Standard

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro* A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
	MPH	km/h	MPH	km/h	libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.5	(2,4)	1.8	(2,9)	37,600	(17100)	47,450	(21540)
2a	2.2	(3,5)	2.5	(4,0)	25,000	(11350)	31,760	(14420)
3a	3.1	(5,0)	3.7	(6,0)	16,400	(7450)	21,090	(9570)
4a	4.6	(7,4)	5.4	(8,7)	10,100	(4580)	13,280	(6030)
5a	5.9	(9,5)	—	—	7,140	(3240)	9,610	(4360)

RENDIMIENTO.-

Potencia es la capacidad de realizar un trabajo por unidad de tiempo, por lo que las unidades son Pies Libras por Minuto o Kilográmetros por Minuto. Generalmente se expresa en unidades del sistema Inglés en H.P. o caballos de potencia. Un H.P. corresponde a 33,000 Pies Libras por Minuto y equivale a 746 watts.

La altura sobre el nivel del mar afecta la potencia util de los motores arriba de los 1000 metros del orden del 1% por cada 100 metros de altura, asi una máquina trabajando a 3000 metros tendría una pérdida del 20%, que con la instalación de turbocargadores y enfriadores de aire de admisión se tiende a compensar esta disminución en la potencia.

La fuerza tractiva en la barra de un tractor está expresada en la siguiente ecuación:

$$F.T. = \frac{375 \times H.P. \times 0.80}{V}$$

en donde:

F.T. = Fuerza tractiva en libras.

H.P. = Potencia nominal.

V = Velocidad en millas por hora.

Las especificaciones de las máquinas muestran la relación entre velocidad y tracción en la barra de tiro.

La resistencia al rodamiento es la fuerza que se opone al movimiento de una máquina sobre un camino a velocidad uniforme. Se calcula en función del peso del vehículo multiplicado por el coeficiente de Resistencia al Rodamiento.

$$R.R. = \text{Peso de la máquina} \times \text{coeficiente de R.R.}$$

La resistencia a la pendiente es la componente del peso de la máquina paralela al plano inclinado. Su valor está en función del peso del vehículo y de la pendiente.

$$R.P. = \text{Peso del vehículo} \times \frac{\%\ \text{de pendiente}}{100}$$

Las resistencias al rodamiento y a la pendiente se restan a la fuerza tractiva en el gancho y se obtiene la fuerza tractiva disponible para realizar trabajo, sin olvidar que la máxima está definida por:

$$F.T.\ mx. = \text{Peso del tractor} \times \text{coeficiente de tracción.}$$

Las tablas de la hoja número 16 nos muestran coeficientes de resistencia al rodamiento y de tracción.

LA RESISTENCIA AL RODADO EN CONDICIONES TIPICAS

	lb/ton	(kg/t)
Un camino estabilizado, pavimentado, duro y liso que no cede bajo el peso, regado y conservado ...	40	(20)
Un camino firme y liso, de tierra o con recubrimiento ligero, que cede un poco bajo la carga. Reparado con bastante regularidad, y regado	65	(35)
Nieve: compacta	50	(25)
suelta	90	(45)
Un camino de tierra, con baches y surcos, que cede bajo la carga; se repara muy poco, o nada, y no se riega. Los neumáticos penetran 1" (25 mm), o más	100	(50)
Camino de tierra con baches y surcos, blando, sin estabilizar y que no se repara. La penetración de los neumáticos es de 4" a 6" (100 a 150 mm)	150	(75)
Arena o grava suelta	200	(100)
Camino blando y fangoso con surcos, no se repara .	200 a 400	(100 a 200)

El tamaño de los neumáticos y la presión del aire utilizados son factores que reducen o aumentan considerablemente las cifras de la tabla. Los datos indicados son bastante exactos para hacer estimaciones cuando no hay disponible la información específica sobre el rendimiento de un equipo determinado en terrenos de ciertas condiciones. Para información adicional, vea la Sección de Datos sobre Movimiento de Tierra.

COEFICIENTES APROXIMADOS DEL FACTOR DE TRACCION EN EL SUELO

	FACTORES DE TRACCION	
	Neumáticos	Carriles
Hormigón	0,90	0,45
Marga arcillosa, seca	0,55	0,90
Marga arcillosa, mojada	0,45	0,70
Marga arcillosa con surcos	0,40	0,70
Arena seca	0,20	0,30
Arena mojada	0,40	0,50
Cantera	0,65	0,55
Camino de grava suelta	0,36	0,50
Nieve compacta	0,20	0,25
Hielo	0,12	0,12*
Tierra firme	0,55	0,90
Tierra floja	0,45	0,60
Carbón amontonar	0,45	0,60

Con los datos anteriores se puede calcular la producción de un tractor. La fuerza tractiva disponible determina la velocidad de marcha que a su vez nos -- permite calcular el tiempo del ciclo; este se integra con tiempos fijos y tiempos variables. Los tiempos fijos son del orden de 0.15 - 0.25 min.

El rendimiento está expresado por:

$$R = \frac{E \times \text{Capacidad de la máquina en M3 sueltos.}}{\text{Tiempo del ciclo en minutos}}$$

R = M3 sueltos/hora.

E = Minutos por hora de trabajo generalmente de 45 a 50 minutos.

Para obtener volúmen compacto habría que dividir el resultado entre el coeficiente de abundamiento, después de aplicar los factores de corrección correspondientes al tipo de trabajo que se realiza.

La producción de una máquina también puede obtenerse por observación directa, midiendo el volúmen excavado en un tiempo determinado.

El tractor excavando con una hoja del tipo recto o angulable puede dar distintas producciones dependiendo de las condiciones del trabajo que esté realizando y del tipo de material que esté moviendo.

En pendientes positivas tendrá menor rendimiento que si trabaja cuesta abajo. En zanjas su producción será mayor pues el material excavado no puede escurrirse por los lados. En acarreos largos habrá tendencia a perder volúmen excavado en el trayecto. En la tabla de la página número 18 se muestran las pendientes en las -- cuales pueden trabajar los tractores de carriles.

La tabla siguiente da la pendiente máxima a la cual cada tractor opera bien con la debida lubricación.

TRACTOR	D9 Serie G	D8 Serie H	D7 Serie F	D6 Serie C	D5	D4 Serie D
En porcentaje o en	100	84	100	100	100	100
Grados de inclin.	45	40	45	45	45	45

Deben considerarse los siguientes puntos importantes:

- Velocidad de viaje – A velocidades altas, las fuerzas de inercia tienden a disminuir la estabilidad del tractor.
- Desigualdades del terreno o superficie. Debe aplicarse una considerable tolerancia cuando el terreno o la superficie es desigual.
- Accesorios instalados. Los bulldozers, aguilones laterales, malacates, y cualquier otro equipo montado, alteran el equilibrio de la máquina.
- Tipo de suelo. Los rellenos de tierra nuevos pueden ceder bajo el peso del tractor. Los suelos rocosos suelen ocasionar el deslizamiento de las máquinas.
- Deslizamiento de los carriles debido a cargas excesivas. A causa de esto, los carriles a nivel inferior podrían excavar el suelo y aumentar la inclinación del tractor.
- Implementos instalados en la barra de tiro (arcos para tirar de troncos, vagones de dos ruedas, etc.) podrían reducir el peso en el carril más elevado.
- Altura del enganche en el tractor. Cuando se utiliza una barra de enganche alta, el tractor es menos estable que si tiene una de altura standard.
- Ancho de las zapatas. Las zapatas anchas tienden a reducir la acción de excavación, o sea que el tractor es más estable.
- Equipo operado. Debe considerarse con cuidado la estabilidad y otros distintivos del equipo operado por el tractor.

La calidad y granulometría del material que se excava influyen en la producción horaria, pues no es lo mismo manejar arena suelta o tierra vegetal que una roca bien o mal tronada.

El proyecto desde luego tiene una influencia definitiva en los resultados. Un tractor con hoja angulable cortando en balcón y desperdiciando el material tendrá probablemente ventaja sobre otra máquina excavando el mismo material en secciones de tipo mixto o en tramos compensados. Cada caso requiere de coeficientes de corrección que son consecuencia de la observación y experiencia y que de no aplicarse pueden dar lugar a errores en el cálculo de la producción y redundan en los costos analizados a priori.

Al manejar cantidades de obra debe aclararse si se trata de volumenes en banco, sueltos o compactos y aplicar los factores de conversión volumétrica correspondientes.

Operar con eficiencia un tractor nos dará máximo rendimiento y mínimo costo por lo que es fundamental que el trabajo de la máquina esté respaldado por una organización adecuada que aporte servicios de combustibles, lubricantes, mantenimiento, reparaciones y personal en forma oportuna. La máquina no puede trabajar por si misma, necesita forzosamente atención como todos los bienes de producción en instalaciones fijas.

APLICACIONES.-

Los tractores tienen diversas aplicaciones y aditamentos específicos para cada caso, entre los principales están:

- Aditamento frontal llamado hoja o dozer.
- Arado o desgarrador adaptado en la parte posterior del tractor.

El tractor puede utilizar varios tipos de hojas topadoras y en este caso se le conoce con el nombre de bulldozer:

1.- Recta, que se utiliza para excavar acarreando el material hacia adelante.
2.- Angulable, que puede inclinarse en relación al avance del tractor.
3.- En "U", que tiene una mayor capacidad puesto que los lados forman una caja para evitar que el material se escurra.
4.- Amortiguada, para empujar y resistir los impactos.
5.- Desgarradora, que permite una mayor penetración en el terreno.

Cada hoja tiene una función específica, sin embargo los más frecuentes son: la recta y la angulable. Esta última muy popular pues tiene una gamás más amplia de aplicaciones. Todas vienen equipadas con piezas de desgaste como son la cuchilla en la parte inferior y las puntas de extremo o "gavilanes". Estas piezas son - las que inician el afloje de la excavación y pueden cambiarse cada vez que se -- requiera, en esta forma se protege la hoja que es un elemento caro.

La hoja se monta en un marco que está acoplado al tractor y puede controlarse mediante cables o sistemas hidráulicos. El control de cable, es más sencillo en su mantenimiento, pero el control hidráulico resulta superior pues permite aplicar -

una mayor fuerza de penetración con una fácil manejabilidad. La única desventaja del control hidráulico podría ser el costo de reparaciones por una mala operación - al encontrar el tractor dificultades en la excavación. Los fabricantes de tractores - también lo son de sus propias hojas.

En las páginas 22,23,24,25,26 y 27 se muestran las características de las hojas topadoras para tractores Caterpillar modelos D-9, D-8 y D-7.

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
ipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
eso de embarque sin control: Para usarse con Control Hidráulico 193	–lb	14600	14600	16200	18300	12000
	–(kg)	(6600)	(6600)	(7400)	(8300)	(5400)
imensiones principales: (Tractor y topador) Longitud (hoja recta)	–pies	23'3 1/4"	23'2 3/4"	24'2 3/4"	23'3"	22'8 1/2"
	–(mm)	(7100)	(7100)	(7400)	(7100)	(6900)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	26'3 7/8"				
	–(mm)	(8000)				
Ancho (hoja recta)	–pies	15'11 3/4"	14'5 3/8"	15'9"	14'4 1/2"	10'1"
	–(mm)	(4850)	(4350)	(4800)	(4350)	(3050)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	14'2"				
	–(mm)	(4300)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	12'1"				
	–(mm)	(3700)				

HOJAS TOPADORAS PARA D9

Modelo		9A	9S	9U	9R	9C
Hoja:						
Longitud	–pies	15'11 3/4"	14'5 3/8"	15'9"	14'4 1/2"	10'1"
	–(mm)	(4850)	(4350)	(4800)	(4350)	(3050)
Altura	–pulg	51 1/4"	71 1/2"	71 1/2"	71 1/2"	60"
	–(mm)	(1300)	(1820)	(1820)	(1820)	(1520)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg	23 1/2"	21 1/4"	21 1/4"	21 1/4"	20 3/4"
	–(mm)	(600)	(540)	(540)	(540)	(530)
Inclinación lateral máx.	–pulg	10"	37 1/4"	40 1/2"	37 1/4"	
	–(mm)	(255)	(950)		(950)	
Ajuste máx. del ángulo de ataque			8°	8°	8°	
Giro de la hoja (a cada lado)		25°				
Accesorios:						
Protector de empuje	–Bastidor en "C"	Sí	No	No	No	No
	–Hoja	No	Sí	No	Sí	No
Peso de embarque (instalada)	–lb	5420	1550		1550	
	–(kg)	(2460)	(700)		(700)	

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora	Amortiguada
Peso de embarque sin control:						
Para usarse con Control Hidr.183, Serie B	–lb	11600	10900	12100	15400	8900
	–(kg)	(5300)	(4950)	(5500)	(7000)	(4050)
Control de Cable 128	–lb	10600	10000	11200		9400
	–(kg)	(4800)	(4550)	(5100)		(4250)
Dimensiones principales: (Tractor y topador)						
Longitud (hoja recta)	–pies	21'8"	21'9"	22'7"	21'9"	22'1"
	–(mm)	(6600)	(6650)	(6900)	(6650)	(6750)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	24'8 1/2"				
	–(mm)	(7550)				
Ancho (hoja recta)	–pies	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	13'4"
	–(mm)	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(4050)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	13'9"				
	–(mm)	(4200)				
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	11'4"				
	–(mm)	(3450)				

Modelo		8A	8S	8U	8R	8C
Hoja:						
Longitud	–pies	15'2"	13'1"	13'9"	13'4"	9'10 1/2"
	–(mm)	(4600)	(4000)	(4200)	(4050)	(3000)
Altura	–pulg.	43 5/8"	53 1/2"	53 1/2"	53 1/2"	48 1/4"
	–(mm)	(1110)	(1360)	(1360)	(1360)	(1230)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg.	21 3/4"	18 3/8"*	18 3/8"*	18 3/8"	21"*
	–(mm)	(550)	(470)	(470)	(470)	(530)
Inclinación lateral máx.	–pulg.	13"	34 1/2"	35 3/4"	23 3/8"	
	–(mm)	(330)	(880)	(910)	(590)	
Ajuste máximo del ángulo de ataque			10°	10°		
Giro de la hoja a cada lado		25°				
Accesorios:						
Cilindro de Inclinación Inclin.lateral máx., hidr.	–pulg.		41 3/4"	44"	23 3/8"	
	–(mm)		(1060)	(1120)	(590)	
Protec. de empuje – Bastidor "C"		Si	No	No	No	No
– Hoja		No	Si	No	Si	No
Peso de embarque (instalada)	–lb	5535	750		750	
	–(kg)	(2510)	(340)		(340)	
Dimensiones del cable:						
Diámetro	–pulg	1/2"	1/2"	1/2"		1/2"
	–(mm)	(12,7)	(12,7)	(12,7)		(12,7)
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 128	–pies	92'6"	92'6"	92'6"		92'6"
	–(m)	(28)	(28)	(28)		(28)

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

Modelo		7A	7S	7U	7R
Tipo		Angulable	Recta	En "U"	Desgarradora
Peso de embarque sin control:					
Para usarse con Control Hidráulico No.173	–lb	6700	7100	7900	9100
	–(kg)	(3050)	(3200)	(3600)	(4150)
Control de Cable No.127	–lb	6200	6600		
	–(kg)	(2800)	(3000)		
Dimensiones principales: (Tractor y hoja topadora)					
Longitud (hoja recta)	–pies	18'0"	17'4"	18'10"	17'4"
	–(mm)	(5500)	(5300)	(5750)	(5300)
Longitud (hoja en ángulo)	–pies	21'0"			
	–(mm)	(6400)			
Ancho (hoja recta)	–pies	14'0"	12'0"	12'8"	12'0"
	–(mm)	(4250)	(3650)	(3850)	(3650)
Ancho (hoja en ángulo)	–pies	12'10"			
	–(mm)	(3900)			
Ancho (sólo con bastidor "C")	–pies	10'3"			
	–(mm)	(3100)			

Modelo		7A	7S	7U	7R
Hoja:					
Longitud	–pies	14'0"	12'0"	12'8"	12'0"
	–(mm)	(4250)	(3650)	(3850)	(3650)
Altura	–pulg	38"	50"	50"	50"
	–(mm)	(960)	(1270)	(1270)	(1270)
Descenso máximo por debajo del suelo	–pulg	16 3/4"*	17 1/2"*	17 1/2"	17 1/2"
	–(mm)	(425)	(440)	(440)	(440)
Inclinación lateral máx.	–pulg	18 3/4"	22 1/4"	23 3/4"	21"
	–(mm)	(475)	(560)	(600)	(530)
Ajuste máximo del ángulo de ataque		25°	9°	9°	
Giro de la hoja a cada lado					
Accesorios:					
Cilindro de inclinación lateral Inclin. lateral máx., hidr.	–pulg	19"	28 1/2"	30 1/4"	21"
	–(mm)	(485)	(720)	(770)	(530)
Protector de empuje–Bastidor en "C"		Sí	No	No	No
–Hoja		No	Sí	No	Sí
Peso de embarque (instalada)	–lb	1030	650		650
	–(kg)	(470)	(295)		(295)
Dimensiones del cable:					
Diámetro	–pulg	1/2"	1/2"		
	–(mm)	(12,7)	(12,7)		
Longitud para usarse con el Control de Cable No. 127	–pies	72'	72'		
	–(m)	(22)	(22)		

*No hay límite en las unidades de Control de Cable.

El bulldozer tiene diversas aplicaciones y es una máquina muy eficiente para excavar. Tiene ciertas limitaciones, especialmente en la distancia de acarreo y en el nivel del piso de excavación. Lo más conveniente para una mayor producción - sería no acarrear, como una excavación en un camino de penetración que va en - ladera, desperdiciando el material, caso poco frecuente, pues los acarreos medios - de un bulldozer son del orden de 30 metros a 50 metros. La distancia máxima de -- acarreo aconsejable es de 100 metros. En este caso se aumenta mucho el tiempo del ciclo por la baja velocidad del tractor y disminuye el rendimiento por lo que resulta anti-económico acarrear a distancias mayores de 100 metros. El escurrimiento del material por los lados de la hoja puede ser otro factor que limite la distancia del - acarreo.

El bulldozer tiene varios usos:

- Desmonte, desenraíce.
- Limpia de sitios para construcción
- Construcción y mantenimiento de caminos de acceso.
- Despalme de bancos y arreglo del piso de los mismos.
- Afloje de material para cargadores frontales.
- Afine tosco de taludes.
- Formación de bordos con préstamo lateral.
- Relleno de zanjas.
- Empujador de motoescrepas.
- Auxiliar en diversos procedimientos de construcción.
- Excavación y acarreo hasta 100 metros.
- Extendiendo material en terraplenes y remolcando equipo de compactación.

La actividad más frecuente es la de excavar y acarrear en distancias cortas, pero de cualquier modo en los grandes proyectos de Ingeniería Civil, casi siempre la vanguardia de la maquinaria la forman los bulldozers y a la vez es la última máquina en dejar la obra pues realizan la limpia final y la conformación de los terrenos atacados. Existen otros aditamentos para los tractores con los cuales tienen más aplicaciones, como son los desgarradores para afloje de excavaciones, las plumas laterales para construcción de ductos, los cucharones para carga de materiales, remolcador de escrepas y otros, pero en estos casos su función no es de bulldozer.

La capacidad de la hoja topadora es de:

$$V = \frac{L\,h^2}{2\,tg\,x}$$

V = Capacidad de la hoja.

L = Longitud de la hoja.

h = Altura de la hoja.

X = Angulo de reposo del material.

Si el talud del material es 2:1, $tg\,x = 1/2$

y $V = L\,h^2$

Cuando se trabaja cuesta arriba el volúmen disminuye 4% por cada 1% de pendiente. Al ir cuesta abajo es al contrario. En distancias mayores de 30 metros el rendimiento disminuye 5% por cada 30 metros adicionales.

Un buen operador procura acarrear el material entre montones formados previamente a los lados para evitar pérdida de material por escurrimiento, trabajar cuesta abajo cuando sea posible y trabajar en las velocidades adecuadas para no dañar la máquina.

Para calcular la producción de las hojas topadoras pueden utilizarse los datos contenidos en las páginas 31, 32, 33, 34 y 35 . En la página No. 35 se muestra el factor de corrección por trabajo en pendientes.

Un aspecto que no debe descuidarse nunca es el mantenimiento y la buena lubricación de la máquina. Cambios de aceite y filtros a tiempo, engrase y limpieza diaria, mantenimiento preventivo y operativo oportuno aumentan la vida de la máquina, disminuyen los costos de operación y reparación y benefician la producción. No es necesario conocerlo todo, recurrir al distribuidor para que haga el servicio y capacite al personal es una política correcta. Una máquina en buenas condiciones puede trabajar un 50% a 100% más de horas efectivas al año que una máquina cuyas condiciones de mantenimiento sean ineficaces. El costo horario de una máquina bien vigilada es menor al de una máquina mal cuidada e indudablemente dará mayor rendimiento.

PRODUCCION CON HOJAS TOPADORAS
CALCULO SEGUN FORMULAS Y REGLAS

Se puede obtener la producción estimada de una hoja topadora utilizando las gráficas de producción de las siguientes páginas, como también los factores de corrección aplicables. Debe usarse la siguiente fórmula:

Producción (m^3 sueltos/hr) (yd^3 sueltas/hr) = Producción máxima x Factores de corrección

Las curvas de producción de las hojas topadoras dan los rendimientos máximos no corregidos para hojas rectas y universales, y se basan en las siguientes condiciones:

1. 100% de eficiencia (60 minutos/hora).
2. Tiempos fijos de 0,05 minutos en máquinas con Servo-Transmisión.
3. La máquina excava por 50 pies (15 m), y luego empuja la carga para arrojarla desde el borde de una escarpa.
4. Densidad de la tierra: 2300 lb/yd^3 mater. suelto (1370 kg/m^3 mater. suelto), y 3000 lb/yd^3 en banco (1790 kg/m^3 en banco). El material se expande 30% (factor volumét. de conversión es 0,769).
5. Coeficiente de tracción:
   a. Máquinas de carriles – 0,5 ó más.
   b. Máquinas de ruedas – 0,4 ó más*
6. Se utilizan hojas de control hidráulico.

Para estimar la producción en yd^3 en banco, debe aplicarse el adecuado factor volumétrico de conversión (sección de Tablas) a la producción corregida, la cual se obtiene como se ha indicado.

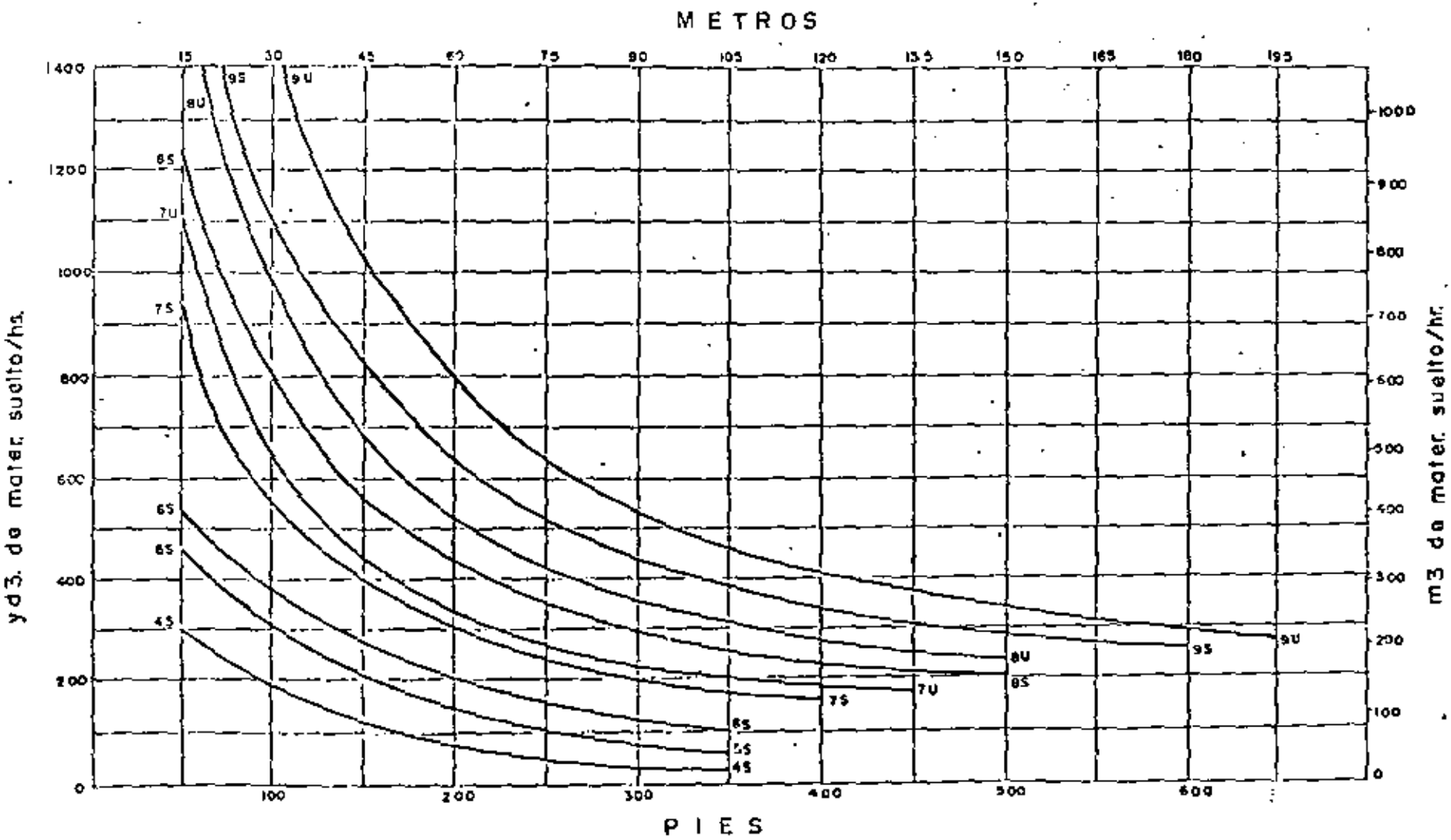
Producción (m^3 en banco/hr) (yd^3 en banco/hr) = (m^3 sueltos/hr) (yd^3 sueltas/hr) x Factor volumét.

*Se supone que el coeficiente de tracción es por lo menos 0,4. Aunque las malas condiciones del suelo afectan tanto a los vehículos de carriles como a los de ruedas – lo cual obliga a empujar cargas más pequeñas a fin de compensar la pérdida de tracción en el suelo – los efectos en los de ruedas son mucho mayores, y su producción disminuye en mayor grado. Aunque no hay reglas exactas para anticipar dicha reducción, una regla empírica indica que los topadores de ruedas tienen 4% de pérdida por cada centésimo de disminución, cuando el coeficiente de tracción baja de 0,40. Por ejemplo, si éste es de 0,30, la diferencia es 10 centésimos (0,10), y la producción sería del 60% (10 X 4% = 40% de disminución).

CORRECCIONES SEGUN LAS CONDICIONES DEL TRABAJO		Tractor de Carriles	Tractor de Ruedas
OPERADOR:	Excelente	1,00	1,00
	Bueno	0,75	0,60
	Deficiente	0-0,60	0-0,50
MATERIAL:			
1. Peso–factor de corrección:			
3000 lb/yd³ banco / Peso efectivo/yd³ banco	ó	2300 lb/yd³ sueltas / Peso efectivo/yd³ sueltas	
2. Tipo–			
Material suelto amontonado		1,20	1,20
Difícil de cortar; congelado			
con cilindro de incl. lateral		0,80	0,75
sin cilindro de incl. lateral		0,70	––
hoja con control de cable		0,60	––
Difícil de empujar; se apelmaza (seco, material no cohesivo o material muy pegajoso)		0,80	0,80
Roca desgarrada o dinamitada		0,60-0,80	––
EMPUJE POR METODO DE ZANJA		1,20	1,20
EMPUJE CON DOS TRACTORES JUNTOS		1,15-1,25	1,15-1,25
VISIBILIDAD: polvo, lluvia, nieve, niebla u obscuridad		0,80	0,70
EFICIENCIA DEL TRABAJO:			
50 min/h		0,84	0,84
45 min/h		0,75	0,75
TRANSMISION DIRECTA (tiempo fijo de 0,1 min)		0,80	––
*HOJA:	Hoja angulable (A)	0,50-0,75	––
	Hoja amortiguada (C)	0,50-0,75	0,50-0,75
	Hoja con desgarradores (R)	1,00-1,50	––
	D5 de entrevía estrecha	0,90	––
	Material liviano hoja U (carbón)	1,20	1,20
	Hoja con caja (montones)	1,30	1,30
PENDIENTES: Véase la gráfica de factores de pendientes.			

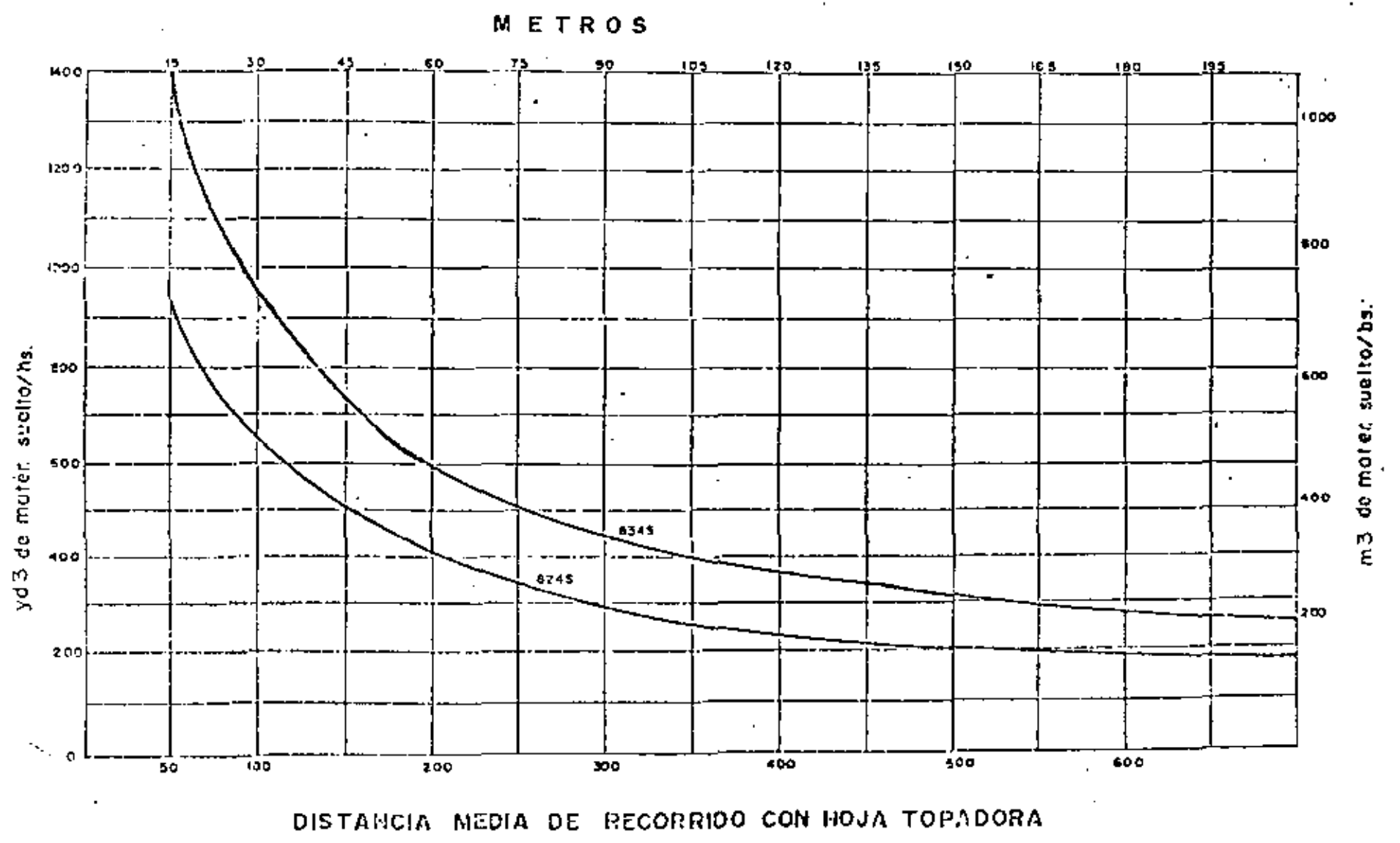
*NOTA: Las hojas angulables y las amortiguadas no se consideran implementos de producción. Según sean las condiciones del trabajo, la hoja A y la C rinden del 50 al 75% de las hojas rectas.
El objeto de las hojas con desgarradores es elevar la productividad con materiales duros y aumentar la adaptabilidad de un tractor topador. En ciertas aplicaciones y condiciones de trabajo, la hoja R iguala o supera el rendimiento de la recti

PRODUCCION ESTIMADA DE UN TRACTOR DE CARRILES CON HOJAS TOPADORAS UNIVERSALES Y RECTAS

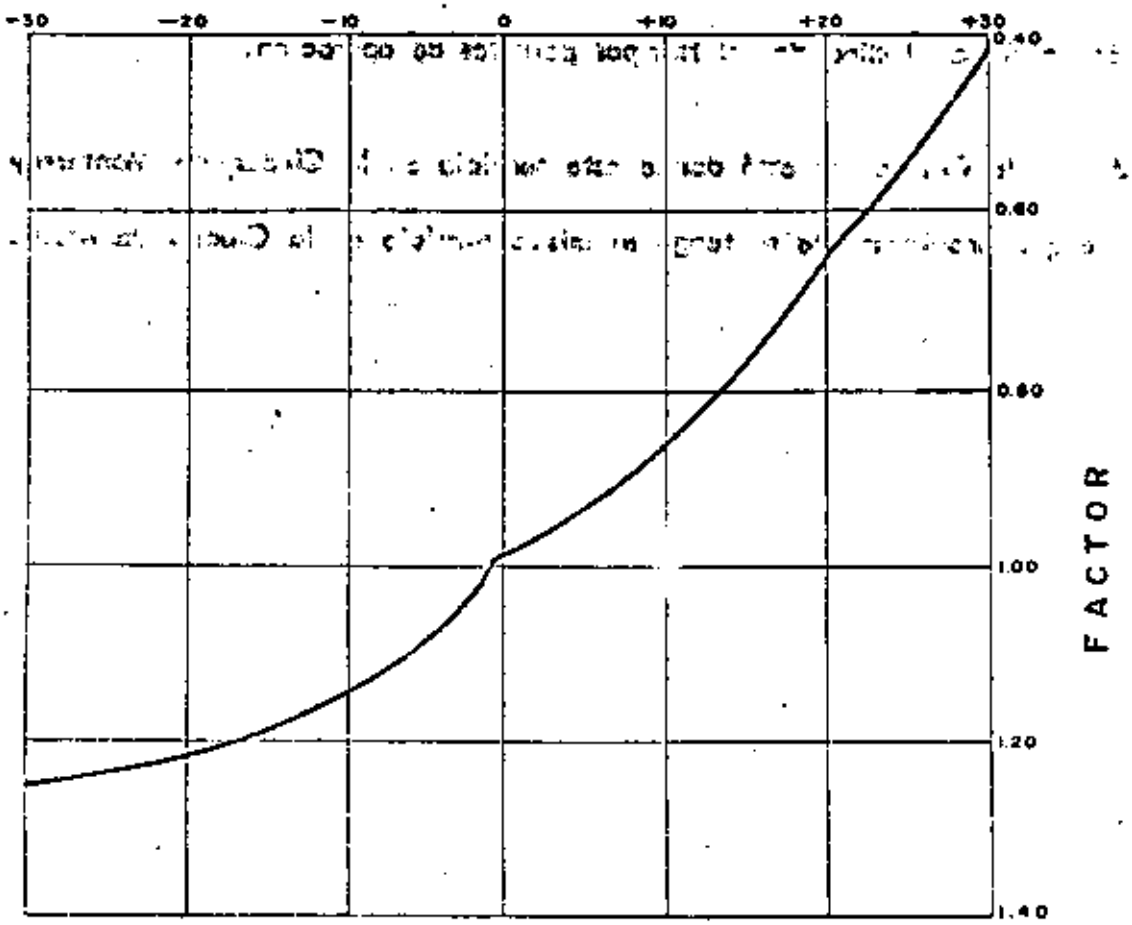


DISTANCIA MEDIA DE RECORRIDO CON HOJA TOPADORA

PRODUCCION ESTIMADA DE TRACTORES DE RUEDAS CON HOJA RECTA



FACTORES DE CORRECCION POR PENDIENTE



NOTA: (−) FAVORABLE
(+) DESFAVORABLE

Recientemente se está utilizando un método para el mantenimiento preventivo de los tractores que consiste en observar en un espectroscopio muestras de aceite obtenidas de los tractores. Estas muestras se toman con una jeringa, como si fueran muestras de sangre, se llevan al espectroscopio y se observa el contenido de residuos de metales o aleaciones de metales que se identifican con las distintas piezas del tractor. Si el residuo acusa un contenido superior a ciertos límites especificados se puede detectar cual es la pieza que debe sustituirse. En esta forma al cambiar una pieza oportunamente se evitan daños a otras partes del tractor, se hace la reposición oportuna eliminando así tiempos perdidos de operación.

En México la Caterpillar está dando este servicio en la Ciudad de Monterrey y es probable que proximamente se tenga el mismo servicio en la Ciudad de México.

3 DESGARRADORES

Otro aditamento muy útil de los tractores es el arado o desgarrador que en los últimos años ha venido a revolucionar la excavación en roca o de los materiales denominados como "C" ó "III", que normalmente requieren barrenación y uso de explosivos para su afloje pero que en muchos casos pueden atacarse con el uso del arado. Este es un implemento auxiliar pues de las tres actividades principales del movimiento de tierras que son: excavar, acarrear y colocar, solo realiza el afloje de la excavación.

El arado se acopla a la parte posterior del tractor y consiste en una viga horizontal la cual tiene en su extremo un vástago vertical y éste a su vez termina en su parte inferior en una punta llamada casquillo. Al penetrar el vástago con su casquillo en el terreno y ser jalados por la fuerza tractiva van rompiendo la estructura del material que se pretende excavar y logrando con esto el afloje requerido para que pueda cargarse mediante excavadoras frontales o motoescrepas o acarrearse con bulldozer, segun el procedimiento de construcción que se haya planeado de acuerdo con el proyecto.

El arado es un implemento muy antiguo que se utilizó principalmente para labores agrícolas, tirado por animales. Su aplicación en la industria de la construcción se inicia durante el presente siglo utilizando el tipo de control de cables, tirado por un tractor y que penetra en el terreno como consecuencia del peso propio del arado. El arado a base de controles hidráulicos, de más reciente diseño,

permite que la penetración está provocada por el sistema hidráulico y por el peso del tractor.

Con el armado de tractores de mayor peso y potencia la acción de los desgarradores es más efectiva, pues el rendimiento depende fundamentalmente de esos dos factores.

Los desgarradores se fabrican de dos tipos: de bisagra y de paralelogramo, con uno o tres vástagos. Ambos tienen sus funciones específicas, pero en términos generales resulta más atractivo para los constructores el de paralelogramo equipado con un diente.

El de bisagra que puede ser de uno a tres dientes, tiene la desventaja de que al penetrar el vástago en el terreno modifica su angulo de inclinación. El de paralelogramo penetra conservando siempre el mismo angulo lo cual ofrece una mayor efectividad en el rompimiento del terreno. Este tipo de desgarrador puede realizar excavaciones a mayor profundidad y la distancia entre el vástago y el tractor aumenta, lo que permite desgarrar fragmentos de roca de mayor tamaño.

Anteriormente cuando el constructor se encontraba con el problema de excavar en roca, forzosamente tenía que recurrir al uso de equipo de barrenación y explosivos, en cambio actualmente con los arados, rocas con ciertas características geológicas pueden atacarse en forma más económica, pues aparte del costo comparativo, se facilita su utilización al evitar una serie de recursos adicionales que requieren el uso de explosivos como llevar compresores y perforadoras con todo su equipo auxiliar, el personal , los riesgos y trámites correspondientes.

Antes de tomar la decisión del equipo por utilizar debe hacerse un cuidadoso análisis con objeto de ver cual resulta más conveniente, pero sobre todo tener alguna seguridad de que el material por excavar pueda desgarrarse. En algunos casos en donde la geología del proyecto lo exige tendrán que usarse ambos procedimientos.

El arado tiene la ventaja de que acoplándose a un tractor, éste pueda tener otros usos, como bulldozer o empujando máquinas.

Es fundamental conocer el tipo de material que se pretende excavar para decidir sobre el uso del arado. En términos generales la decisión no solo se apoya en la dureza de la roca sino en sus condiciones geológicas, pueden ararse si presenta las siguientes características:

- Fracturas y fallas.
- Planos laminados.
- Intemperización.
- Poca dureza.
- Grano grueso.
- Fragilidad
- Conglomerados empacados en materiales arcillosos.

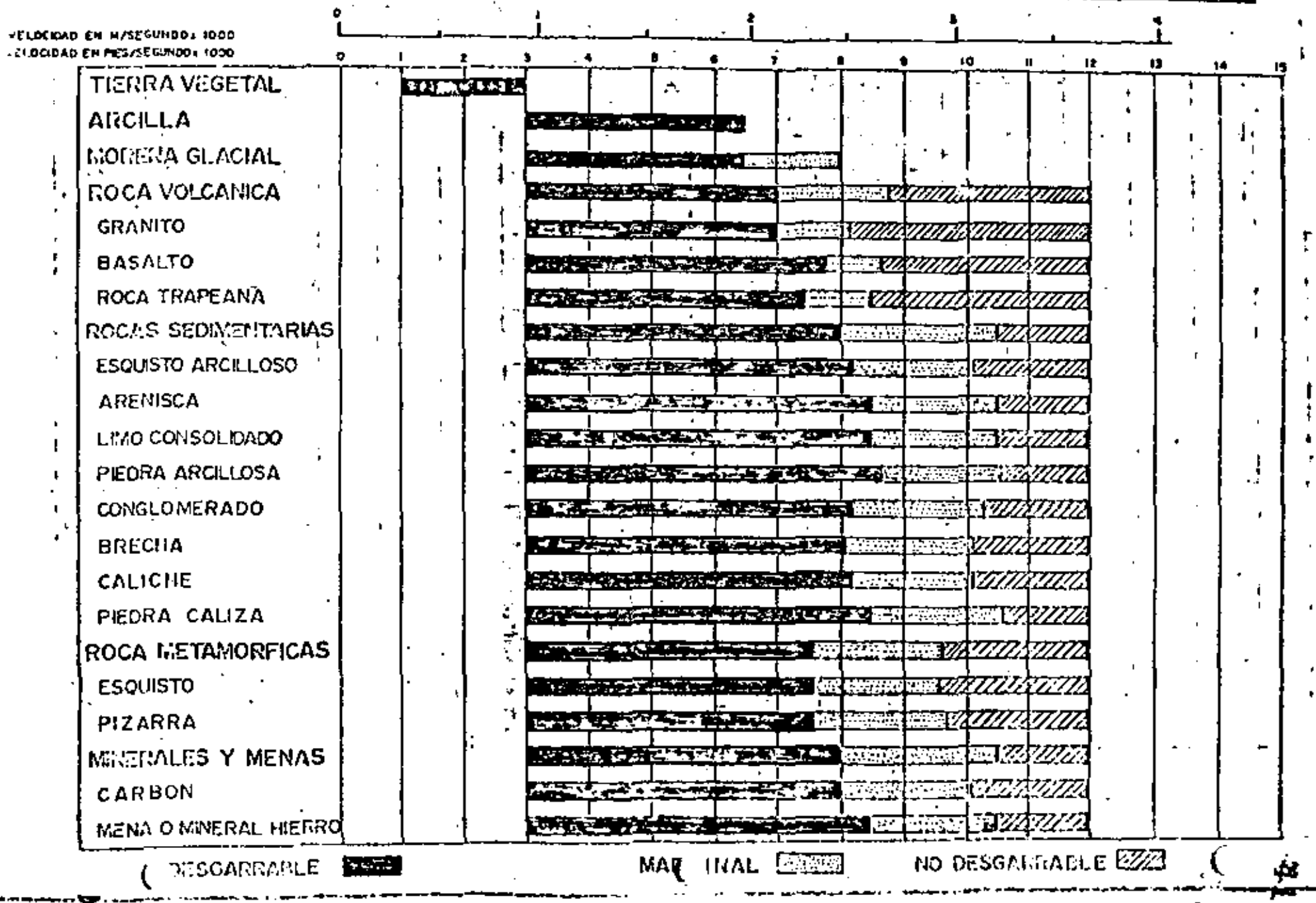
Lo anterior da un indicio de los materiales arables y deben confirmarse a través de exploraciones geológicas, muestras obtenidas mediante sondeos o la observación directa.

Ultimamente se aplica el sistema de refracción sismográfica, muy conveniente cuando se tiene bien definido el proyecto y localizados los sitios que pretenden explotarse. Se basa en que la velocidad de una onda sonora a través de un material compacto es mayor que a través de materiales suaves, de modo que las distintas velocidades sísmicas, definen ciertos límites dentro de los cuales los materiales son susceptibles a desgarrarse. Frecuentemente este sistema se complementa con -- perforaciones y observación directa, sin embargo, de aplicarse la refracción sismográfica deben analizarse con cuidado los resultados para evitar deducciones equivocadas o inciertas.

Se utiliza un aparato llamado geófono que consiste principalmente en un martillo que golpea una placa a diferentes distancias de un receptor, el cual mediante circuitos electrónicos señala el tiempo transcurrido, con lo que se obtienen las velocidades de las ondas sísmicas y se deduce el grado de consolidación de la roca. En las páginas números 41, 42 y 43 se presentan unas gráficas con los rendimientos de los tractores Caterpillar D9G, D8H y D7 equipados con desgarrador en función - de las velocidades sísmicas en distintos tipos de materiales. Como se observa, a -- mayor potencia de tractor mayor rendimiento para los efectos de afloje mediante - arado. Para materiales suaves como tierras vegetales y las arcillas de baja velocidad sísmica es un desperdicio desgarrar, en cambio rocas volcánicas, sedimentarias o metamorficas son desgarrables hasta cierto límite según la velocidad de la onda sísmisa y esto puede redundar en menores costos de producción.

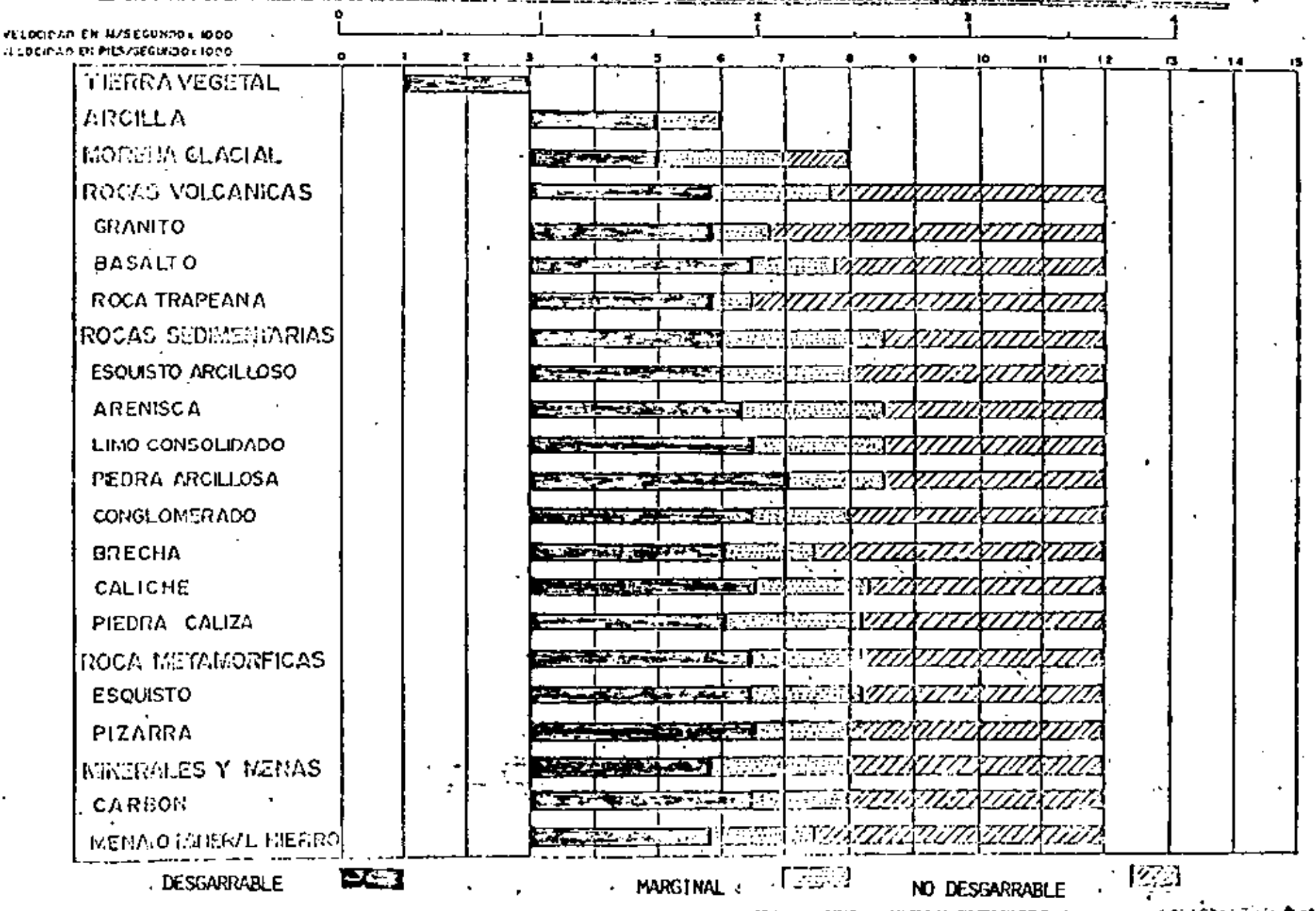
R e n d i e n t o

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 9, SERIE D, DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN TRACTOR D9G (385 hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



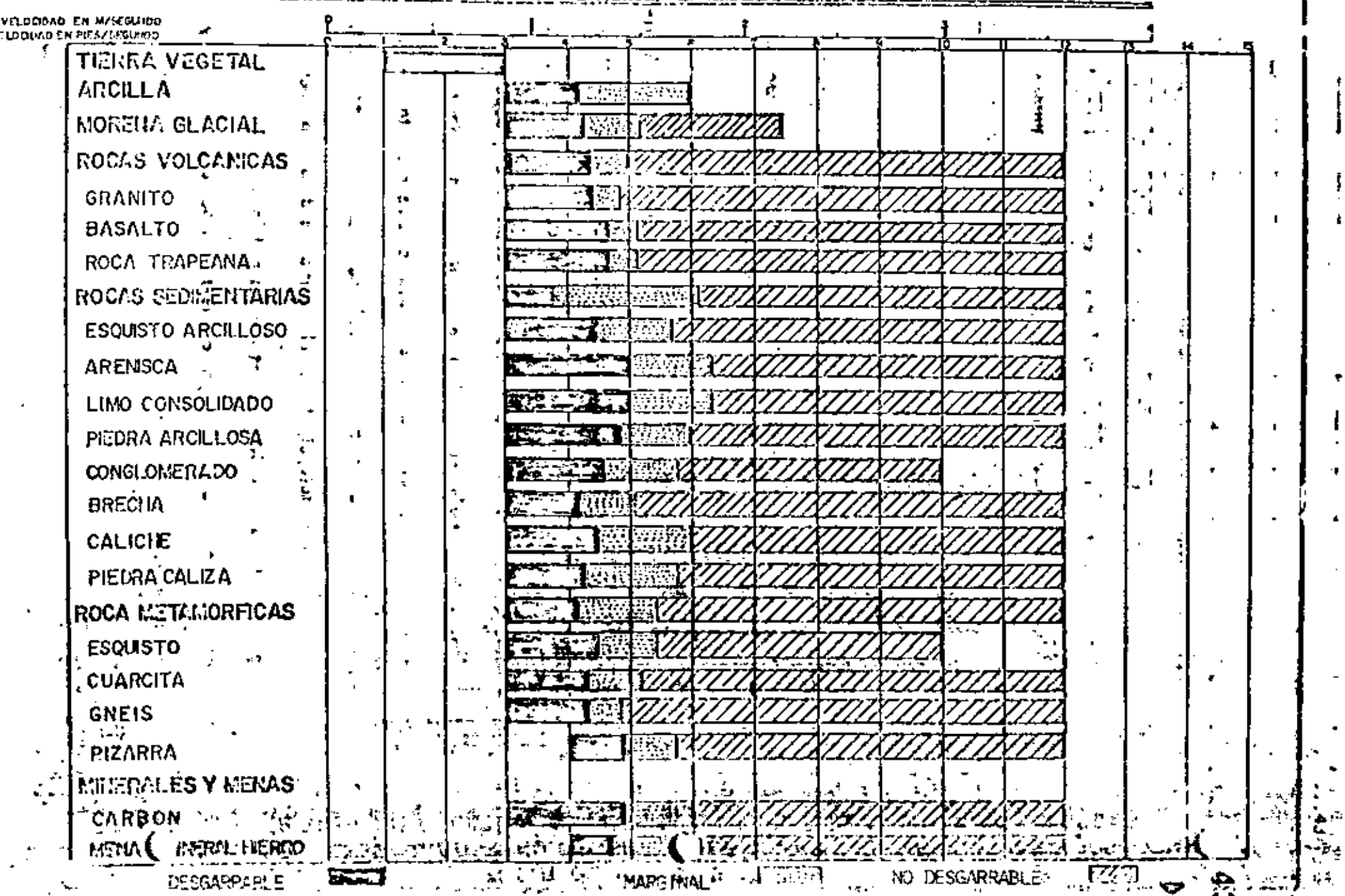
Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 8 SERIE (DE UNO Y DE VARIOS VASTAGOS, EN (TRACTOR D8H (270hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



Rendimiento

RENDIMIENTO DEL DESGARRADOR NO. 7 EN TRACTOR D7F (180hp) EN RELACION CON LAS VELOCIDADES DE LAS ONDAS SISMICAS



De no aplicarse sistemas como los anteriores para seleccionar el equipo - muchas veces el constructor en función de su propia experiencia define que -- materiales pueden atacarse con el arado. Pero siendo el arado un aditamento - que no limita la utilización del tractor, casi siempre se adquieren equipados - con desgarrador de cualquier tipo pues en caso de encontrarse materiales adecuados, se pueden aflojar sin tener la necesidad de recurrir a los sistemas convencionales de barrenación y uso de explosivos.

No debe olvidarse al analizar los costos comparativos que el aflojar roca - con explosivos actualmente resulta más económico con la aplicación de productos a base de nitrato de amonio.

Es frecuente que el constructor en muchas ocasiones no pueda definir fácilmente el tipo de arado que debe adquirir, pues la máquina que se va a utilizar puede trabajar en distintos proyectos y se presenta la duda de inclinarse por un arado tipo bisagra, tipo paralelogramo y de uno o tres dientes. Esto dependerá - de las características del material pues cada tipo de arado tiene su aplicación - propia, pero como se señaló anteriormente el de paralelogramo presenta muchas ventajas y mayor versatilidad. Un arado que trabaja con tres dientes, con mayor razon podrá rendir más con un solo diente; si el material es duro solo puede penetrar un diente. Si se tiene un arado de tres dientes podrán utilizarse todos o - trabajar solamente con uno, esto será siempre consecuencia de la experiencia y de la observación directa.

La longitud del vástago depende de la dificultad de ataque pero debe procurarse aprovecharla hasta donde sea posible, vigilando que no se rompan los vástagos. Ultimamente se ha diseñado un perno con controles hidráulicos que permite al operador del tractor ajustar la longitud necesaria sin moverse de su asiento y además los vástagos tienen una placa protectora para absorver los impactos de la roturación y con esto se evitan los rompimientos frecuentes.

Lo que más se desgasta al desgarrar roca son los casquillos, que se fabrican en tres tamaños: corto, intermedio y largo. Recomiendan los fabricantes usar el tipo de casquillo más largo posible siempre y cuando no se rompa. Esto nos lleva a tomar decisiones en función de resultados previos, pero lo importantes es evitar el rompimiento o desgaste prematuro de los casquillos pues encarecen el costo del desgarramiento.

La profundidad de penetración del vástago en las máquinas modernas puede ser hasta de 84 pulgadas, como cuando se requiere excavar en zanjas, pero esto significa un vástago con casquillos especiales y condiciones de uso rudo pues al aumentar la profundidad habrá tendencia a mayor desgaste y rompimiento de las piezas. Una penetración del órden de 30 ó 40 pulgadas es frecuente.

Los tractores sometidos a los trabajos de desgarramiento sufren deterioro en su sistema de tránsito por lo que es conveniente vigilar la correcta operación para disminuir hasta dónde sea posible los costos de reparación. Se recomienda el uso de zapatas de trabajo sobre roca de servicio extremo en lugar de usar zapatas anchas standard. Una mala operación disminuye los rendimientos y encarece los costos.

La velocidad de marcha al estar usando el arado es de 2 a 3 Km/hr., especialmente en el caso de encontrarse con materiales muy duros. De preferencia debe trabajarse cuesta abajo, sin embargo en ocasiones conviene trabajar cuesta arriba para que el peso del tractor permita una mayor penetración.

La distancia entre pasos del arado dependerá de las características de la roca y del sistema de carga del material. Si se usan motoescrepas es conveniente obtener tamaños adecuados para facilitar la carga. En caso de utilizar cargadores frontales o palas mecánica, esto permite tamaños mayores. Si el material aflojado se acarrea con bulldozer pueden modificarse aun más las distancias entre pasos. La realidad es que la separación entre cada paso del arado y la penetración del diente debe determinarse mediante tanteos sucesivos.

En la misma situación se encuentra la aplicación de uno o tres dientes, pues lo que busca el constructor es el máximo rendimiento, sin embargo la aplicación de un solo diente es más frecuente.

Los tractores que a su vez desgarran con el arado y empujen motoescrepas que están cargando el material, deben trabajar siempre en el mismo sentido para que puedan fácilmente ejercer ambas funciones.

Otras recomendaciones que señalan los fabricantes es la de aflojar en el sentido en que la estratificación del material facilite el desgarramiento y evitar que el diente penetre cuando el tractor está girando.

Cuando se encuentran materiales que oponen mucha resistencia al desgarre y previo análisis cuidadoso, pueden utilizarse dos tractores en tandem, el que va adelante equipado con el arado y el que va atrás empujando al primero y aplicando el peso de su hoja topadora sobre el propio arado. En caso de aplicar este procedimiento los arados vienen equipados con un adaptador que recibe la carga horizontal y vertical del tractor empujador.

En las páginas 48, 49 y 50 se presentan las especificaciones de los desgarradores Caterpillar que se acoplan a tractores de carriles modelos D8 y D9. Existen otras marcas de arados que pueden adquirirse en el mercado y el propio fabricante del tractor lo es de este aditamento.

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES		No. 90	No. 90	No. 80	No. 80
		Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Tipo		Ajustable	Ajustable	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)	Ajustable (opción de ajuste manual o hidráulico)
Modelo		D9G	D9G	D8H	D8H
Dimensiones principales – tractor y desgarrador					
Longitud, desgarrador alzado	–pies y pulg	23'6"	21'11"	22'4"	20'9"
	–(mm)	(7200)	(6700)	(6800)	(6300)
Longitud, desgarrador abajo	–pies y pulg	24'11"	23'4"	23'7"	22'0"
	–(mm)	(7600)	(7100)	(7200)	(6700)
Ancho máximo de desgarrador	–pies y pulg	9'11"	9'11"	9'2"	9'2"
	–(mm)	(3000)	(3000)	(2800)	(2800)
Viga:					
Longitud	–pies y pulg	4'1"	9'5"	4'1"	8'3"
	–(mm)	(1240)	(2850)	(1240)	(2500)
Sección	–pulg	14" x 15"	14" x 15"	14" x 15"	12" x 12 1/2"
	–(mm)	(355 x 380)	(355 x 380)	(355 x 380)	(305 x 320)
Espacio libre bajo la viga – levantada	–pulg	72 1/4"	72 1/4"	65 3/4"	64"
	–(mm)	(1840)	(1840)	(1670)	(1630)
en posición baja	–pulg	9 1/4"	9 1/4"	16"	14"
	–(mm)	(235)	(235)	(405)	(355)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES		No. 9D		No. 9D	No. 8D		No. 8D
		Un vástago Desgarramiento Standard	Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard	Profundo	Varios vástagos
Vástagos (uno standard – otros dos optativos): Número de vástagos				3	1		3
Posiciones de los vástagos		4	6	2	4	6	2
Longitud con la punta	–pulg	87"	109"	72"	87"	109"	65"
	–(mm)	(2210)	(2750)	(1830)	(2210)	(2750)	(1650)
Sección	–pulg	3 1/2" x 14"		3" x 13"	3 1/2" x 14"		3" x 13"
	–(mm)	(89 x 355)		(76 x 330)	(89 x 355)		(76 x 330)
Espacio de centro a centro	–pulg			53"			46"
	–(mm)			(1350)			(1170)
Penetración máxima	–pulg	55"	77"	40"	48"	70"	28"
	–(mm)	(1400)	(1960)	(1020)	(1220)	(1780)	(710)
Longitud de las puntas	–pulg	12"		12"	12"		12"
	–(mm)	(305)		(305)	(305)		(305)
Espacio libre bajo la punta Vástago levantado	–pulg	44 1/2"		33 1/2"	37 3/4"		32"
	–(mm)	(1130)		(850)	(960)		(810)

MODELOS ACTUALES CAT
ESPECIFICACIONES

DESGARRADORES – TRACTORES DE CARRILES	No. 9D	No. 9D	No. 8D	No. 8D
	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos	Un vástago Desgarramiento Standard Profundo	Varios vástagos
Cilindros hidráulicos: Dos de doble acción, diám. y carrera				
Punta —pulg	8.25" x 20.67"	8.25" x 20.67"	7.25" x 16.50"	7.25" x 16.50"
—(mm)	(210 x 525)	(210 x 525)	(184 x 420)	(184 x 420)
Levantamiento —pulg	9.25" x 21.03"	9.25" x 21.03"	8.25" x 18"	8.25" x 18"
—(mm)	(235 x 530)	(235 x 530)	(210 x 455)	(210 x 455)
Ajuste total del vástago				
Hidráulico	33"	33"	28"	28"
Manual			10"	10"
Peso, con inclusión de un diente				
Instalado —lb	13500 13900	14500	9700* 9900*	9300*
—(kg)	(6100) (6300)	(6600)	(4400) (4500)	(4200)
Peso de cada diente adicional				
Instalado —lb		800		700
—(kg)		(365)		(320)
ACCESORIOS DEL DESGARRADOR – Puntas optativas:				
Longitud media —pulg			13 1/2"	13 1/2"
—(mm)			(345)	(345)
Largas —pulg	13 1/2"	13 1/2"	15 1/2"	15"
—(mm)	(345)	(345)	(395)	(395)
Extractor hidráulico de pasadores	Optativo Standard	ND	Optativo Standard	ND

ND – No disponible *Ajuste manual del vástago. El ajuste hidráulico aumenta el peso en 200 lb (91 kg).

RENDIMIENTO.-

La producción de un tractor aflojando material con un arado dependerá de la separación entre los pasos, profundidad del vástago y de la potencia de la máquina. Influye la velocidad de marcha pero como ya se indicó debe vigilarse cuidadosamente no exagerarla, pues puede dañar seriamente la máquina.

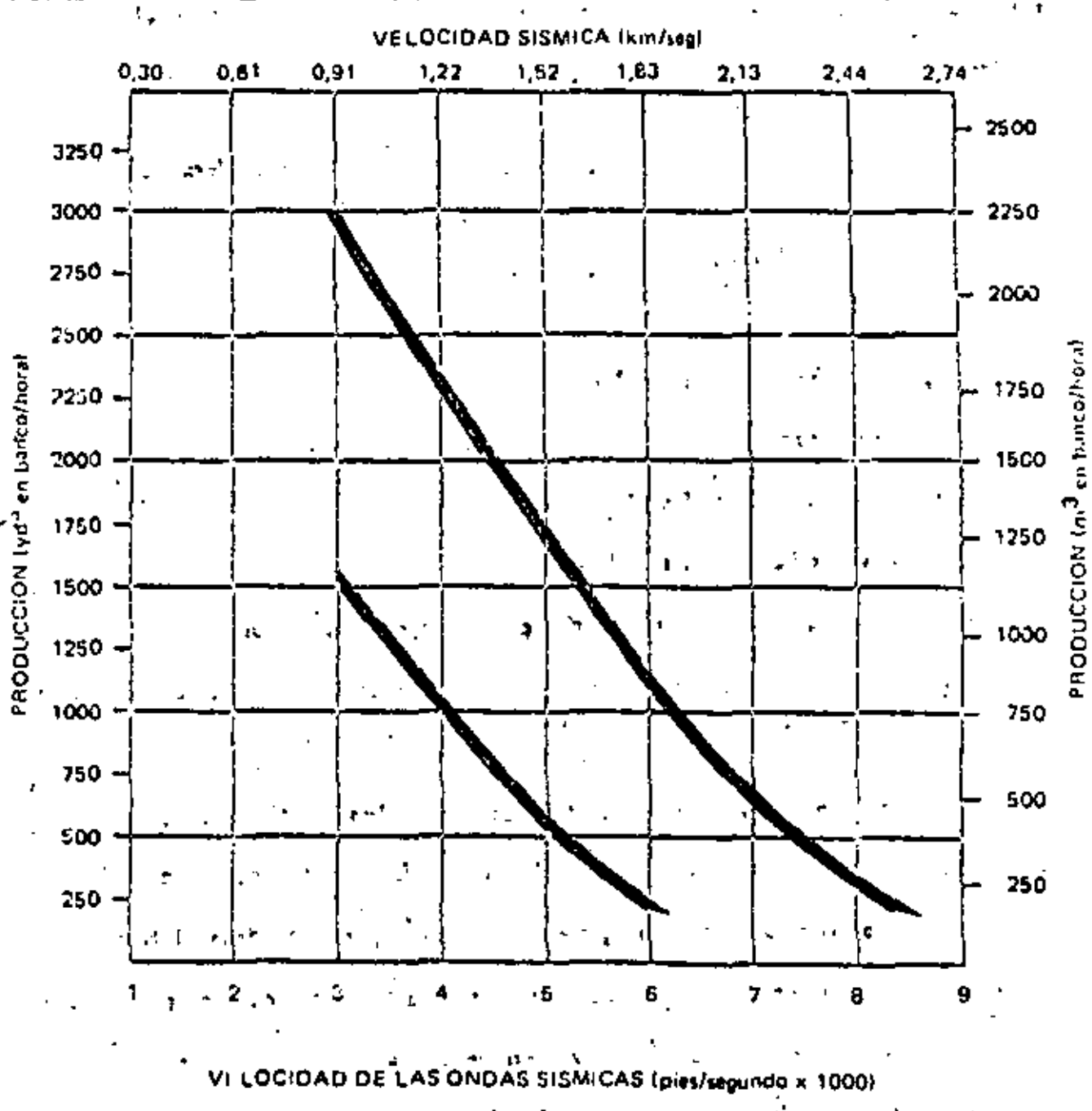
Para determinar la producción se puede aplicar la siguiente formula:

$$P = \frac{a \times h \times v}{n} \times f$$

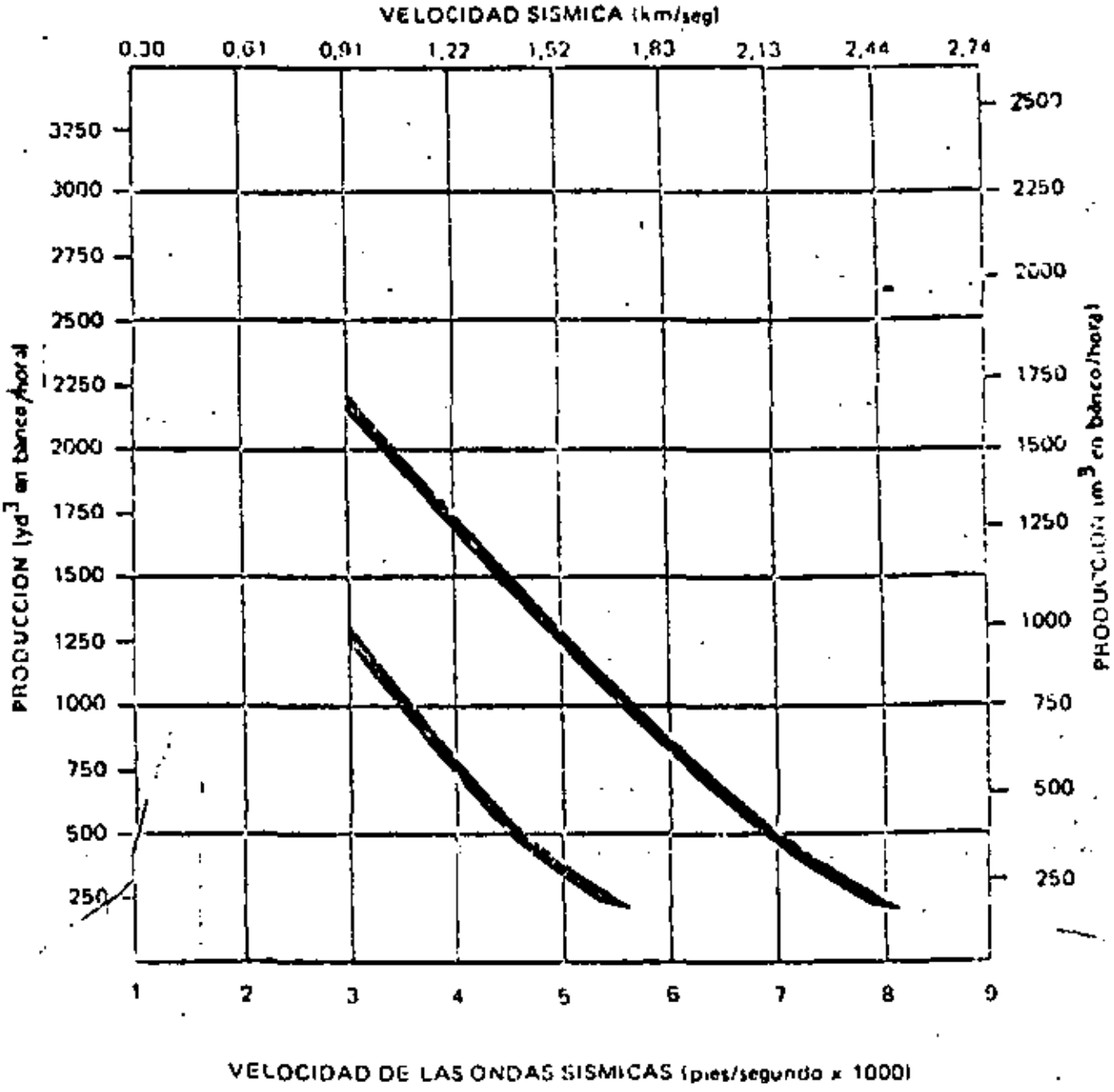
- P, es la producción en M3/hr.
- a, la separación entre pasos en metros.
- h, la penetración del vástago en metros.
- v, la velocidad en metros/hora.
- n, el número de pasos requeridos para aflojar el material.
- f, factor de corrección que se determina por observación directa según el tipo de material de que se trate.

En las páginas 52 y 53 se presentan las producciones estimadas de desgarradoras montando en tractores Caterpillar D9G y D8H. Representan condiciones ideales, por lo que su aplicación debe manejarse con cuidado y adaptándose al tipo de trabajo que se está realizando. Se considera en estas gráficas que las máquinas trabajan con una eficiencia de 100% y para velocidades sísmicas mayores de 6 000 pies/segundo debe reducirse la producción en un 25%. Es preferible usar la curva de menor producción y aplicar factores de corrección.

PRODUCCION ESTIMADA DE UN DESGARRADOR 9D montado en un D9G



PRODUCCION ESTIMADA DEL DESGARRADOR 8D montado en tractor D8H



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

R E T R O E X C A V A D O R A S

Ing Carlos M Chávarri Maldonado

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

RETROEXCAVADORAS

Introducción

Las retroexcavadoras son equipos que se utilizan en una amplia variedad de trabajos de excavación, donde el material a excavar se encuentra bajo el nivel del piso en el que se apoya la máquina.

Este tipo de excavadoras existe desde hace mucho tiempo (más de 40 años), y se desarrolló a partir de un diseño básico de orugas y operadas con motor de gasolina o diesel.

Originalmente aparecieron en el mercado de maquinaria de construcción operadas por cable y con capacidad de 3/8 a 3/4 yd3. Posteriormente, con el desarrollo del equipo de construcción fueron perdiendo aplicaciones al haber sido desplazadas por equipo operado hidráulico. Recientemente resurgieron con un nuevo diseño, completamente hidráulico y con un mayor poder de excavación dando por resultado una mayor productividad en los trabajos a desarrollar.

Las retroexcavadoras hidráulicas pequeñas, de 3/8, 1/2 y 5/8 yd3 de capacidad, además de trabajar en alcantarillados y líneas de agua como sus antecesoras operadas con cable, hacen obras de excavaciones para cimentaciones y urbanizaciones.

Las retroexcavadoras más grandes de 2 1/2 a 3 yd3 de capacidad, gracias a su alcance, profundidad y productividad se han abierto paso a nuevas aplicaciones en excavaciones en general,

...

trabajos de cantera y manejo de materiales y han desplazado, en algunos casos, a los cargadores sobre llantas, palas y dragas, que efectuaban esos trabajos.

Zona de trabajo.

Una retroexcavadora tiene un rango de acción bastante amplio en el cual se puede mover económica y eficientemente; obtener su carga correctamente, colocar el cucharón para descargar y finalmente, hacer la descarga.

Zona aproximada de trabajo de una retroexcavadora hidráulica (capacidad de 1 a 3 yd3)

Alcance	10 a 15 m
Profundidad	6 a 10 m
Altura de carga	4 a 7 m

La zona de trabajo se divide en dos áreas:

1.- Area de excavación

El área de excavación está bajo el piso en el que se apoya la máquina. Está limitada por el alcance de la pluma, brazo de excavación y cucharón. Estas piezas también limitan la máxima profundidad a la cual la máquina puede excavar.

2.- Area de vaciado.

Esta área está sobre el piso y su alcance está definido por la distancia a la que la retroexcavadora puede vaciar su cucharón fuera del área que está excavando, alrededor de sí misma, sin moverse de lugar.

El límite económico de la zona de trabajo se establece mediante

la comparación de algunas alternativas, o con algunas otras máquinas que hagan el mismo trabajo, Por ejemplo, una retroexcavadora tiene características favorables para excavar una zanja, pero su área de vaciado está limitada, Puede moverse utilizando sus medios de tracción y aumentar así su alcance de descarga, dentro de ciertos límites; pero ésto reduce su productividad.

Características de operación:

Movilidad.
Depende del tipo de tracción que posea; puede ser montada sobre orugas o montada sobre llantas.

Las retroexcavadoras más comunes son las montadas sobre orugas. Por lo general, las retroexcavadoras montadas sobre neumáticos, por su mayor movilidad, tienen un uso adecuado para excavaciones de alcantarillas y obras auxiliares en caminos y obras de urbanización.

Se utilizan donde es posible mover grandes volumenes sin necesidad de desplazamientos grandes.

Las demás características de operación y diseño son:

a) Alcance
b) Profundidad de excavación
c) Area de excavación
d) Altura de descarga
e) Giro
f) Capacidad del cucharón

Estas características, se muestran en la gráfica No. 1

Selección del cucharón apropiado.

Existe un amplio diseño de cucharones cuya selección se hace de acuerdo a:

- Tamaño de la retroexcavadora.
- Tipo y peso del material que va a ser excavado.
- Profundidad y ancho de la zanja que se requiera hacer.

Los fabricantes ofrecen equipos opcionales (cuchillas y dientes), según las necesidades del constructor, así como distintos tipos de cucharones, además de los comúnmente empleados.

Aplicaciones:

Dentro de la amplia variedad de aplicaciones de una retroexcavadora, se pueden mencionar:

1 Excavación de zanjas para drenaje y agua potable.
2 Alcantarillas y cunetas de caminos.
3 Excavación y afinamiento de canales.
4 Excavación para cimentación de edificios y casas.
5 Alimentación de equipos de trituración y cribado.
6 Carga a camiones.
7 Levantar pavimentos asfálticos deteriorados.
8 Limpieza de terrenos.
9 Colocación de tuberías de drenaje y agua potable.
10 Excavación de precisión.
11 Rellenos.
12 Desazolve de canales.

Cálculo de la producción

Factores que afectan la producción:

- Tipo de material
- Peso del material
- Abundamiento del material
- Contenido de humedad
- Facilidad de manejo
- Angulo de reposo

Factores que intervienen en el cálculo de la producción:

- Selección del cucharón
- Rendimiento horario aproximado
- Factor de eficiencia
- Coeficiente por profundidad de corte
- Coeficiente por giro
- Coeficiente por facilidad de carga
- Número de vehículos de acarreo (cuando se esté cargando camiones)

GRAFICA No. 1

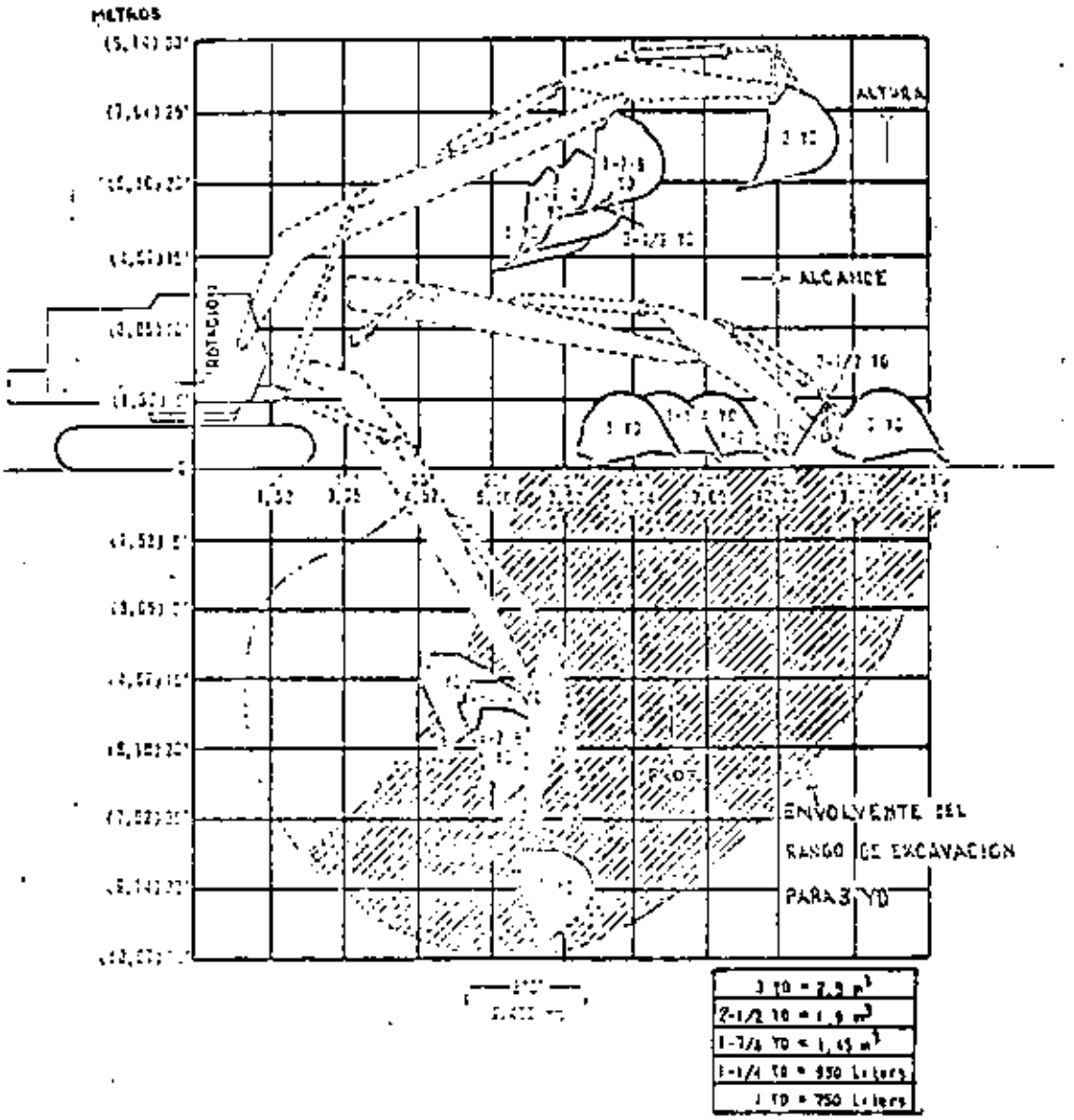

METROS
ALTURA
ALCANCE
ROTACION
ENVOLVENTE DEL
RANGO DE EXCAVACION
PARA 3 YD
3 YD = 2,3 m³
2-1/2 YD = 1,9 m³
1-3/4 YD = 1,45 m³
1-1/4 YD = 950 Litros
1 YD = 750 Litros

TABLA 1

Rendimiento horario aproximado (m3 en banco) en m3/hora.

Capacidad cucharón (yd3)	m3	Suelo arcilloso	Roca bien fragmentada
1	0.75	65 - 76	45 - 57
1 1/4	0.95	76 - 100	60 - 76
1 7/8	1.45	110 - 145	80 - 105
2 1/2	1.90	150 - 195	105 - 150
3	2.30	188 - 295	138 - 188

TABLA 2

Factor de eficiencia

	Min/hora	%	Factor
Excelente	55	92	1.1
Medio	50	83	1.0
Malo	45	75	0.9
Muy malo	40	67	0.8

TABLA 3

Carga fácil	0.95
Carga media	0.85
Carga dura	0.70
Carga muy dura	0.55

TABLA 4

Factor por profundidad de corte

Prof. máx. de corte (m)	Factor
1.5	0.97
3.0	1.15
4.5	1.00
6.0	0.95
7.5	0.85
9.0	0.75

TABLA 5

Factor por ángulo de giro

Angulo de giro	Factor
45°	1.05
60°	1.00
75°	0.93
90°	0.86
120°	0.76
180°	0.61

EJEMPLO:

Se requiere una producción mensual de 15,000 m3 en un terreno de suelo arcilloso, difícil de cargar a una profundidad máxima de excavación de 8.00 m con un ángulo de giro de 90°. Determinar qué capacidad debe tener la retroexcavadora apropiada para este trabajo.

Se trabajará 1 turno, con una eficiencia de 50 min/hora

Solución:

Horas disponibles por mes = 25 días x 8 h/día x 0.83
= 160 horas

Rendimiento teórico necesario por hora $= \frac{15{,}000 \text{ m3/mes}}{160 \text{ horas/mes}}$
= 93.7 m3/hora

Rendimiento necesario por hora (según tablas) $= \frac{\text{Rend. teórico necesario por h.}}{\text{Factor de carga x Factor de giro x factor de prof. de corte}}$

$= \frac{93.7 \text{ m3/hora}}{0.70 \times 0.86 \times 0.80}$

= 195.2 m3/hora

De la tabla 1, se considera apropiado un equipo con cucharón de 2 1/2 a 3 yd3.

Ejemplo:

Calcular el costo por m3 de material excavado y colocado a un lado de una zanja para alojar unas tuberías para drenaje. Se utiliza una retroexcavadora de 1 yd3, la zanja tiene una profundidad máxima de 7.0 m y el giro para descargar es de 90°. La zanja se hará en un suelo arcilloso de muy dura extracción. Se considera una eficiencia de la obra de 0.9
Costo horario de la retroexcavadora de 1 yd3 $ 611.40

Solución:

De la tabla 1

Rendimiento teórico = 65 m3/hora

Rendimiento real = Rend. teórico x factor de eficiencia x factor de giro x factor de profundidad de corte x factor de carga

= 65 m3/hora x 0.9 x 0.86 x 0.92 x 0.55

= 25.5 m3/hora

Costo Unitario = $\frac{\text{Costo horario de la retroexcavadora}}{\text{Rend. real}}$

= $\frac{\$\ 611.40/\text{hora}}{25.5\ \text{m3/hora}}$

= $ 23.98/m3

PROBLEMA

Se requiere cargar 2,650,000 m3 de grava-arena para la construcción de una cortina. El material se extrae del cauce del río a una profundidad promedio de 3m y un giro de 90° cargándose a camiones de 6 m3.

Equipo disponible

Retroexcavadora 4 yd3 Koering 1066	Costo horario	$ 2,378.47
Retroexcavadora 1 1/2 yd3 LS-5000	Costo horario	$ 952.60
Draga 2 1/2 yd3 LS-408	Costo horario	$ 1899.14

Tiempo de realización 15 meses

Solución

Tiempo disponible 25 x 15 x 3 x 8 = 9000 horas

Producción requerida $\frac{2,650,000}{9000}$ = 294.5 m3/hora

de la operación de las máquinas se obtuvieron los resultados siguientes:

Koering 1066 = 131 m3/hora
LS-5000 = 84.6 m3/hora
Draga = 50 m3/hora

Costos

Retroexcavadora 4 yd3 $\frac{2,378.47}{131} = \$18.15/m3$

Retroexcavadora 1 1/2 yd3 : $\frac{952.69}{84.6} = \$11.26/m3$

Draga 2 1/2 yd3 $\frac{1899.14}{50} = \$37.98/m3$

Como puede observarse el costo más bajo lo da la retroexcavadora de 1 1/2 yd3.

CONSTRUCTORA:

OBRA:

Máquina: Retroexcavadora
Modelo: Y-90
Datos Adic: 1.0 yd3

Hoja No:
Calculó: CAM
Revisó: CCBM
Fecha: 24-I-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 2'328,970.80
Equipo adicional –

Valor inicial (Va): 2'328,970.80
Valor rescate (Vr): 0 % = $
Tasa interés (i): 18 %
Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-I-80
Vida económica (Va): 5 años
Horas por año (Ha): 2000 hr/año
Motores DIESEL de 103 HP.
Factor operación: 0.75
Potencia operación: 77.25 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.01
Factor mantenimiento (Q): 0.8

CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Va} = \frac{2'328,970.80-0}{10,000} = \$\ 232.90$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ i = \frac{2'328,970.80+0}{2x2000}\ 0.18 = 104.80$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ s = \frac{2'328,970.80+0}{2x2000}\ 0.02 = 11.64$

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.01x232.90}{} = 2.32$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{0.8x232.90}{} = \underline{\underline{186.32}}$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 537.98

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc
Diesel : E = 0.20 x 77.25 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 15.45
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe
Capacidad carter: C = 11.4 litros
Cambios aceite : t = 100 horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 77.25 HP. op. = 0.38 lt/hr.

L = 0.38 lt/hr x $ 14 /lt. = 5.32

d) Llantas : Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)
Vida económica: Hv = _____ horas
Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 20.77

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 349.60
Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S/H = 349.60 / 6.64 horas =$ 52.65

Suma Operación por Hora $ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) $ 611.40

CONSTRUCTORA

Máquina: RETROEXCAVADORA

Modelo: GC-120

Datos Adic: 1.5 YD^3

OBRA:

Hoja No:

Calculó: CAM

Revisó: CCHM

Fecha: 24-I-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $3'795,000.00

Equipo adicional -

Valor inicial (Va): 3'795,000.00

Valor rescate (Vr): 0 % = $ 0

Tasa interés (i): 18 %

Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-I-80

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

Motores DIESEL de 115 HP.

Factor operación: 0.75

Potencia operación: 86.25 HP. op.

Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Factor mantenimiento (Q): 0.8

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{3'795,000-0}{10,000} = \$\ 379.5$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ i = \frac{3'795,000 + 0}{2 \times 2,000}\ 0.18 = 170.77$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ s = \frac{3'795,000 + 0}{2 \times 2000}\ 0.02 = 18.97$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.01 \times 379.5 = 3.79$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.8 \times 379.5 = 303.60$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 876.63

I. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 86.25 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 17.25

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 14.2 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 86.25 HP. op. = 0.44 lt/hr.

L = 0.44 lt/hr x $ 14 /lt. = 6.16

d) Llantas : Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 23.41

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S/H = 349.60 / 6.64 horas =$ 52.65

Suma Operación por Hora $ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) $ 952.09

CONSTRUCTORA	Máquina: DRAGA	Hoja No: 1
	Modelo: LS-408	Calculó: CAM
	Datos Adic: 2.5 YD^3	Revisó: CCHM
OBRA:		Fecha: 24-I-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $7'771,608.00
Equipo adicional -

Valor inicial (Va): 7'771,608.00
Valor rescate (Vr): 0 % = $ 0
Tasa interés (i): 18 %
Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-I-80
Vida económica (Ve): 5 años
Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
Motores DIESEL de 194 HP.
Factor operación: 0.75
Potencia operación: 145.5 HP. op.
Coeficiente almacenaje (K): 0.01
Factor mantenimiento (Q): 0.8

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{7'771,608 - 0}{10,000} = \$\ 777.16$

b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ i = \frac{7'771,608 + 0}{2 \times 2,000}\ 0.18 = 349.72$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\ s = \frac{7'771,608 + 0}{2 \times 2,000}\ 0.02 = 38.86$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.01 \times 777.16 = 7.77$

e) Mantenimiento: $M = QD = 0.8 \times 777.16 = 621.72$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 1,795.23

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 145.5 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 29.10

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 14.4 / 100 litros

Cambios aceite : t = _____ horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 145.5 HP. op. = 0.65 lt/hr.

L = 0.65 lt/hr x $ 14 /lt. = 9.10

d) Llantas : Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas . = 0

Suma Consumos por Hora $ 38.20

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 436.36

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S / H = 436.36 / 6.64 horas =$ 65.71

Suma Operación por Hora $ 65.71

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) $ 1,899.14

ONSTRUCTORA

Máquina: RETRO EXCAVADORA Hoja No:

Modelo: KOERING 1060 Calculó: CAM

Datos Adic: 4 Yd3 Revisó: CCIIM

OBRA: Fecha : 24-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 9'600,000.00 Fecha cotización: 10-1-80

Equipo adicional - Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

Motores DIESEL de 450 HP.

Valor inicial (Va): 9'600,000.00 Factor operación: 0.75

Valor rescate (Vr): 0 % = $ Potencia operación: 337.5 HP. op.

Tasa interés (i) : 18 % Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Prima seguros (s): 2 % Factor mantenimiento (Q): 0.08

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{9'600,000.00}{10,000} = \$\ 960.00$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\, i = \frac{9'600,000.00}{2 \times 2,000.00}\ 0.18 = 432.00$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha}\, s = \frac{9'600,000.00}{2 \times 2,000}\ 0.02 = 48.00$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.01 \times 960 = 9.60$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.8 \times 960 = 768.00$

Suma Cargos Fijos por Hora $2,217.60

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 337.5 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 67.50

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

$a = C/t + \begin{matrix} 0.0035 \\ 0.0030 \end{matrix} \times$ 337.5 HP. op. = 1.3 lt/hr.

L = 1.3 lt/hr x $ 14.00 /lt. = 18.20

d) Llantas : $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____ / horas = 0

Suma Consumos por Hora $ 85.70

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 499.15

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{499.15}{6.64}$ horas =$ 75.17

Suma Operación por Hora $ 75.17

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) $ 2378

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

C A R G A D O R E S

Ing Carlos M Chavarri Maldonado

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

ORIGEN DE LOS CARGADORES

La evolución de tractores potentes para el movimiento de tierras y el manejo de otros materiales pesados se ha producido con tal rapidez que es imposible generalizar acerca de las mejoras adicionales que aún puedan conseguirse en este tipo de máquinas. En los pocos años transcurridos desde la segunda guerra mundial, el desarrollo de nuevos tipos de neumáticos, grupos motopropulsores, convertidores de par, transmisiones automáticas, reducciones por planetarios en las ruedas, materiales estructurales y diseño general del tractor han hecho una realidad tanto de los tractores de ruedas como de orugas que son en la actualidad adecuados virtualmente para todo tipo de trabajo intensivo realizable con tractor.

Originalmente los tractores cargadores sólo tenían movimiento de giro del bote y vertical a lo largo de un marco que le servía de guía al bote, que se colocaba en la parte delantera del tractor Cuando el bote estaba a nivel de piso, el tractor avanzaba hacia adelante y el bote se introducía en el material para cargar; después se subía el bote a base de cables y poleas accionadas por una toma de fuerza del motor del tractor, y con el bote en esta posición, el tractor se movía hasta colocarse con el bote en la parte superior del vehículo, que se deseaba cargar y se dejaba que el bote girara por el peso del material, y del bote mismo, aflojando uno de los cables de control. De este tipo de equipo quedan muy pocos trabajando pero fueron el origen de los actuales. Estas máquinas tenían embrague de fricción y ejes de tipo usado en automoción, apenas si podían realizar trabajos de carga de materiales sueltos.

El trabajo pesado, incluyendo la excavación de material en su estado natural, estaba reservado casi por entero a las excavadoras giratorias montadas sobre orugas.

Los tractores cargadores de hoy en día nacieron principalmente de las necesidades económicas de la vida. El constructor de carreteras, por ejemplo, se enfrentó con el uso de maquinaria que no se adaptaba al ritmo de aumento del costo de los trabajos. Acudió pues, a los fabricantes de maquinaria para la construcción; la necesidad inmediata era conseguir una máquina que excavara y cargara, es decir, un tractor cargador que proporcionase:

a) Mayor producción
b) Menor costo de funcionamiento
c) Mayor movilidad
d) Más facilidad de servicio

Para esto fue necesario desarrollar, motores más potentes, mejores transmisiones, componentes hidráulicos más eficaces, en el caso de cargadores con llantas éstas deberían de ser más grandes y con base más ancha, diseñadas para suministrar la tracción y flotación necesaria.

Todo el concepto de mover una amplia variedad de materiales, en mayores cantidades, a menor costo gracias a la velocidad, potencia y movilidad, operando eficazmente, y con una sola máquina, pasó de ser un proyecto para convertirse en un hecho tan pronto como los ingenieros desarrollaron los nuevos componentes.

El campo de aplicación de los tractores sobre ruedas se ha popularizado al resolverse paulatinamente el problema histórico de obtener en la barra de arrastre la potencia adecuada en las más variadas condiciones, problema que ha señalado durante mucho tiempo la división entre tractores de oruga y sobre neumáticos.

En el año de 1954, Clark Equipment Company, lanzó al mercado su primer tractor Michigan con tracción en las cuatro ruedas, convertidor de par, transmisión automática y reducciones planetarias en las ruedas, bajo la denominación de cargador modelo 75-A, el papel del tractor de ruedas en las tareas de movimientos de tierras y manejos de otros materiales pesados, se hallaba estrechamente limitado.

Al principio, en la línea de tractores cargadores, resultaba evidente que el eslabón más débil eran los organismos de transmisión de la fuerza motriz desde el motor hasta las ruedas. De hecho, para fabricar una línea de tractores cargadores que pudiese resistir las cargas de una ardua excavación y al mismo tiempo proporcionar otras características deseables, se hizo preciso proyectar piezas diseñadas exclusivamente para este tipo de máquina.

El convertidor de par remplazó al embrague convencional. Para excavar y cargar materiales compactos el convertidor suministra un par de torsión que varía en forma continua. A diferencia del embrague de fricción corriente, el convertidor de par tiene la capacidad de multiplicar la porción. El par de torsión suministrado se adapta automáticamente a la demanda de carga. Para aprovechar plenamente la potencia que se desarrolla mediante el conjunto motoconvertidor de par, se instaló un cambio automático de cuatro velocidades. Todos los ejes se montaron sobre rodamientos de bola y rodillos, de larga duración y funcionamiento suave. Los engranajes de toda la gama de velocidades hacia adelante y hacia atrás engranan en toma constante. Los embragues hidráulicos de acción rápida que controlan el par suministrado al árbol principal de transmisión se accionan con facilidad y precisión mediante la palanca de control situadas en la columna de dirección.

Los ejes motores, tanto el de dirección como el de carga y sus carcasas hubieron de fabricarse con aceros de la más alta resistencia, para que pudieran soportar las durísimas condiciones de trabajo inherentes a la utilización de las máquinas en los terrenos más accidentados.

En el eje motor de dirección la fuerza de accionamiento es transmitida por el árbol del eje al piñón planetario a través de una junta universal.

Ponemos de relieve los puntos que anteceden sencillamente porque fueron, y aún son, factores esenciales en el diseño de un tractor realmente funcional y adecuado para infinidad de aplicaciones. Gracias a esta tecnología avanzada han surgido nuevas oportunidades para la aplicación de motores mayores y más potentes, neumáticos y otros componentes de las eficientes máquinas que constituyen los tractores cargadores.

Los cargadores son equipo de excavación, carga y acarreo y por esta causa es más conveniente en algunos casos que la pala mecánica, pues en ésta es necesario el uso de camiones para el acarreo del material aunque sea a distancias cortas.

Cuando se comparan las palas mecánicas con los cargadores, se ve que una pala mecánica tiene una duración de vida de dos a tres veces mayor que un cargador, pero hay que hacer notar que la pala mecánica impone un gasto mayor de capital, amortización e intereses del capital invertido. Por otra parte el alto costo de transportación de esta maquinaria de una obra a otra es mucho mayor.

La movilidad del cargador es superior, pues éste puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes de que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

El uso de cargadores da soluciones modernas a un problema de acarreo y carga de materiales, con la finalidad de reducir los costos y elevar la producción.

El objeto principal de este trabajo es evaluar el cargador frontal de hoy en día con relación al trabajo que realiza para la construcción.

CLASIFICAC. DE LOS CARGADORES

Por conveniencia podemos clasificar a los cargadores desde dos puntos de vista: en cuanto a su forma de descarga y en cuanto al tipo de rodamiento.

A) Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:
   a) Descarga Frontal
   b) Descarga Lateral
   c) Descarga Trasera

Descarga Frontal

Los cargadores con descarga frontal son los más usuales de todos. Estos voltean el cucharón o bote hacia la parte delantera del tractor, accionándolo por medio de gatos hidráulicos

Su acción es a base de desplazamientos cortos y se usa para excavaciones en sótanos, a cielo abierto, para la manipulación de materiales suaves o fracturados, en los bancos de arena, grava, arcilla, etc. También se usa con frecuencia en rellenos de zanjas y en alimentación de agregados a plantas dosificadoras o trituradoras.

Una derivación de este tipo de descarga, es cuando se usa el cucharón tipo concha de almeja al que también se le llama bote de uso múltiple. Este se puede abrir en dos para cargar o descargar, además de que se puede usar como bote de descarga frontal.

El objeto de que el bote se abra es que, cuando el labio superior que es el que forma la caja del bote se separa de la parte vertical y ésta queda como cuchilla topadora, y se puede usar como tal, además de que cuando está cargando se pueden forzar ciertos materiales a entrar dentro de él al cerrar las dos partes del bote. En la parte trasera del cucharón, un par de cilindros hidráulicos de doble acción hacen que éste se abra o se cierre.

Descarga Lateral

Los de descarga lateral tienen un gato adicional que acciona al bote volteándolo hacia uno de los costados del cargador. Esto tiene como ventaja que el cargador no necesita hacer tantos movimientos, para colocarse en posición de cargar al camión o vehículo que se desea, sino que basta que se coloque al vehículo paralelo.

05

Desde luego este tipo es más caro que el de descarga frontal, y sólo se justifica su uso en condiciones especiales de trabajo, por ejemplo, en sitios donde no hay muchos espacios para maniobras, como en rezaga de túneles de gran sección, o en cortes largos de camino, ferrocarriles o canales.

Descarga Trasera

Los equipos de descarga trasera se diseñaron con la intención de evitar maniobras del cargador. En éstos el cucharón ya cargado pasa sobre la cabeza del operador y descarga hacia atrás directamente al camión o a bandas transportadoras o a tolvas, etc.

Estos equipos resultan sumamente peligrosos y causan muchos accidentes, porque los brazos del equipo y bote cargado pasan muy cerca del operador.

Algunos de estos equipos han sido diseñados con una cabina especial de protección, pero ésto resta eficiencia a la máquina porque reduce la visibilidad, además de que añade peso al cargador.

En realidad han sido desechados para excavaciones a cielo abierto y sólo se usa en la rezaga de túneles, cuya sección no es suficientemente amplia, para usar otro tipo de cargador.

A este equipo de descarga trasera diseñado especialmente para excavaciones de túneles, se los llama rezagadoras y hay algunas fábricas que se han dedicado especialmente a perfeccionarlos por lo que en muchas ocasiones resulta ser el equipo adecuado para cargar el producto de la excavación dentro de túneles. Vienen montados generalmente sobre orugas, aunque algunos pequeños vienen sobre ruedas metálicas que ruedan sobre una vía previamente instalada dentro del túnel. Es muy raro encontrar este equipo montado sobre llantas.

B) Clasificación por la forma de Rodamiento:
   a) De Carriles (orugas)
   b) De Llantas (neumáticos)

Las orugas son de calibre ancho para mejorar la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

06

Los cargadores montados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

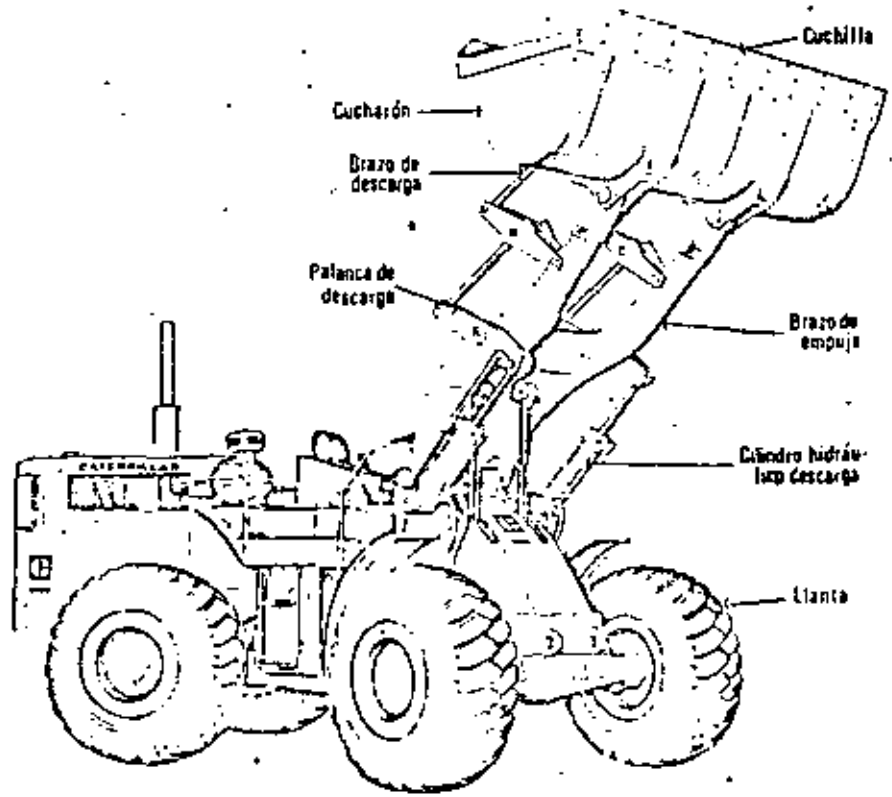
En el siguiente capítulo, se tratará con detalle los diferentes trabajos que pueden desarrollar tanto los cargadores montados sobre orugas, como los de llantas.

00. 07

DESCRIPCION DE LOS CARGADORES FRONTALES

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE NEUMATICOS

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, son equipos de excavación, carga y acarreo que tienen un cucharón o bote para estos fines y que se adaptan en la parte delantera de los tractores (Fig. 6).



Mediante la selección del convertidor de par, bombas, motores adecuados, ejes de transmisión, diferencial y reducciones planetarias perfectamente conjuntados para suministrar la máxima potencia utilizable con pérdidas por rozamientos mínimos, se pueden realizar las siguientes funciones:

1. Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.

2. Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavará, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

Estas máquinas por tanto no son simples tractores equipados con componentes adecuados para la excavación y carga, sino que son máquinas básicamente proyectadas para excavar, elevar y cargar, cada uno de ellas formada por componentes estructurales, motrices y mecánicos, plenamente integrados y concebidos para trabajar conjuntamente.

NEUMATICOS

Si los motores y trenes de transmisión han experimentado cambios lo suficientemente amplios para hacer posible la consecución del moderno cargador, para trabajos intensivos, los neumáticos también han evolucionado. Los de base estrecha inflados a alta presión han sido sustituidos por neumáticos de amplia base, alto índice de tracción, gran flotación y larga vida en servicio.

Quizás el resultado más significativo de las investigaciones sobre neumáticos, llevadas a cabo por fabricantes, es el desarrollo de neumáticos de gran base, sin cámara, especiales para el movimiento de tierra y para actuar sobre roca. Las presiones de inflado más bajas y las bases más amplias, han impulsado a una reconsideración de los conceptos de resistencia a la rodadura.

Otro resultado de la investigación llevada a cabo con neumáticos de base ancha es el referente a la presión por pulgada cuadrada ejercida sobre el suelo por el neumático, que es aproximadamente igual a la presión de

inflado del neumático.

Se ha conseguido aún otra mejora que relaciona la duración de los neumáticos con la cantidad de lonas utilizadas en su fabricación según las diversas condiciones de trabajo. Se ha demostrado mediante una gran cantidad de estudios efectuados sobre el terreno que, por ejemplo, un neumático del tipo que se utiliza en las máquinas para el movimiento de tierra, equipado con pocas lonas, suministra un área de apoyo superior.

En contra de la creencia popular de que los neumáticos de los cargadores se deterioran bajo condiciones de trabajo intensivo en proporción similar, e incluso superior a los de los neumáticos de las motoescrepas, la experiencia nos demuestra lo contrario. El armazón básico del neumático montado en un cargador se desgasta mucho más despacio, debido a que la cantidad de calor generada en el neumático es menor a la que se produce en el mismo neumático cuando este es utilizado en una motoescrepa. Esto es debido principalmente por que tanto la velocidad y distancia de acarreo de los cargadores, son menores que los de la motoescrepa.

El tractor básico del cargador se ha diseñado para permitir modificaciones en la distribución del peso, ya sea mediante el inflado de los neumáticos con agua o adición de contrapesos, por lo que se puede adaptar con mayor precisión a las diversas condiciones de trabajo.

Existe una gran variedad de tamaños de neumáticos, número de lonas y diseño de cubiertas adecuadas para su utilización en los cargadores, por lo que por considerarlo interesante anexamos la tabla que a continuación se muestra.

Dimensión Neumático	Número de lonas	Tipo de Neumático	Precio agosto-1975
23.5 x 25	20	L-3	26.538.00
	24	L-2	29,297.00
26.5x25	14	L-3	26,900.00
	16	L-3	32,552.00
29.5x25	22	L-4	46,285.00
29.5x29	22	L-3	47,967.00
	28	L-4	53,361.00
33.25x35	20	L-3	66,305.00
	25	L-3	77,738.00

L-2 Tipo de Tracción
L-3 Para Roca
L-4 Para Roca (huella profunda)

A los neumáticos se les designan, generalmente por tres números visibles en la cara lateral por ejemplo, 23.5 x 25-20 indican: el primero la anchura nominal exterior en pulgadas, el segundo, el diámetro de la llanta en pulgadas y el tercero el número de lonas.

Protección de los Neumáticos

Para aumentar la duración de las costosas llantas, se debe recomendar a los operadores que no acomoden las cargas mediante arrancones y frenajes bruscos, pues esta pésima costumbre, se traduce en severos impactos y frecuentemente causan la rotura del tejido de las lonas de los neumáticos.

La presión de aire apropiado, es base para la duración y el buen funcionamiento de estos equipos.

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales

abrasivos y fragmentos de roca que puedan dañar a los neumáticos, es práctica recomendable proteger a éstos, por medio de accesorios que constan de zapatas y eslabones de acero (Fig. 7).

Fig. 7. Cargador Frontal con Cadenas amortiguadas.

Para resolver el problema de las cortaduras y daños por calentamiento de los neumáticos, en los cargadores de gran producción, se usa una llanta sin ceja (beadless), que consiste en un cinturón de montaje reemplazable, que está compuesto de zapatas de acero

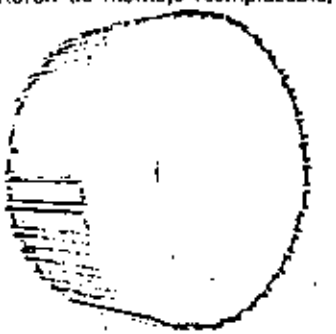


Fig. 8. Beadless

Este tipo de llantas se importan actualmente de Alemania pero está en proyecto fabricarlas en México.

Las ventajas principales que se obtienen al utilizar estas llantas son: su más larga duración y su más bajo costo de operación, para los usuarios.

MANDOS FINALES

Los cargadores montados sobre neumáticos pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices.

Por las duras condiciones de trabajo los cargadores de dos ruedas motrices están siendo desplazados en el movimiento de tierra y su aplicación más bien es para fines agrícolas.

Los cargadores con tracción en las cuatro ruedas, puesto que aprovechan un mayor porcentaje de peso en la máquina comparado con los de tracción en un solo eje, realizan la acción de excavado y acarreo mucho mejor.

La mayoría de los cargadores de cuatro ruedas motrices se dirigen con las ruedas traseras. Sin embargo, los hay con dirección frontal e inclusive en las cuatro ruedas.

Algunos cargadores utilizan un mecanismo de dirección que hacen girar la mitad delantera del tractor, incluyendo el sistema articulado del tractor y el cucharón, alrededor de un pivote central (Fig. 9). Esto ofrece las mismas ventajas que los de dirección en las ruedas traseras, manteniendo el peso del cargador directamente detrás del cucharón y haciendo que todas las ruedas sigan el rastro del trayecto del cucharón. Además, permite que el cucharón gire antes de que vire el tractor, aumentando la facilidad de la colocación, tanto en el banco como sobre el camión, reduciendo de esta manera el tiempo consumido en la distancia de recorrido entre banco y el camión.

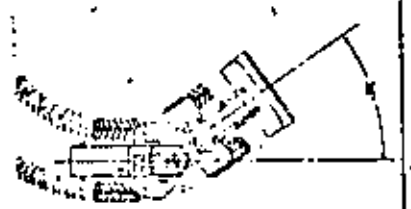


Fig. 9. Dirección de Bastidor

La fuerza de empuje describe la capacidad que tiene una máquina para hacer penetrar la cuchara en el material que se excave. La fuerza de

tracción útil disponible y las condiciones del terreno determinan la fuerza de empuje disponible. Si el operario de la máquina permite que patinen las ruedas, ello significa que se ha alcanzado la fuerza de empuje máximo y nada se consigue sino reducir la duración de los neumáticos. Puesto que el debido ajuste entre la unidad motriz y la máquina permite que el cargador haga patinar las ruedas en velocidad baja, cuanto mejores sean las condiciones del terreno, mayor esfuerzo tractor puede ser desarrollado para incrementar la acción de empuje.

El eje delantero del cargador es el que soporta los mayores esfuerzos resultantes de la excavación y el transporte de la carga.

El eje oscilante trasero se ha perfeccionado mediante el uso del sistema de dirección de doble émbolo accionado hidráulicamente, lo que proporciona al operario un manejo eficaz de la dirección con un mínimo esfuerzo. Ello permite la obtención de máxima maniobrabilidad y perfecto control del vehículo. El eje oscilante es especialmente valioso en terrenos accidentados, debido a que asegura la permanencia de las cuatro ruedas sobre el suelo con objeto de proporcionar el máximo esfuerzo de tracción.

SISTEMA DE FRENOS

Los cargadores cuentan con frenos de servicio y para estacionamiento. Los primeros son hidráulicos, con circuitos independientes para los ejes delantero y trasero; y están dotados de un sistema de alarma con objeto de que cuando se produzca algún fallo en cualquiera de los circuitos, entre en función el freno de emergencia de modo automático y se detenga la máquina. Los segundos, son de disco y se aplican manualmente.

Es importante hacer notar las ventajas que representa una adecuada conservación del sistema de frenos, ya que el costo tan elevado del equipo, nos obliga a ser muy cuidadosos en este renglón y si a eso aunamos la seguridad que representa para el personal que de alguna forma esté laborando cerca de la zona de maniobras de las máquinas, la buena conservación del sistema nos garantiza un manejo seguro y eficaz, tanto para el equipo como para el elemento humano.

CUCHARONES

Toca ahora hablar de los elementos básicos de carga, es decir, de los cucharones. Para ello, mencionaremos los diferentes tipos existentes en el mercado, concretándonos a continuación, a hacer una breve descripción de los mismos.

a) Bote Ligero
b) Bote Reforzado
c) Bote Super Reforzado con Dientes
d) Bote para Demolición
e) Bote Eyector de Roca
f) Bote de Rejilla.

a) Bote Ligero

Los equipos que únicamente van a cargar materiales sueltos y poco abrasivos tienen un bote ligero y en la parte extrema del labio inferior están reforzados por una cuchilla que es la que primero entra en el material que se va a mover (Fig. 10).

Fig. 10. Bote Lig

b) Bote Reforzado

Cuando se necesita excavar además de cargar entonces el bote es un poco más fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetración del cucharón dentro del

material (Fig 11).

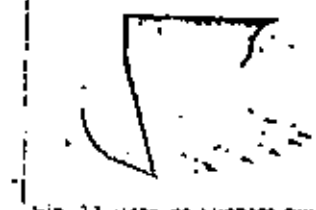


Fig. 11. Bote de Dientes para Excavar y Cargar.

Estos dientes están cubiertos por un castillo de acero especial, resistente a la abrasión y cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos con objeto de proteger a los dientes y el bote mismo

c) Bote Super Reforzado con Dientes

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar, entonces se debe usar un bote especial, super reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte (Fig. 12). Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de "V" y no llevan dientes sino cuchillo (Fig. 13).

Fig. 12. Bote Super Reforzado

Fig. 1

borde inferior en "V"

d) Bote para Demolición

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidráulica cuyos bordes son dentados (Fig. 14). Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

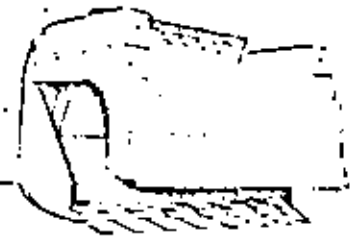


Fig. 14. Bote para Demolición

e) Bote Eyector de Rocas

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que éste avanza hasta el extremo delantero; por esta causa es posible regular la eyección del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión. La cuchilla en "V" truncada facilita la penetración y la carga (Fig 15).

Fig. 15. Bote Eyector de Roca

f) Bote de Rejilla

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a través de éstas (Fig. 16).

Fig. 16. Bote de Rejilla

Los fabricantes además de estos tipos hacen otros según las necesidades del cliente.

Capacidades

La resistencia mecánica de toda la máquina y en particular de los componentes de los brazos y la cuchara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador. Probablemente de ninguna otra parte del diseño básico del cargador, tienen los fabricantes tantas opiniones diferentes, como en el método de construir las piezas que componen el conjunto de brazos-cuchara, para mejor resistir las cargas de choque de excavación, elevación, acarreo y volteo. Cuanto menor sea el número de puntos articulados, palancas acodadas y elementos de conexión, mayor será el período de tiempo que puede esperarse que el mecanismo brazo-cuchara funcione sin fallas estructurales.

Íntimamente ligado a lo anterior esta la capacidad de los botes los cuales varían con la potencia del tractor, el uso al que se destine y también debe relacionarse al tamaño de las unidades de transporte. Por lo que si se desea adaptar uno de estos equipos a un tractor, es conveniente consultar los catálogos correspondientes, porque cada equipo ha sido diseñado para un tractor determinado, y lo anterior por lo general no será posible, ya que estos equipos vienen adaptados al tractor que corresponde desde la fábrica; pero vale la pena tenerlo en cuenta, pues una mala adaptación puede costar mucho dinero y ser infructuosa.

Las capacidades más usuales de los botes varía de 1/2 a 5 yd^3, aunque actualmente hay fábricas que están haciendo equipos más grandes, que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos, de los que más adelante se hablará.

SISTEMA HIDRAULICO

El conjunto brazo-cuchara de los cargadores, se acciona por medio de un sistema hidráulico, que está formado por una bomba que recibe movimiento del motor del tractor, un depósito general de aceite, una red de circulación cerrada del fluido, los correspondientes pistones y los controles instalados al alcance del operador en el puesto de mandos en el propio tractor.

Casi en todos los cargadores son dos pares de gatos los que se accionan, sirviendo uno de los pares para subir y bajar el equipo, mientras que el otro para accionar el cucharón en sus movimientos de excavación y volteo.

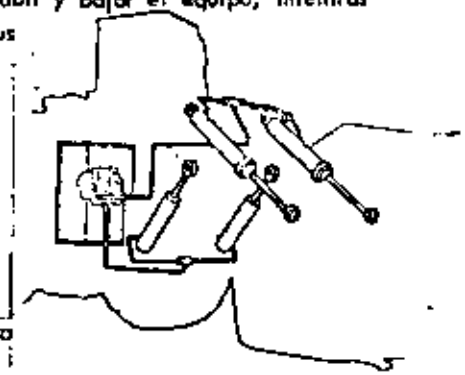


Fig. 17. Sistema Hidráulico

El tamaño de los cilindros, la presión hidráulica y la longitud de los brazos de palanca mediante los cuales se transmite la fuerza hidráulica, nos determina la fuerza de ruptura que puede ser desarrollada en el borde de ataque de la cuchara.

Los cilindros de elevación proporcionan la fuerza suficiente para elevar una carga capaz de hacer bascular la máquina sobre su eje delantero, cuando la cuchara se encuentra situada en su posición de máximo alcance hacia adelante. Esta carga se define como carga de vuelco.

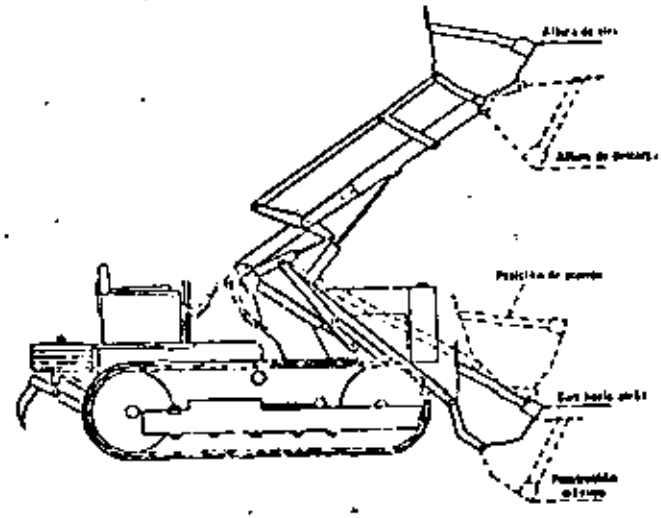
El mismo efecto se puede conseguir sujetando el borde de ataque de

la cuchara, mediante algún objeto fijo haciendo que la máquina bascule sobre su eje delantero, aplicando la fuerza de ruptura disponible. Puesto que no se puede realizar prácticamente ningún trabajo con la máquina, cuando uno de los ejes está levantado sobre el suelo, la fuerza de ruptura o capacidad de elevación que exceda del punto de carga de vuelco no tiene significado práctico alguno.

Como es lógico suponer otra bomba hidráulica independiente a la del sistema de carga y descarga de material, permite en todo momento accionar la dirección del cargador. Este sistema de dos bombas proporciona rendimientos óptimos cuando la máquina se encuentra debidamente conjuntada con el convertidor de par y con la adecuada selección de marchas.

CONTROLES AUTOMATICOS

Algunos cargadores tienen el mecanismo de descarga dispuesto de tal



Si no se desea esta inclinación hacia atrás, el operador puede usar el control de descarga para contrarrestarla. Además algunos tipos o marcas de cargadores están dotados de unos interuptores especiales automáticos, que se accionan con el pie, para detener la elevación a la altura máxima o en algún otro punto elegido y para regresar el cucharón al ángulo de excavación después de la descarga; teniendo como ventaja estos dispositivos que permiten al operador utilizar ambas manos sobre los controles del cargador mientras maniobra.

MOTOR

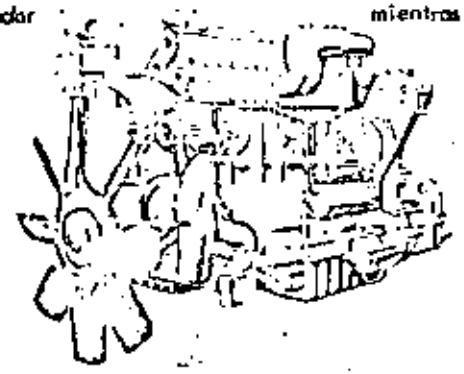


Fig. 19. Motor Caterpillar de Diesel D343 (988)

El puesto del operario por lo general se encuentra en la parte delantera del cargador pues ésto permita una visibilidad máxima de la zona de trabajo y mejor distribución del peso, debido al efecto contra-pesante del motor. Se dispone igualmente de mejor accesibilidad para el servicio, puesto que el motor se encuentra alejado de los mecanismos de carga

El motor de los cargadores por lo general es de diesel, con potencias que varían de 80 a 570 H.P., de cuatro tiempos y de cuatro a ocho cilindros, todo esto dependiendo de las características de cada cargador.

Las marcas de los motores que se usan con más frecuencia son caterpillar, Cummins y General Motors

Una de las funciones del motor de un cargador, es proporcionar la potencia necesaria para generar fuerza hidráulica para el movimiento del bote y la dirección. Hasta el 35% de la potencia del motor en H.P. es recomendable para satisfacer a ésta. La otra función es transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado, para que se cumpla, nunca se debe hallar en la barra de tiro, menos del 65% restante, deducida la fuerza de arrastre del vehículo; siendo ésta la fuerza requerida para mover el vehículo durante el transcurso de la prueba con la transmisión en punto muerto, expresándose en libras e incluye como variables mecánicas los rozamientos en los cojinetes de las ruedas, en el engranaje diferencial y otras fricciones, el esfuerzo requerido para "flexionar" los neumáticos, para compactar o desplazar el material sobre el que avanza la máquina y la tracción necesaria para remontar las irregularidades de la supercie.

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traxcavo, que es la degeneración del nombre de un modelo de una marca determinada, pero que en México se ha generalizado y se le nombra así a la de todas las marcas (Fig. 20).

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y

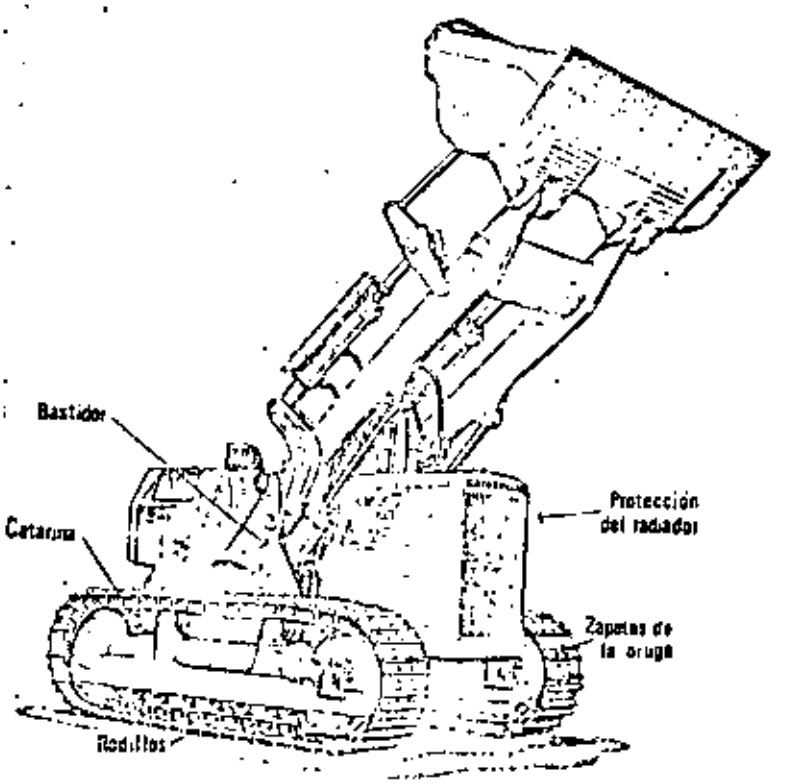


Fig. 20. Cargador Frontal sobre Orugas

motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos ya descritos anteriormente. Por esa razón en adelante se describirán solamente las diferencias más significativas.

ORUGAS

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como rolos. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que transmite la fuerza tractiva (Fig. 21).

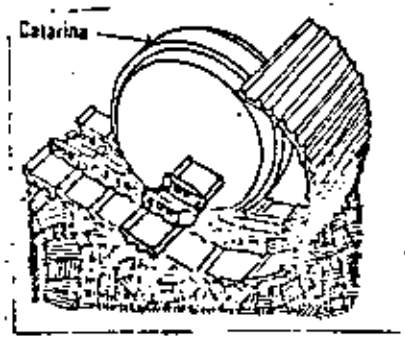


Fig. 21. Sistema de Tránsito

Un adecuado ancho y largo de las orugas es necesario para la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad (Fig. 22).

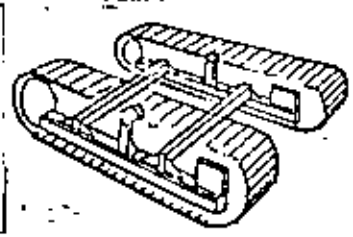


Fig. 22. Conexión Rígida entre Bastidores.

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patinan bastante sobre muchos suelos e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 3/4" aproximadamente. Este tipo de zapata proporcionan mejor tracción que las lisas pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas.

A medida que la zapata con semigarra se desgasta, las cabezas de los pernos de sujeción quedan expuestas y se desgastan y las orillas de las zapatas se debilitan de manera que pueden doblarse. Su vida puede prolongarse soldando una tira de alcación a lo largo de la barra central. Un cargador soldado de esta manera podrá tener buena tracción, pero puede producir una marcha molesta sobre terrenos duros.

Las zapatas lisas o de semigarra no son adecuados para trabajar en terrenos fodosos, ya que se hacen tan resbalosos que proporcionan poca tracción y no sujetan tablones u otros objetos colocados debajo de ellas para ayudar a salir de los agujeros. También permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un talud lateral.

La garra grande da muy buena tracción pero presenta dificultad en el pivoteo o giro. También hacen a la máquina muy susceptible a dar tirones y somete a ésta y al cucharón a impactos y sobrecargas que pueden acortar la vida del cucharón.

Para condiciones especiales pueden sujetarse garras sobre las zapatas regulares. Las garras pueden colocarse en sólo seis u ocho zapatas de las orugas uniformemente espaciadas de cada lado para el trabajo en lodo.

DIRECCION

La dirección de los cargadores montados sobre orugas se maneja por medio de un sistema de tres pedales (Fig. 23).

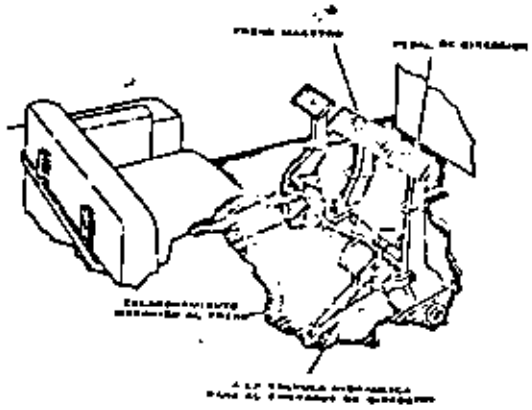


Fig. 23. Sistema de Dirección

Mediante éstos se hacen todos los giros y paradas. Para soltar el embrague de la dirección, a fin de hacer un giro lento, se oprime hasta la mitad el pedal de la derecha o de la izquierda. Cuando se requiere un giro más cerrado, se oprime el pedal hasta el fondo. El pedal del centro frena también ambos carriles, pero no suelta los embragues y puede fijarse como freno de estacionamiento. Los embragues de la dirección se enfrían con aceite y tienen varios discos para servicio pesado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS TIPOS DE CARGADORES

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se puede utilizar con ventajas en los siguientes casos:

a) Cuando sea importante el acarreo de material en tramos cortos.

b) Cuando los puntos de trabajo están diseminados.

c) Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.

d) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones de tipo legal.

e) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resisten las condiciones de trabajo.

f) Donde el terreno es duro y seco.

h) El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.

i) La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirían bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.

j) En superficies resbalosas pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección.

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desplazamiento y por ésto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos:

a) En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.

b) Cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.

c) Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.

d) Cuando los materiales son duros y no pueden excavarse fácilmente.

e) En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.

g) En trabajos que requieren volúmenes pequeños.

Por su diseño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal es su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

TIPOS DE CARGADORES EN EL MERCADO ACTUAL FABRICADOS EN MEXICO

En el mercado se encuentran varios provedores que distribuyen cargadores tanto de carriles como de neumáticos, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una determinada marca, sea la oportunidad, la existencia, facilidad de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca la casa vendedora.

El gobierno ha establecido una serie de medidas, estímulos y facilidades tendientes a procurar que parte de los bienes intermedios y de capital que actualmente se importan, sean sustituídos por productos fabricados en el país. Algunos de estos productos se fabrican en México pero no en las cantidades suficientes, para poder considerar que un determinado cargador sea considerado 100% de fabricación nacional.

A fin de proteger a la Industria Nacional productora de maquinaria, comprometidas ante el Gobierno a programas de fabricación, las importaciones de bienes de capital (maquinaria, refacciones, piezas etc.) están controladas por los Comités Consultivos para la importación de la

Secretaría de Industria y Comercio, integrada por representantes gubernamentales y de la iniciativa privada.

Los principales productos que hace la Industria Nacional para el ensamblaje de un cargador, entre otros, son: filtros, mangueras, sellos, bandas, balatas, carcasas, motores y baleros.

Para que un cargador sea considerado de fabricación Nacional, deberá de contener cuando menos el 51% de conjuntos básicos. Estos conjuntos son los siguientes:

a) Chasis o estructura principal
b) Motor
c) Convertidores o transmisiones
d) Mandos finales
e) Sistema eléctrico en general
f) Sistema hidráulico.

En México la industrialización ha seguido el proceso tradicional de los países de menor desarrollo. Esto se puede constatar en las tablas que a continuación presentamos de algunos modelos de cargadores frontales, que existen en el mercado actual en el mundo, en la cual, una minoría son de fabricación Nacional.

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	DATOS DE FUNCIONAMIENTO															MOTOR	
		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]		[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]		Marca	Modelo
Allis Chalmers	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11 000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]				
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]
Aveling Barford	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	13 100	[illegible]	N/A	N/A			[illegible]	[illegible]	[illegible]			A-C	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	21 610	[illegible]	[illegible]	11 000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	11 000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	FORD	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	30 000	[illegible]	[illegible]	21 400	[illegible]	21 000	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	LEYLAND	401
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	31 725	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	7620	LEYLAND	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Case	W14	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	9132	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CASE	[illegible]
-	W18	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	12,730	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CASE	[illegible]
-	W20	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	13 550	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CASE	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CASE	[illegible]
Caterpillar	910	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	12.500 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
- PI	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
- PI	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
Clark	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM(C)	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM(C)	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM(C)	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM(C)	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
- PI	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
John Deere	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	2 CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	V	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DEERE	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DEERE	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	PERKINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	PERKINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	37.044	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	GM	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DEUTZ	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DEUTZ	[illegible]
-	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	-	-	[illegible]	[illegible]	-	-	-	[illegible]	[illegible]	DEUTZ	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	DEUTZ	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	CAT	[illegible]

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

		MOTOR									NEUMATICOS STANDARD			TRASMISION						
Allis Chalmers	840	73/2100	D	4	340	4	4	30	35	113.7	14.00R24	10	0-4	CS PS	3	0-10.1	0-30	3	0-10.7	0-30
	840	90/2500	D	4	391	4.6	4	30	35	113.7	15.5R2	8	L-2	CS PS	3	0-10.5	0-31	3	0-10.5	0-31
Ansing Barford	TB200	122/1500	D	4	340	6.1	4	30	30	136.3	17.50R25	12	L-3	PS	4	3.7-24	0-30.6	4	3.7-24	0-30.6
	TB230	149/2400	D	6	401	9.6	4	30	30	136.3	17.50R25	12	L-3	PS	4	3.7-24	0-30.6	4	3.7-24	0-30.6
	TB250	167/2200	D	6	411	11.1	4	45.6	30	172.6	18.00R25	12	L-3	PS	4	3.6-25	0.5-40.2	4	3.6-25.5	0.6-41
	TB300	-	D	8	416	14	4	165.2	60	390.6	20.5R25	12	L-3	PS	4	3.8-23	0.8-37	4	3.8-23	0.8-37
Bro	540	66/2600	D	4	336	3.9	4	29.4	22	90.9	14.00R24	8	EARTHMOVER	PS	4	0-24.5	0-38.5	4	0-24.5	0-39.6
	541	86/2600	D	4	336	3.9	4	29.4	22	90.9	14.00R24	8	EARTHMOVER	PS	4	0-24.6	0-38.5	4	0-24.5	0-39.6
	545	118/2600	D	6	396	4.9	4	44.4	32	90.9	16.00R24	8	EARTHMOVER	PS	4	0.5-30	0.9-45	4	0.5-30	0.9-45
	547	149/2600	D	6	399	6.6	4	30	30	136.3	16.00R24	12	EARTHMOVER	PS	4	0-24.6	0-38.4	4	0-24.6	0-39.6
	564	149/2600	D	6	399	6.6	4	30	30	136.3	16.00R24	12	EARTHMOVER	PS	4	0-24.6	0-38.4	4	0-24.6	0-39.6
Case	W14	83/2200	D	4	336	6.1	4	30	31.7	114	13.00R24	8	G-2	PS,PL,SS	4	0-25	0-40.2	2	0-9	0-14.5
	W14N	83/2200	D	4	336	6.1	4	30	31.7	114	13.00R24	10	L-2	PS,PL,SS	4	0-25	0-40.2	3	0-9	0-14.5
	W12	100/2200	D	6	401	9.6	4	50	41.7	189.4	14.00R24	10	G-2	PS,PL,SS	4	0-25.3	0-41	3	0-9.5	0-15.3
	W20	100/2200	D	6	401	9.6	4	50	41.7	189.4	17.5R25	10	L-2	PS,PL,SS	4	0-25	0-40.2	3	0-9	0-14.5
	W20B	100/2200	D	6	404	9.3	4	67	50.3	210.6	20.5R25	10	L-2	PS PL	3	0-20.5	0-40.7	3	0-20.5	0-40.6
Caterpillar	910	-	D	4	318	5.7	4	31	25.4	111	15.5/55-22	8	TR	PL,PS	3	2-15	0.5-24.1	3	2-15	10.6
	920	-	D	4	415	7	4	38	33.3	148	OPT	OPT	0-3.1-3.1-3	PS	4	4-26.2	0.4-42.2	3	4.9-14.3	1.6-23.5
	930	-	D	4	415	7	4	38	38.5	148	OPT	OPT	0-3.1-3.1-3	PS	4	4.2-25.8	0.8-41.5	3	5.1-15.5	1.7-24.3
	950	-	D	4	415	7	4	53	44.3	191	OPT	OPT	1-3.1-3	PS	4	4.4-22.3	7.1-35.9	4	5.3-26.4	1.5-42.5
	966C	-	D	6	530	10.5	4	86	54.3	248	OPT	OPT	1-3.1-3	PS	4	4.8-23.6	7.7-38	4	4.7-28	1.2-45.1
	966H	-	D	6	530	10.5	4	86	79.2	360	OPT	OPT	1-1.1-4.1-4	PS	4	4.1-26.7	0.6-42	3	5.3-17	1.5-27.4
	994	-	D	8	843	14.6	4	130	108.3	496	29.5/45-25	22	1-3.1-4.1-3	PL,PS	3	3.8-19	0.1-30.6	3	3.9-18	0.1-30.6
	994H	-	D	12	1196	20.3	4	175	179	1040	OPT	OPT	1-4.1-3	PL,PS	3	4.5-25.5	7.7-38.5	3	4.5-25	7.6-40.7
Clark	30	55/2200	D	4	198.2	2.6	4	28	32.3	108	14.00R24	8	G-2	CS PS	4	4-23.2(AA)	0.4-37.3(AA)	4	4.23.5(AA)	0.4-37.3(AA)
	45B	91/2700	D	4	217	3.5	8	48	37.6	170.6	13.00R24	10	G-2	CS PS	3.8	4.1-18.6	0.6-29.8	3	4.1-18.6	0.6-29.8
	50A	120/2500	D	4	212.3	3.5	8	56	44.3	201	17.5R25	12	L-3	CS PS	3	4.1-19	0.5-30.8	3	4.1-19	0.5-30.8
	250	143/2300	D	4	204	4.7	8	70	44.3	201	20.5R25	12	L-3	CS PS	4	3.5-20.5	0.1-33	4	3.5-20.5	0.1-33
	1250	217/2300	D	6	425.6	7	8	76	63.8	263.8	23.5R25	16	L-3	CS PS	4	3.1-20.3	0-32.7	4	3.1-20.3	0-32.7
	1750	273/2100	D	8	582.4	8.3	2	110	66.7	439	29.5R25	20	L-3	CS PS	4	4.22	0.4-35.4	4	4.22	0.4-35.4
	2750	347/2300	D	8	636	14	4	160	137.5	634.1	29.5R25	22	L-4	CS PS	4	3.6-18.3	0.6-31	4	3.6-18.3	0.5-31
	4750A-HD00	512/2000	D	12	1210	20	4	270	229.2	1000.9	32.25R35	30	L-3	CS PS	4	3.4-18.3	0.5-29.5	4	3.4-18.3	0.5-29.5
	4750	612/2000	D	12	1210	20	4	270	229.2	1000.9	32.25R35	30	L-4	CS PS	4	3.4-18.3	0.5-29.5	4	3.4-18.3	0.5-29.5
	475	27501/2100	FD	2512	2110.10	21.70	4	300	410.2	1002.3	40.5/65	1.5	L-5	CS PS	4	3.1-16.3	0.26.2	4	3.1-16.3	0.26.2
John Deere	350-HD	105/2700	D	6	414	6.6	4	40	32.3	141.5	17.5R25	10	L-2	PL,PS,SS	4	0-25	0-40.2	2	0-10	0-16.1
	350-HD	115/2700	D	6	531	8.7	4	45	40.2	212.2	20.5R25	12	L-2	PL,PS,SS	4	0-25.5	0-41.5	2	0-10.2	0-16.6
Volvo	FALE1700	104/2500	D	6	364	5.8	4	37	30.6	140.3	14.00R24	12	G-2	PS	3	3.5-18.7	0.5-29.3	4	3.5-18.7	0.5-29.3
	FALE1900	104/2500	D	6	364	5.8	4	37	30.6	140.3	17.5R25	12	L-2	PS	4	3.5-18.6	0.5-31.8	4	3.5-19.8	0.5-31.8
	FALE2000	115/2600	D	6	365	9	4	53	45.8	200.4	14.00R24	12	G-2	PS	4	3.6-22.6	0.5-38.4	4	3.6-22.6	0.5-38.4
	FALE2100	137/2300	D	6	425	7	4	60	46.7	263	15.5R25	12	L-2	PS	4	3.7-21	0.5-33.8	4	3.7-21	0.5-33.8
	FALE2200	170/2300	D	6	453	10.8	4	80	66.7	300	19.5R25	16	L-2	PS	4	4-21.3	0.4-34.1	4	4-21.3	0.4-34.1
	FALE2400	190/2300	D	6	468	8.3	4	100	81.3	300.3	19.5R25	24	L-2	PS	4	4.1-21.2	0.6-34.1	4	4.1-21.2	0.6-34.1
	FALE2600	200/2400	D	6	511	14	4	140	91.7	410.2	20.5R25	12	L-2	PS	4	4.2-20.9	0.6-33.6	4	4.2-20.9	0.6-33.6
Lima HD	010LHD	70/2300	D	3	160	2.4	4	10	6.3	31.8	8.25R16	14	SPECIAL	N	(D)	0.5	0-8	(D)	0.5	0-8
	010ELHD	70/1800	GN	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	8.25R16	14	SPECIAL	N	(D)	0.5	0-8	(D)	0.5	0-8
	010PLHD	77/2300	D	4	244.56	3.7	4	40	32.3	151.3	13.00R24	16	G-2	PS	3	0-8	0-8.7	3	0-8	0-8.7
	012LHD	100/2300	D	4	325	7	4	50	41.7	189.4	17.5R25	14	L-2	PS	3	2.2-10	0.5-16.1	3	2.2-10	0.5-16.1
	012CLHD	93/2300	D	4	274	12.3	4	75	60.3	284	14.00R25	24	G-2	PS	4	3.75-14	0-22.8	4	3.75-14	0-22.8
	016LHD	270/2300	D	12	7160	19	4	125	100.3	473.9	24.00R35	24	L-2	PS	4	-	-	4	-	-
	020C	-/2400	D	6	663	14.6	4	100	100.3	250.8	29.5R25	24 FELD	L-2	PS	4	3.5-18.6	0.5-32.6	4	3.5-18.7	0.5-29.8

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricante	Modelo	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Dresser	Enc LV D	N	-	279-316	212-273	-	-	90	7003	17.5	444.5	113.75	2940.3	84.75	2140	58	1472.2	34
	Enc LVW D	N	-	279-315	212-273	-	-	90	7001	17.5	444.5	113.75	2940.3	84.75	2140	58	1472.2	34
	Litte Enc	N	-	277-31	17-283	-	-	72.75	1833.3	19	[illegible]	96	2439.5	72.5	1841.5	45	[illegible]	31
Ford	AAZ	Y	90	1.5-2	1.18-1.5	1.5	1.15	130	2704	34	863.5	224	5689.5	133	3378.2	43.5	1104.5	150
	AM	Y	99	2-2.75	1.5-2.1	2	1.5	138.5	2900.7	36	914.4	257	6531.5	132	3352.8	47.5	1222.5	151
	AM	Y	90	2-3	1.5-2.5	2.5	1.9	140	2794	35	889	250	6350.5	137	3479.8	51.5	1304.5	151
International Harvester	H-14C	N	-	1.5-3.5	1.2-2.7	1.5	1.2	165	3861	30	838.5	212.75	5400.5	97.25	2470.2	38.25	970.5	66
	H-60E	Y	30	1.5-3.5	1.18-2.7	2	1.5	187.5	3810.5	47.5	1206.5	325	8255	121.5	3086.1	63	1600.2	100
	H-60C	Y	30	2.5-4.5	1.9-3.4	2.5	1.9	111.5	2832.1	41	1041.4	250.5	6362.7	120	3051.2	55	1397.5	100
	H-80E	Y	30	3-6	2.3-4.5	3.5	2.7	118.5	3010.9	41	1041.4	291.5	7404.1	123.5	3138.9	102	2591.2	117
	H-80C	Y	30	4-7	3-5.4	4	3	114.5	2908.3	46	1168.4	263.75	6701.3	120	3048.5	113.5	2882.9	123
	H-180C	Y	40	4.5-6.5	3.4-4.9	4.5	3.4	124	3149.6	50	1270.0	320	8128.0	120	3048	120	3048.0	140
	500	T	36	5.5-12	4.07-9.1	5.5	4.07	140	3556.0	57.5	1460.5	357	9069.8	158.5	4025.9	133	3378.2	156
	H-400C	Y	45	11	8.4	11	8.4	160	4064	72	1828.8	425	10,795.0	150	4572	160	4064.0	180
	3000	N	-	1.25-1.5	946-1.13	1.25	946	102	2590.8	43	1092.2	267	6782.8	118.5	3012.9	48.5	1231.9	76
Long	4450T	N	-	3-825	2.2-470	3.75	2.70	84	2133.6	30	762.0	164	4165.6	87.5	2222.5	54.91	1394.5	51
Massey Ferguson	MF 11	N	-	1.5-2	1.1-1.5	1.5	1	130	3304	34	863.6	186	4724.4	112	2844.8	58	1473.2	67
	MF 33	N	-	1.2	1.1-1.5	1.375	1.05	108.5	2755.9	29.375	746.1	212.5	5397.5	115	2921	70.5	1790.7	83.5
	MF 40B	Y	35	2-3	1.5-2.3	2	1.5	100	2540.0	33	838.2	254	6452.6	125	3175.0	72.5	1841.5	105
	MF 35	Y	16	2-3.5	1.5-2.7	2.5	1.9	102	2590.8	30	762.0	253	6426.2	134	3403.6	72	1828.8	110
	MF 65	Y	30	3.5-4	2.7-3	3.5	2.7	100	2540.0	30	762.0	300.5	7632.7	131.75	3346.5	66	1676.4	125
	MF 72	Y	40	4.5-6	3.4-4.5	4.5	3.4	110.5	2807.0	40	1016.0	372.5	9461.5	142.75	3627.0	66	1676.4	138
	MF 88	Y	55	5.5-8	4.2-6.1	5	4.4	129	3276.6	50	1270	354.5	9000.3	147.5	3746.5	95	2413.0	144
Marchon Le Tourneau	L 700A	T	45	10-30	7.6-22.9	15	11.5	187	4750.0	90	2286.0	630	15,999.0	182	4623.8	139.5	3543.3	216
Mallard	Mallard 4000	T	45	75-2.5	57.2-1.9	1.25	.90	100	2540.0	30.5	774.7	229	5816.6	110.30(1)	2804.2(1)	46.5	1181.1	90
	Mallard 6000	T	45	79-2.9	57.2-1.9	1.75	1.3	100	2540.0	30.5	774.7	230	5842	110.5(1)	2806.7(1)	46.5	1181.1	90
	Mallard 7000	T	45	1-3	.76-2.3	2	1.5	100	2540.0	41	1041.4	236	5994	110.30(1)	2804.2(1)	46.5	1181.1	90
	Mallard 15 000	T	45	2-4	1.5-3	3	2.3	100	2540.0	43.75	1111.3	262	6654.8	110.5(1)	2806.7(1)	46.5	1181.1	120
Mylroy	M 37 Bobcat	N	(2)	120-401	101-311	185	141	71@31"	1803@31"	33@31"	838@31"	67	2.10.8	77	1956.8	30	762	30
	M 510	N	(2)	37-67	28-51	37	28	84@31"	2134@31"	17.5@31"	444.5@31"	107	2718.8	82	2082.8	53.5	1358.9	35
	M 760	N	(2)	37-67	28-51	37	28	87@31"	2209.8@31"	16.5@31"	419@31"	141.5	3592.1	83	2108.2	53.5	1358.9	36
	M 875	N	(2)	1-2	.76-1.5	1.25	.946	84	2133.6	26	660.4	150.25	3816.4	91.5	2324.1	53.25	1352.6	45
Mini Scooop	Bmc 500	Y	40	2.5-1.25	1.9-.95	2.5	1.9	96	2438.4	-	-	173	4395	85	2159	60	1524	75
Terex	TZ 21	Y	30	2-3	1.5-2.3	2	1.5	105	2667	34	863.6	225	5715	123	3124.2	75	1905.0	90
	TZ 31	Y	30	2.5-4	1.9-3.0	2.5	1.9	120	3048	37	939.8	247	6273.8	125	3175	82	2082.8	99
	TZ 41	Y	30	2.5-4	1.9-3.0	3	2.3	120	3048	41	1041.4	253	6426.2	125	3175	83	2108.2	104
	TZ 61	Y	30	3.5-6	2.7-4.6	3.5	2.7	127	3226.8	50	1270.0	264	6705.6	133	3378.2	86	2184.4	136
	TZ-71	Y	40	5.5-7	4.07-5.4	6.5	4.97	147	3732.8	58	1473	306	7772.4	162	4114.8	107	2717.8	146
	TZ 81	Y	40	9-10	6.8-7.6	8	6.1	150	3810.0	64	1625.6	426	10,820.4	160	4064.0	110	2794	153
Terex Baldwin	TZ-11	Y	40	1.5-2.5	1.15-1.9	1.5	1.15	100	2540.0	30	762.0	210	5334.0	91	2311.4	74	1879.6	91
Thomas	B-5 Mini	N	-	2-3	1.5-2.3	2	1.5	22	558.8	14	355.6	95.25	2419.4	75.5	1917.7	35	889	22
	B-51 Mini	N	-	4-6	3.05-4.6	4	3.05	35	889.0	13	330.2	110	2794.0	91	2311.4	50.5	1282.7	38
	B-51 Mini	N	-	5-7	3.81-5.3	5	3.81	35	889.0	13	330.2	112	2844.8	91	2311.4	50.5	1282.7	38
	B-62 Mini	N	-	6-7	3.81-5.3	5	3.81	35	889.0	13	330.2	122	3098.8	91	2311.4	50.5	1282.7	31
	B-62 Mini	N	-	6-7	3.81-5.3	5	3.81	35	889.0	13	330.2	122	3098.8	91	2311.4	50.5	1282.7	38
Volvo	BM 541	N	-	1.5-2.5	1-2	1.5	1	111	2819.4	28.5	724.2	210.5	5346	104	2641.6	71.5	1816.1	53.5
	BM 541	N	-	1.7-4.5	1.3-3.4	1.7	1.3	127	3226.8	30	762.0	220	5588.0	108.5	2755.9	75	1905	64
	BM 640	Y	40	1.5-4.5	1.1-3.4	2.1	1.6	118	2997.2	41	1041.4	256	6502.4	118	2997.2	77	1955.8	108
	BM 1140	Y	40	3.5-8.5	2.6-6.5	2.7	2.1	133.5	3391	41.5	1054.1	298	7569.2	130	3302	77	1955.8	115
	BM 860	Y	37.5	3.5-8.5	2.6-6.5	4.5	3.4	134.5	3416.3	47	1193.8	248.5	6308.9	130	3302	81	2057.4	136.5

2/26 -1-B

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

[illegible]	[illegible]	MOTOR									NEUMATICOS STANDARD			TRANSMISION						
		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	
		hp/rpm			cu in	litros		U.S. gal	Imp gal	Litros						MPH	km/h		MPH	km/h
[illegible]	Eng LV-8	30/2800	G	4	107.7	1.8	4	10	8.3	37.8	7.50x15	8	LUG	H	-	0-8.3	0-13.1	-	0-8.3	0-13.1
	Eng LV-[illegible]	40/2800	G	4	100.[illegible]	1.7	4	10	8.3	37.8	7.50x15	8	LUG	H	-	0-8.3	0-13.1	-	0-8.3	0-13.1
	[illegible]	25/2800	G	2	40	[illegible]	4	8	6.7	30.3	[illegible]	4	SPECIAL	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
Ford	[illegible]	[illegible]	D	4	256	4.2	4	40	33.3	151.5	15.5x25	12	L-3	PS,PL,SS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	D	6	401	6.6	4	50	41.7	189.[illegible]	17.5x25	12	L-3	PS,PL,SS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	D	6	401	6.6	4	50	41.7	189.4	20.5x25	12	L-3	PS,PL,SS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
International Harvester	H-30C	93/2300	D	6	301	4.9	4	40	35	151.4	13.00x24	8	G-2	PS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	H-50B	100/2500	D	6	360	[illegible]	4	50	41.7	189.4	16.5x25	12	L-2	PS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	H-65C	147/2500	D	6	414	[illegible]	4	64	53.3	242.3	17.5x25	16	L-2	PS,SS,CS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	H-80B	[illegible]	D	6	466	7.6	4	70	48	[illegible]	20.5x25	16	L-3	PS,SS,CS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	H-90E	[illegible]	D	6	573	9.4	4	97	80.8	367.1	23.5x25	12	L-3	PS,CS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	H-100C	[illegible]	D	6	817	[illegible]	4	115	95.8	435.3	26.5x25	16	L-3	PS,CS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	D	6	[illegible]	[illegible]	4	155	129.2	587.2	29.5x29	22	L-4	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	H-400C	[illegible]	D	12	1710	28	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	L-4	PS,SS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]	D	6	[illegible]	4.3	4	31	25.8	117.4	14.9x24	8	R-1	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
Long	445DT	43/2[illegible]	D	3	147.6	2.3	4	14.75	12.3	[illegible]	13.6x28(S)	6	R-1	CO	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
Massey Ferguson	MF11	34/2300	D	4	248	4	[illegible]	36	30	136.4	14.00x24	6	R-4	CS,PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	MF33	[illegible]/2300	D	4	[illegible]	4.1	4	37	30.8	140.2	12.00x24	4	G-2	CS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	MF44B	93/2300	D	6	354	5.8	4	51	42.5	193.3	14.00x24	10	L-2,L-3	CS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	MF55	130/2250	D	6	[illegible]	6.4	4	73	60.8	276.6	17.5x25	12	L-2	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	MF66	175/2500	D	6	318	5.2	4	73	60.8	276.6	23.5x25	12	L-2,L-3	PS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	MF77	220/2100	D	6	855	14	4	95	79.2	359.9	26.5x25	16	L-2	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	MF88	300/2300	D	6	855	14	4	130	108	454.5	29.5x29	22	L-2	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
Marathon Le Tourneau	L-700A	700/2100	D	16	1130	18.5	4	336	280	1272.9	37.5x39	36	L-3	E	(G)	0-17.25	0-27.6	(G)	0-17.25	0-27.6
Melroe	[illegible] 6000	[illegible]/2500	D	4	262	4	4	30	25	113.6	12.00x24	6	EARTHMOVER	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible] 8000	100.5/2500	D	4	260	4.2	4	30	25	113.6	14.00x24	6	EARTHMOVER	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible] 7000	[illegible]/2500	D	6	[illegible]	6.2	4	30	25	113.6	14.00x24	12	EARTHMOVER	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible] 10 000	150/2400	D	6	363	6	4	30	25	113.6	17.5x25	12	EARTHMOVER	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
[illegible]	M-371[illegible]	13/3000	G	1	21.27	.3	4	5.3	4.4	20	5.70x12	4	BAR LUG	CC	3	[illegible]	0-6	2	[illegible]	[illegible]
	M-610	36/1800	G	4	107.7	1.8	4	11	9.2	41.5	7.00x15	6	NYLON	HS	(G)	[illegible]	[illegible]	(G)	[illegible]	[illegible]
	M-700	30/2800	D	4	107.7	1.8	4	12.5	10.4	47.4	7.00x15	6	STEEL CAP	H	3	[illegible]	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]
	M-875	82/2500	D	4	276	4.5	4	33	27.5	125	[illegible]	12	DUPLEX	H	3	[illegible]	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]
Karl Schaeff	SKL 980		D	3	172.1	2.83	-	-	-	-	12.5x18	8	[illegible]	H CO	4	[illegible]	[illegible]	2	[illegible]	[illegible]
[illegible]	72-21		D	3	213	3.5	2	[illegible]	41.7	[illegible]	17.5x25	12	L-2	PL,SS,PS	3	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]
	72-31		D	4	[illegible]	4.7	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	20.5x25	12	L-3	PL,SS,PS	2	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]
	72-41		D	6	[illegible]	4.7	2	[illegible]	41.7	[illegible]	[illegible]	16	L-3	PL,PS	3	[illegible]	[illegible]	3	[illegible]	[illegible]
	72-51		D	6	426	7	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	23.5x25	16	L-3	SS,PL,PS	2	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]
	72-61	236/2300	D	6	566	9.3	2	146	121.7	553	26.5x29	22	L-4	PL,PS	3	[illegible]	[illegible]	3	0-20	[illegible]
	72-81	434/2100	D	12	85?	14	2	[illegible]	[illegible]	[illegible]	33.25x35	26	L-4	SS,PS,PL	3	[illegible]	[illegible]	3	0-17	[illegible]
[illegible]	72-11	[illegible]/2500	D	6	[illegible]	3.4	4	36	30	136.3	13.00x24	8	G-2	PL,PS	3	[illegible]	[illegible]	1	[illegible]	[illegible]
Thomas	[illegible]	16/3600	G	2	53.7	.88	4	[illegible]	6.2	31.8	6.00x12	4	-	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	20/[illegible]	G	4	107.7	1.8	4	21.6	18	[illegible]	7.00x15	6	-	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	27/2[illegible]	G	4	154	2.5	4	21.6	18	[illegible]	7.00x15	6	-	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	47/[illegible]	G	4	[illegible]	[illegible]	4	21.6	18	[illegible]	7.00x15	6	-	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	37/[illegible]	G	4	154	2.5	4	21.6	18	[illegible]	10x16.5	6	-	H	-	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]
Volvo	[illegible]	[illegible]/2300	D	[illegible]	[illegible]	4.2	4	[illegible]	24.2	[illegible]	12.4x24(S)	10(S)	R-4	PS	-	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	110/2400	D	6	313	5.1	4	37	30.8	[illegible]	14.9x24(S)	10(S)	R-4	PS	[illegible]	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	110/2400	D	6	313	5.1	4	[illegible]	42.5	[illegible]	20.5x25	12	L-2	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]/2300	D	6	[illegible]	6.7	4	[illegible]	50.8	[illegible]	20.5x25	16	L-2	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]
	[illegible]	[illegible]/2300	-	6	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]	[illegible]	23.5x25	16	L-4	PS	4	[illegible]	[illegible]	4	[illegible]	[illegible]

2169

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	DATOS DE FUNCIONAMIENTO															MOTOR	
		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]		[illegible]		Marca	Modelo
		mm	lb	kg		lb	kg	lb	kg	lb	kg	Grad	in	mm	in	mm		
Erickson	Pro Lift 6	482.6	3700	1678.3	N	1900	861.8	N/A	N/A	2900	1315.4	-	6	152.4	73	1854.2	WISCONSIN	VH4D
-	Big Lift 6	863.6	3700	1678.3	N	1900	861.8	-	-	2900	1315.4	-	6	152.4	73	1854.2	FORD	[illegible]
-	Little Eric	787.4	2900	1315.4	N	1500	680.4	N/A	N/A	1600	725.8	-	6.5	165.1	62	1574.8	ONAN	NHC
Ford	A62	2914.7	14 800	[illegible]	N	14 800(K)	[illegible](K)	12 860(K)	[illegible](K)	17 800(L)	[illegible](L)	81	15.5	393.7	[illegible]	[illegible]	FORD	256-T
-	A64	2819.4	25 450	[illegible]	N	17,300(K)	7836 (K)	14 850(K)	6727 (K)	20 500(H)	[illegible](H)	80	16	406.4	[illegible]	[illegible]	FORD	401-D
-	A66	2819.4	25 300	[illegible]	N	21 800(K)	[illegible](K)	19 700(K)	[illegible](K)	21 000(P)	[illegible](P)	80	18	457.2	[illegible]	[illegible]	FORD	401-T
International Harvester	H-30C	2184.4	17 450	7904.4	N	11 571	[illegible]	11 571	[illegible]	21 [illegible]	[illegible]	41	16.5	419.1	[illegible]	[illegible]	IH	G 301(G)
-	H-60B	[illegible]	21 [illegible]	[illegible]	N	14 [illegible]	[illegible]	13 [illegible]	[illegible]	21 [illegible]	[illegible]	43	14.8	375.9	[illegible]	[illegible]	IH	D-360
-	H-65C	2743.2	[illegible]	13 [illegible]	N	20 [illegible]	[illegible]	18 [illegible]	[illegible]	24 [illegible]	[illegible]	[illegible]	15.4	391.2	[illegible]	[illegible]	IH	DT-466
-	H-80B	[illegible]	[illegible]	16 [illegible]	N	23 [illegible]	10 [illegible]	21 [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	13.9	353.1	[illegible]	[illegible]	IH	DT-466
-	H-90E	[illegible]	[illegible]	17 [illegible]	N	26 [illegible]	12 [illegible]	[illegible]	11 [illegible]	[illegible]	[illegible]	43	16.5	419.1	[illegible]	[illegible]	IH	DVT 573B
-	H-100C	[illegible]	46 [illegible]	21 [illegible]	N	35 [illegible]	16 [illegible]	[illegible]	15 [illegible]	[illegible]	[illegible]	45	23.25	590.6	[illegible]	[illegible]	IH	DT-817C
-	560	[illegible]	70 [illegible]	[illegible]	N	45 [illegible]	20 [illegible]	[illegible]	21 [illegible]	[illegible]	[illegible]	43	20.8	528.3	[illegible]	[illegible]	IH	DT-817C
-	H-400C	4577	129 [illegible]	[illegible]	N	87,750	[illegible]	74 [illegible]	33 [illegible]	[illegible]	[illegible]	45	18.5	470	[illegible]	[illegible]	CUMMINS	VT-1710-C
-	[illegible]	1930	12 [illegible]	[illegible]	N	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	15	381	[illegible]	14,1[illegible]	IH	C [illegible](G)
Long	445DT	3057.4	6750	[illegible]	T	3400	1542.4	N/A	N/A	4450	2018.[illegible]	35	18.3	464.8	[illegible]	[illegible]	UTB	D-115
Massey Ferguson	MF11	3062.6	14 [illegible]	[illegible]	N	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	10 [illegible]	4535	47	15	381	144	[illegible]	PERKINS	A4.248
-	MF33	3170.9	19 300	[illegible]	N	8500	3856	N/A	N/A	14 300	[illegible]	44	16	406.4	164	[illegible]	PERKINS	A4.248
-	MF44B	3092.4	20 200	[illegible]	N	13 500	6116	12 000	[illegible]	[illegible]	[illegible]	43	14.8	368.3	212	[illegible]	PERKINS	A6.354
-	MF66	3794	26 300	11 [illegible]	N	16 500	7474	15 500	[illegible]	25 000	11 3[illegible]	41	16.25	412.8	[illegible]	[illegible]	PERKINS	V8.510
-	MF88	3302	34 100	15 447	N	25 450	11 [illegible]	22 400	[illegible]	30 [illegible]	13 [illegible]	42	15.4	391.2	232	[illegible]	GM	6V-53N
-	MF77	3505.2	42 100	19 1[illegible]	N	30 500	13,816	21 010	17,221	39 300	17 [illegible]	42	18	457.2	[illegible]	[illegible]	CUMMINS(T)	N 855C
-	MF99	3708.4	60 000	27 1[illegible]	N	42 000	19 [illegible]	31 [illegible]	14,0[illegible]	61 000	27 6[illegible]	41	17.5	444.5	[illegible]	[illegible]	CUMMINS(U)	NT855C 310
Marathon Le Tourneau	L-700A	5486.4	135 000	61 [illegible]	N	117 000	53 001	105 000	47 565	175 000	[illegible]	50	19	482.6	[illegible]	[illegible]	DETROIT(V)	16V71T
[illegible]	[illegible] 4000	2438.4	14 [illegible]	[illegible]	N	[illegible]	[illegible]	[illegible](H)	[illegible](H)	[illegible]	[illegible]	[illegible]	16.25	367.4	[illegible]	[illegible]	FORD	2714E
-	[illegible] 6000	2438.4	16 [illegible]	7474	N	16 000	[illegible]	[illegible]	3714.5	15 [illegible]	[illegible]	[illegible]	15.75	387.4	[illegible]	[illegible]	FORD(E)	2714E
-	[illegible]	2438.4	16 [illegible]	[illegible]	N	14,[illegible]	[illegible]	11 [illegible]	[illegible]	15 [illegible]	[illegible]	[illegible]	16.25	367.4	[illegible]	[illegible]	FORD(E)	2714E
-	[illegible]	[illegible]	21 [illegible]	[illegible]	N	20 [illegible]	[illegible]	[illegible]	7479.7	27 [illegible]	10 [illegible]	31	15.75	387.4	[illegible]	[illegible]	FORD(Y)	2704E T
Melroe	M-371 Bobcat	711.2	[illegible]	[illegible]	N	1750	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	5.75	146.1	[illegible]	[illegible]	KOHLER	K-301 S
-	M-610	[illegible]	3[illegible]	1729	N	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	1850	[illegible]	[illegible]	8	203.2	[illegible]	[illegible]	WISCONSIN	VH4D
-	M-700	[illegible]	4330	1964	N	2500	1133.9	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	8	203.2	[illegible]	[illegible]	WISCONSIN	VH4D
-	M-871	1143	11 [illegible]	5?7?	N	[illegible]	[illegible]	N/A	N/A	8700	[illegible]	[illegible]	9	228.6	[illegible]	[illegible]	DEUTZ	4 FPL
Karl Schaeff	SKL 300	1840	8[illegible]	[illegible]	-	5000	[illegible]	-	-	[illegible]	2 [illegible]	30	[illegible]	[illegible]	150	3800	DEUTZ	F3L 912
Terex	72-11	3429	21,700	9?3?	N	15 400	[illegible]	14 [illegible]	6343	[illegible]	[illegible]	45	12	304.8	[illegible]	11 [illegible]	DETROIT	6-71N
-	72-31	2514.6	28,100	12,7[illegible]	N	18 000	[illegible]	16 070	[illegible]	28 [illegible]	12 [illegible]	47	12	304.8	[illegible]	11 [illegible]	DETROIT	4-71N
-	72-41	2545.4	31,200	14 1[illegible]	N	21,000	[illegible]	18 400	[illegible]	26 000	11 7[illegible]	[illegible]	12	304.8	477.1	11 911	DETROIT	6-71N
-	72-51	2747.2	38,100	16 3[illegible]	N	16 400	[illegible]	14 200	6343	40,100	[illegible]	45	12	304.8	[illegible]	[illegible]	DETROIT	6-71N
-	72-71	[illegible]	78,700	34 [illegible]	N	47 100	21 [illegible]	44 [illegible]	20,[illegible]	65 [illegible]	[illegible]	40	18	457.2	[illegible]	[illegible]	DETROIT	8V-71T
-	72-81	4151	111 [illegible]	50 [illegible]	N	78 [illegible]	35 [illegible]	69 [illegible]	31 574	81 [illegible]	[illegible]	44	18	457.2	[illegible]	15 [illegible]	DETROIT	12V-71T
Terex Benford	72 11	2362.2	16 [illegible]	[illegible]	N	10 450	4732	[illegible]	4317	16 [illegible]	[illegible]	41	16	406.4	[illegible]	[illegible]	C.M. REDFORD	330
Thomas	T-1700	613	3400	1542	N	1400	634	N/A	N/A	1500	[illegible]	[illegible]	5.75	146.1	[illegible]	[illegible]	WISCONSIN	TJD
-	T-[illegible]	[illegible]	3600	[illegible]	N	2400	[illegible]	N/A	N/A	[illegible]	[illegible]	[illegible]	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VH4D
-	T-[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	N	3600	1632.9	N/A	N/A	[illegible]	1270	[illegible]	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VG4D
-	T-[illegible]	[illegible]	7000	[illegible]	N	4500	[illegible]	N/A	N/A	3100	[illegible]	[illegible]	8	203.2	73	1854.2	PERKINS	4.108
-	T-[illegible]	[illegible]	7000	[illegible]	N	4540	[illegible]	N/A	N/A	3100	[illegible]	[illegible]	8	203.2	73	1854.2	WISCONSIN	VG4D
Volvo	[illegible]	2275	17,300	[illegible]	N	7740	3[illegible]	-	-	9100	[illegible]	44	14	355.6	[illegible]	11,2[illegible]	VOLVO	D 47
-	[illegible]	2438.4	21,700	[illegible]	N	[illegible]	[illegible]	-	-	12 [illegible]	[illegible]	45	15.5	393.7	[illegible]	11,2[illegible]	VOLVO	D 50
-	[illegible]	2642.4	22 [illegible]	[illegible]	N	15,750	[illegible]	14 [illegible]	[illegible]	17 [illegible]	7711.7	43	16	457.2	[illegible]	[illegible]	VOLVO	D 60
-	[illegible]	2895.6	26 [illegible]	12 [illegible]	N	18 450	[illegible]	16 [illegible]	7257.6	19 1[illegible]	[illegible]	40	17.5	444.5	[illegible]	[illegible]	VOLVO	D 70
-	[illegible]	3467.1	31 400	[illegible]	-	29,800	11,[illegible]	23 [illegible]	10 [illegible]	27 [illegible]	12 [illegible]	46	15.6	381	[illegible]	12,[illegible]	VOLVO	TD 100

229

PI	—	Se puede Importar
EM	—	Ensamblado en México
*N	—	No
Y	—	Si
†N	—	No
Y	—	Si
**	—	La estabilidad de la máquina depende del tamaño de llantas, balasto en llantas traseras, o de accesorios utilizados.
±D	—	Diesel
G	—	Gasolina
oCP	—	Cara de laminación transversal
OPT	—	Opcional
TR	—	De tracción
■A	—	Automática
CC	—	De embrague tipo convencional
CS	—	Contraeje
E	—	Eléctrica
GD	—	De engranajes
H	—	Hidrostática
HS	—	DE vaivén hidráulico
L	—	De cierre
PL	—	Planetaria
PS	—	De cambio automático
SA	—	Semiautomática
SS	—	De cambio suave
VS	—	De poleas variables

Todo item N/A — No aplica

(A) Modelo Ford 2711-E disponible como opción
(B) Modelo Ford 2713-E disponible como opción
(C) Modelo Perkins T6.354 disponible como opción
(D) Cangilón para uso general.
(E) Con cabina
(F) Solamente máquina
(G) Infinitamente variable
(H) Motor eléctirco
(I) Adelante—frente al operador
(J) Frente, trasero
(K) Con llantas normales, balasto con llantas traseras; cangilón normal, cabina, combustible y 175 lbs. (79 kg) por operador.
(L) Al cangilón: Levantamiento = 16,200 lbs. (7338.6 kg).
(M) Todavía no se encuentra disponible.
(N) Al cangilón: levantamiento = 18,800 lbs. (8516.4 kg).
(P) Al cangilón: levantamiento = 22,500 lbs. (10,193 kg.)
(Q) Modelo D-282 diesel también disponible
(R) Por fuera de cangilón.
(S) Llantas traseras
(T) Modelo GMC 6V-71-N también disponible
(U) Modelo GMC 8V-71-N también disponible
(V) Modelo Cummnis VTA-1710-C también disponible.
(W) Sin extra balasto.
(X) Modelo Perkins 6.354 también disponible.
(Y) Perkins T6.354 también disponible. Ambos modelos con turbina.
(Z) Dirección de largueros
(AA) Con llantas normales
(BB) Con llantas normales y techo de protección
(CC) Modelo Cummins también disponible.
(DD) Con brazos de alta elevación opcionales.
(EE) Cangilón de canto derecho.
(FF) Con llantas normales y dientes de cangilón
(GG) Con llantas normales, techo de protección lámparas inundantes.
(HH) Bajo articulación
(II) Incluye tanque lleno, operador, cangilón y llantas 15.5 x 25— 8PR.
(JJ) Medido 3 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante, con espiga de cangilón como pivote.
(KK) Incluye llantas 15.5 x 25 — 12 PR con 846 lbs. (382 kg) de solución $CaCl_2$ en llantas traseras.
(LL) Incluye llantas 17.5 x 25 — 12 PR con 1182 lbs. (540 kg) de solución $CaCl_2$ en llantas traseras.
(MM) Incluye llantas 25.5 x 25 — 20 PR con 3038 lbs. (1380 kg) de solución $CaCl_2$ en llantas traseras.
(NN) Incluye cabina estándar y llantas 38.00 x 39-30-PR con 7880 lbs. (3570 kg) de solución $CaCl_2$ en llantas traseras.

CARGADORES DE ORUGA

[illegible]	[illegible]	yd³	m³	yd³	m³	lb	kg	lb	daN	lb	daN	in	hp	[illegible]	mm	[illegible]	mm	in	mm	lb	kg	lb	kg	lb
J I Case	350	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	450	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	850	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	1150B	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	1450	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Caterpillar	931	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	941B	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	955L	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	977L	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	983	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
John Deere	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	JD450C	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	-
-	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	-	-	[illegible]
International Harvester	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	175C	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	250C	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
JCB	110	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Massey Ferguson	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
-	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

CARGADORES DE ORUGA

	Modelo	Fuerza de separación del cazo (kg)	Fuerza de levantamiento del cazo (kg)	Fuerza de levantamiento del brazo (kg)	Potencia del motor (kW / rpm)		Motor: Marca	Motor: Modelo	Potencia del motor (kW / rpm)	Número de cilindros	Cilindrada (cm³)	Diámetro (mm)	Carrera (mm)	Tipo de bomba de inyección	Tipo de bomba de inyección	Tipo de bomba de inyección	Ancho de la cadena (mm)	Carriles: Ancho de la cadena (mm)	Carriles: Ancho de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Carriles: Longitud de la cadena (mm)	Pendiente (%)
		kg	Dmg	Dmg	kW	rpm			kW/rpm		cm³	Mmm	mm	kW/rpm	rpm	l/min	mm	kg	daN	kN	mm	pol	kPa	kN	mm	
3 Eme	7M	2404	40	110	11	279.4	CASE	D1800	30/2000	4	188	3.1	10	13.3	40.5	33	12	304.8	42	1092.2	-	-	10-14	304.8-355.6	GD
-	9M	3400	40	110	12	304.8	CASE	D1800	31/2000	4	188	3.1	10	14.7	75.8	35	12	304.8	52	1300.8	-	-	12-14	304.8-355.6	PE
-	8M	4540.5	40	105	10	254	CASE	4.390-90	22/2000	4	201	4.0	10	20	136.4	39	12	330.2	64	1371.6	-	-	13-14	330.2-355.6	PE
-	11M	8346	40	105	13	330.2	CASE	4.390-90	30/2100	4	483	7.4	12	43.3	186.8	40	15	381	67	1574.8	-	-	15-16	381-406.4	PE
-	15M	12 292	40	105	19	381	CASE	4.390-90T	130/2100	6	904	9.3	16	54.7	246.4	50	15	381	86	1879.6	-	-	16-18	381-457.2	PE
Caterpillar	931	4536	-	-	13.1	344	CAT	3304	42/2400	4	314	6.2	30	26	114	30	12	304	54	1420	-	-	-		PL, PE
-	941B	8510	-	74	19(G)	300(G)	CAT	D330	80/2000	4	479	7	47	38	156	38	13	330	80	1520	-	-	-		PS PL
-	951A	10 600	-	75	19.7(G)	420(G)	CAT	D339	130/2100	4	420	7	46	56.7	257	41	15	381	68	1680	-	-	-		PS PL
-	977L	15 300	-	75	[illegible](G)	450(G)	CAT	D333	190/1950	6	639	10.5	160	93.3	378.7	41	14	356	75	1930	-	-	-		PS PL
-	988	19 050(G)	-	75	22.5 (G)	500(G)	CAT	D343	275/2000	6	895	14.6	130	112.5	510	42	22	560	93	2540	-	-	-		PS PL
John Deere	JD310B	5400.5	40	70	19.75	326.6	JOHN DEERE	JD3152	43/2500	3	152	2.5	57	18.3	41.2	30	12	304.8	48	1318.2	7.2	49.7	12	304.8	CD PSB
-	JD410C	6013.4	40	70	14.75	382	JOHN DEERE	JD4219	60/2500	4	219	3.9	84	26.7	117.3	37	14	355.6	52	1300.6	7.8	53.8	14	355.6	PE
-	JD810	7144	40	70	14.75	382	JOHN DEERE	JD4276	72/2300	4	276	4.5	84	35.2	147.3	37	14	355.6	52	1329.6	8.5	58.6	14	355.6	PE
Eimco Tiny	8M	-	-	-	6	154.4	EIMCO	271	22/1200	3	-	-	-	-	-	25	8	229.6	45	1143	-	-	6	229.6	AMD
-	9M	3404	-	-	6	152.4	EIMCO	271	22/1200	3	-	-	-	-	-	28	9	229.6	45	1143	-	-	6	229.6	AMD
International Harvester	500B/75	4312	40	-	13.1	330.2	INTERNATIONAL	D-154	46/2500	3	165	3.9	27.5	22.5	104.1	36	12	304.8	60	1219	7.6	52.4	10-14	254-356	PE
-	550C	6804.3	36.5	90.9	12.8	381.1	INTERNATIONAL	D-239	55/2500	4	239	3.9	36	25	113.7	37	12	304.8	52	1320.8	8	52.5	12-14	304.8-356	PS CB
-	1250C	9534.3	36.5	89.9	15	381	INTERNATIONAL	DT-239	70/2500	4	239	3.9	36	34.7	144.5	38	13	330.8	54	1371.6	8.6	60.2	13-14	330.2-356	PE CB
-	1750C	11 340	40.5	90.5	17.75	406.9	INTERNATIONAL	DT-466	130/2400	6	466	7.5	46	90	237.2	39	15	381	68	1676.4	11.5	75.5	15-16	381-406.4	PS CB
-	2500C	13 335	40	81.1	18.6	406.9	INTERNATIONAL	DVT 6238	180/2400	6	672	8.4	50	71.8	325.3	40	18	457.2	79	1930.4	11.3	77.9	18	457.2	PS CB
JCB	110	5896.7	40	75	19	381	PERKINS	4.248	31/2250	4	248	4.1	40	30.2	124.1	37	13	330.2	64	1422.4	8.16	65.2	13	330.2	HY PL
Massey Ferguson	MF 700	3175.2	40	54	10.6	356.7	PERKINS	A3.152	44/2250	3	152.7	3.3	11.1	9.3	42.3	30	12	304.8	48	1219.2	8.7	46.3	12	304.8	CB HY
-	MF 800	3991.8	46	57	15	381	PERKINS	A4.248	52/2100	4	248	4.1	36.8	27.8	109.2	37	14	355.6	56	1473.2	8.9	50.7	14	355.6	PE
-	MF 400	2800	41	50	17.8	317.5	PERKINS	A4.264	65/2200	4	264	3.8	30	30	136.4	37	15	381	60	1524	9.4	54.8	15	381	CB HY
-	MF 4000	3800.5	41	62	19	356.7	PERKINS	4.236-510	125/2100	4	236.71	4.4	36	55.8	209.7	40	16	381	66	1676.4	13.1	59.3	15-16	381-406.4	PE

Fabricante	Modelo	TRASMISIÓN: Convertidor de fuerza de tracción	TRASMISIÓN: Embrague del motor	TRASMISIÓN: Velocidad máx. (marcha hacia adelante) MPH	TRASMISIÓN: Velocidad máx. (marcha hacia adelante) km/h	SISTEMA HIDRÁULICO: Capacidad del sistema U.S. gal.	SISTEMA HIDRÁULICO: Capacidad del sistema Imp. gal.	SISTEMA HIDRÁULICO: Capacidad del sistema Litres	SISTEMA HIDRÁULICO: Presión máx. de trabajo psi	SISTEMA HIDRÁULICO: Presión máx. de trabajo kPa	SISTEMA HIDRÁULICO: Tipo de bomba(s)	SISTEMA HIDRÁULICO: Número de bombas
J.I.Case	350	Y	N	4.85	7.8	8	6.7	30.5	2000	13,790	G	1
-	450	Y	N	7.2	11.6	7.5	6.3	28.8	2000	13,790	G	1
-	850	Y	N	6.5	10.5	8.6	7.2	32.7	1850	12,755	G	1
-	1150B	Y	N	6.2	10	15	12.5	56.8	2000	13,790	G	1
-	1450	Y	N	5.5	8.9	22	18.3	83.2	2500	17,237	G	1
Caterpillar *	931	-	-	6.9	11.1	13	10.8	49.2	-	-	G	-
- *	941B	Y	-	5.5	8.9	21	17.5	79.5	-	-	V(H)	-
- *	955L	Y	-	5.6	9	37(K)	30.8(K)	140(K)	-	-	V(H)	-
- *	977L	Y	-	5.8	9.3	36.5(L)	30.4(L)	138(L)	-	-	V(H)	-
- *	933	-	-	6.3	10.1	38(L)	31.7(L)	144(L)	-	-	-	-
John Deere	JD350B	N	Y	1.4-6.5	2.3-10.5	12.5	10.4	47.3	2250	15,513	G	1
-	JD450C	N	Y	1.3-6.7	2.1-10.8	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
-	JD555	Y	N	5.63	9.1	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
Elmco TMD	630	N	N	0-1.5	0-2.4	-	-	-	-	-	-	-
-	632	N	N	0-1.5	0-2.4	15	12.5	56.8	1250	8618.5	G	1
International Harvester	500E-75	Y	N	5.9	9.5	17	14.2	64.6	2250	15,513	G	1
-	100E	Y	N	5.28	8.5	15.4	12.8	58.2	2150	14,824	G	1
- FN	125E	Y	N	5.32	8.6	15	12.5	56.8	2150	14,824	G	1
-	175C	Y	N	5.2	8.4	24	20	90.9	1900	13,100	G	1
-	250C	Y	N	5.28	8.5	28	23.3	105.9	2000	13,789.5	G	1
JCB	110	N	N	5.5	8.9	84	70	318.2	2500	17,237	G	1
Massey Ferguson	MF200	N	N	1.7-5.7	2.7-9.2	11.1	9.3	42.3	2150	14,824	G	1
-	MF300	Y	N	2.17-4.04	3.5-6.5	8	6.7	30.5	2150	14,824	G	1
-	MF400	Y	N	2.17-3.95	3.5-6.4	27	22.5	102.3	2200	15,169	G	1
-	MF500B	Y	N	2.64-5.28	4.3-8.5	26.4	23.8	108.2	2000	13,790	G	1

*I	—	Se puede Importar
EM	—	Ensamblado en México
FN	—	Fabricación Nacional.
*AMD	—	Motor neumático
CS	—	Contraeje
CD.	—	De engranajes
HY	—	Hidrostática
PL	—	Planetaria
PS	—	De cambio automático
PSR	—	De reversor automático
†N	—	No
Y	—	Si
‡G	—	De engranajes
V	—	De paletas

Todo item N/A — No aplica.

(A)	—	Altura de paso de la máquina
(B)		Peso de embarque
(C)		A plena elevación
(D)		Cangilón para uso general
(E)		Incluye tanque lleno, 170 lbs. (77 kg) por operador, protectores inferiores, y de rodillos de orugas, dientes de cangilón, iluminacion, gancho de tracción, y techo de protección.
(F)		Con 7 pies (2130 mm.) de paso.
(G)		De la cara de zapata
(H)		Sistema hidráulico del cangilón
(I)		A arista cortante
(J)		Por fuera de tapas del árbol de catalina
(K)		Controles de cangilón, incluyendo tanque y tuberías hidráulicas.
(L)		Controles de cangilón
(M)		Medido 4 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante con respecto al cangilón como pivote.

RENDIMIENTO

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo. Este depende de numerosos factores como son:

a) Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado
b) Tipo de material
c) Altura del terreno a excavar y la altura de descarga
d) La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga
e) La habilidad del conductor
f) La rapidez de evacuación de los materiales
g) Características de la organización de la empresa
h) Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue

El rendimiento aproximado de un cargador se puede valorar de las siguientes formas:

A) Por observación directa
B) Por medio de reglas y fórmulas (teórico)
C) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

A) Cálculo del Rendimiento de un Cargador por medio de Observación Directa.

La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador,

durante la unidad horaria de trabajo, cronómetro en mano.

Con este método se obtienen los rendimientos reales, sin embargo, este sistema requiere de contar con la máquina en el frente de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para tomar una decisión de compra. Este método nos proporciona un medio objetivo de comparación entre el rendimiento real y el rendimiento teórico.

B) Cálculo de Rendimiento de un Cargador por medio de Reglas y Fórmulas.

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/\text{Hora} = m^3/\text{Ciclo} \times \text{Ciclos/Hora}$$

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresado en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga}$$

El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante:

MATERIAL SUELTO	FACTOR DE CARGA
Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %
MATERIAL DINAMITADO	
Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

Para determinar el número de ciclos/Hora en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora y éste dividido entre el tiempo en minutos del ciclo total.

$$\text{Ciclos/Hora} = \frac{\text{Minutos Efectivos por Hora}}{\text{Tiempo total de un Ciclo (minutos)}}$$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo e una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la forma siguiente:

Condiciones del sitio del trabajo.	Características de la Organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malos	
	%	Min/Hr.	%	Min/h	%	Min/H	%	Min/H
Excelentes	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42,0
Buenas	78	46.8	75	45,0	71	42.6	65	39.0
Regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
Malos	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

.. El tiempo total de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreos

El tiempo del ciclo básico incluye, el tiempo de carga, descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo.

El ciclo básico lo podemos tomar en forma teórica de estadísticas de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Estos nos dicen que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos y que se ve afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" ó más	+ 1.8 y más
En el banco o fragmentado	+ 2.4 y más

MONTON	
Apilado con trasportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con trasportador o tractor menos de 3 mts.	+ 0.6
Descargado de un camión	+ 1.2

DIVERSOS	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico
Posesiones en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones endebles	+ 3.0

El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento.

El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

A continuación se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores, las cuales se han preparado en las siguientes condiciones:

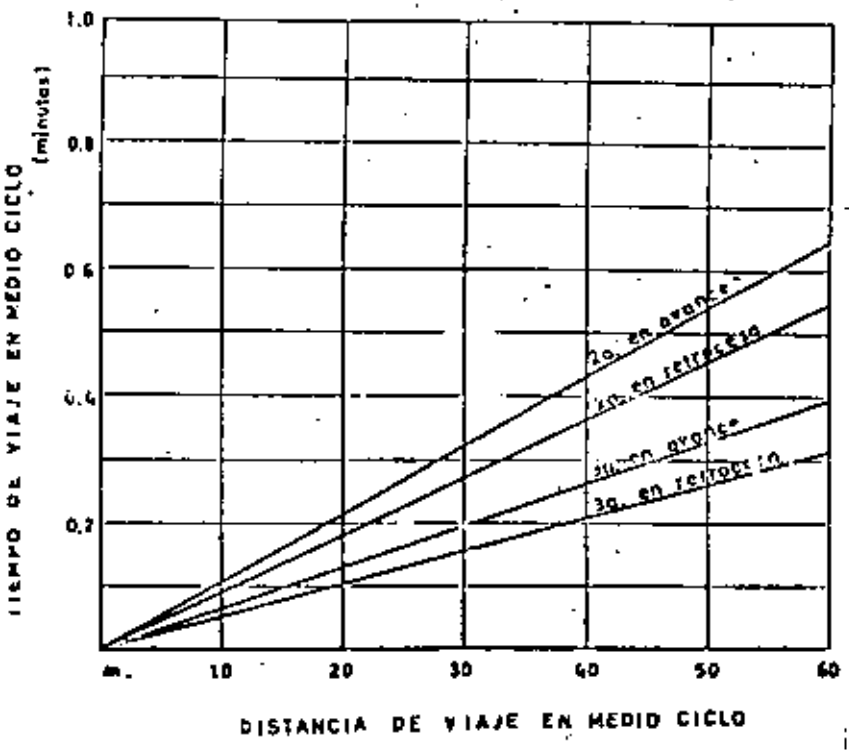
— Sin pendiente

46

- Las velocidades son prácticamente las mismas con carga o sin ella.
- Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.
- La posición del cucharón es constante en el recorrido.
- No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras.

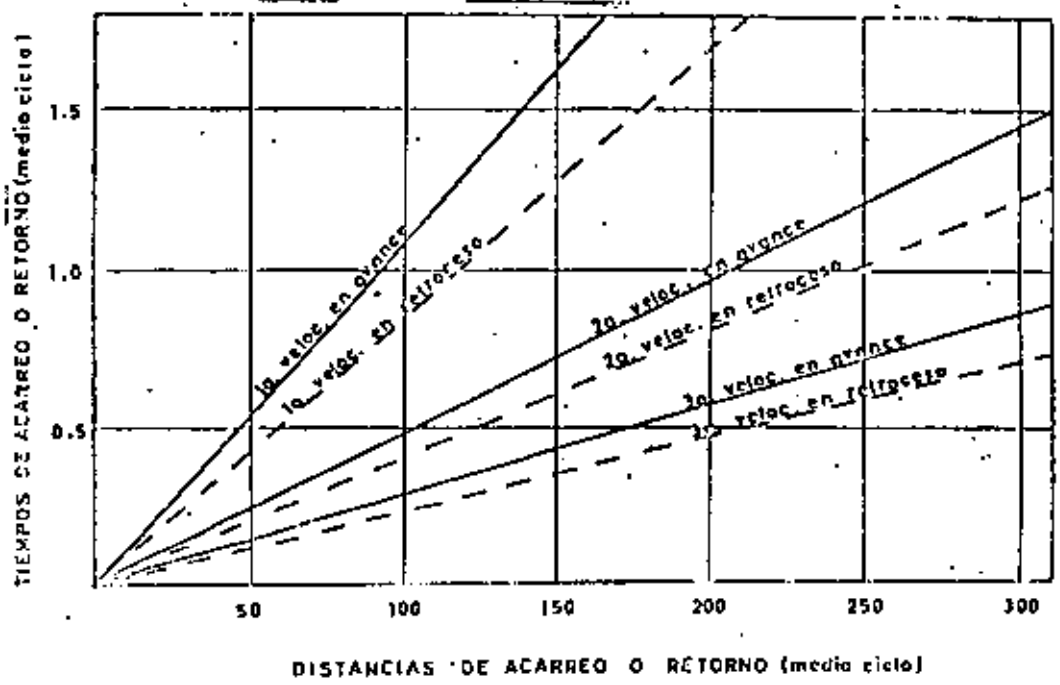
TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR DE CARRILES DE 2 Yd3.

47



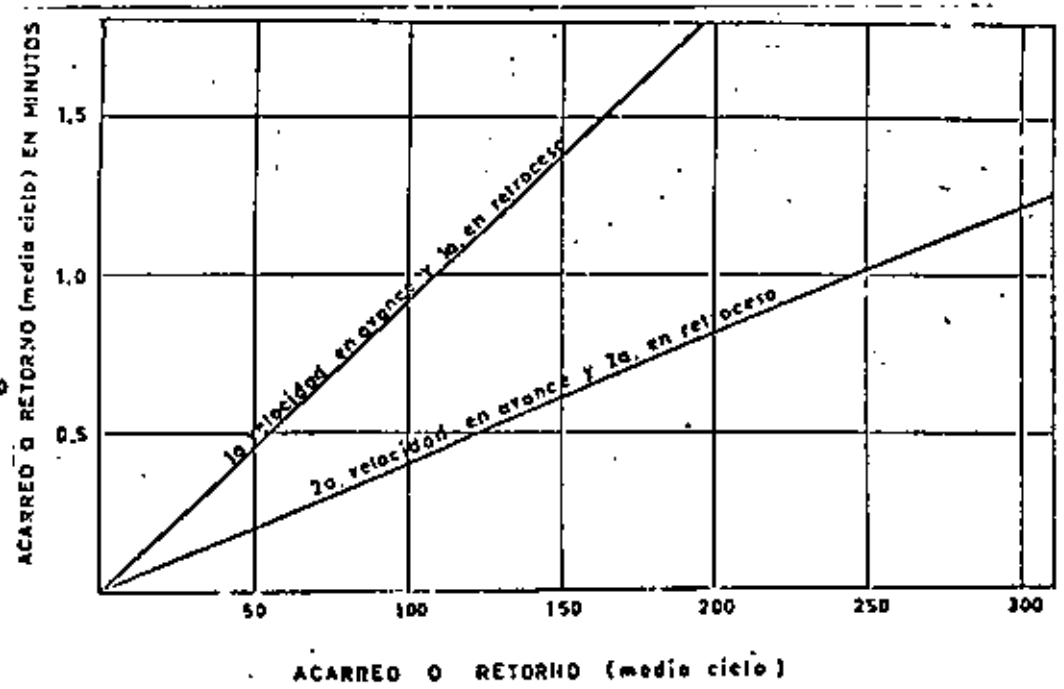
MPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CA[illegible]DOR DE RUEDAS DE 2 Yd3.

48

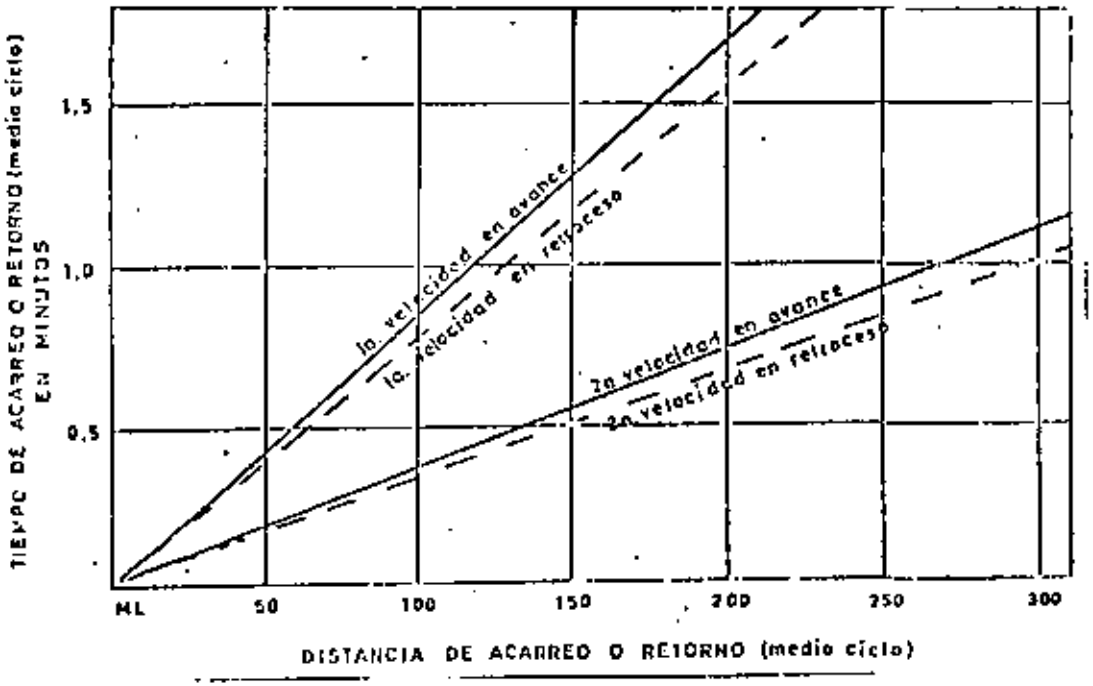


TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS. DE 6 Yd3.

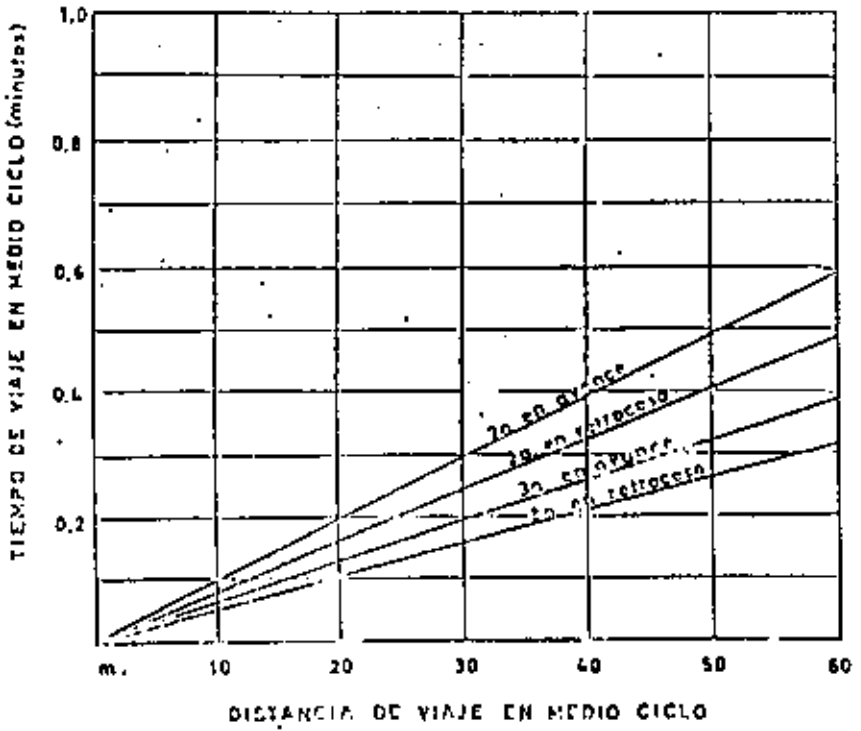
49



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 10 Yd3. 50



TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR DE CARRILES DE 5 Yd3. 51



C) Cálculo del Rendimiento por medio de Tablas proporcionadas por el Fabricante.

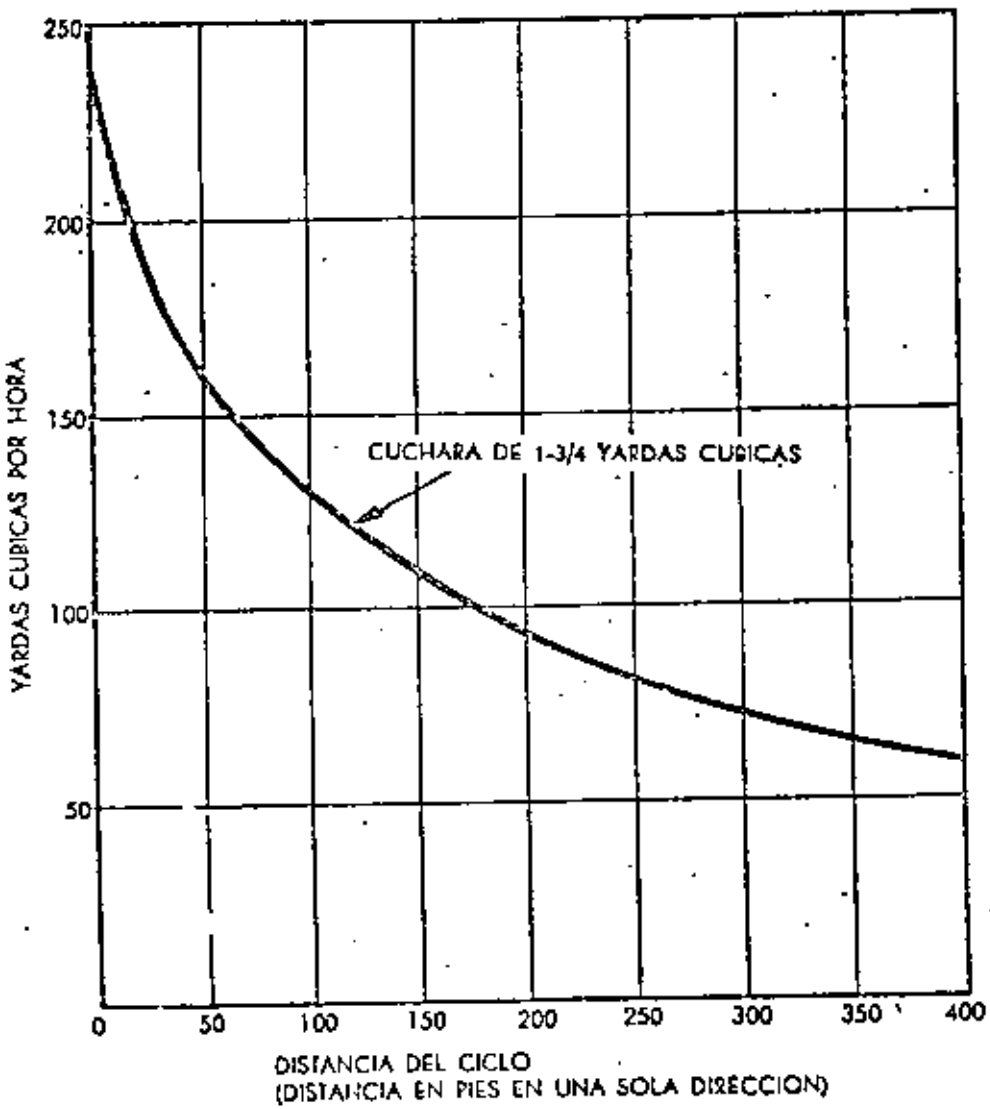
Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde se justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, análisis en computadora, investigaciones en el laboratorio, experiencia, etc. Tomando en cuenta las medidas necesarias para conseguir exactitud.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas. Esto significa, que al utilizar los datos de eficiencia y producción, es necesario rectificar los resultados que se dan en las tablas, mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzado, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otros sinúmero de factores que pudieran reducir la producción en un determinado trabajo.

Por lo anterior mencionado se puede concluir que antes de utilizar cualquier información sobre rendimientos contenido en determinado manual, es esencial conocer detalladamente las condiciones que pueden afectar el trabajo de la máquina. Luego, el manual de rendimientos es tan solo una ayuda que si no se compara con la experiencia y el conocimiento de las condiciones donde se desarrolla el trabajo, los rendimientos obtenidos de esta manera resultan falsos.

De las investigaciones y pruebas llevadas a cabo por los fabricantes del cargador marca Michigan, sobre el terreno, se obtuvieron gráficas de producción como las siguientes:

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 75A, SERIE II

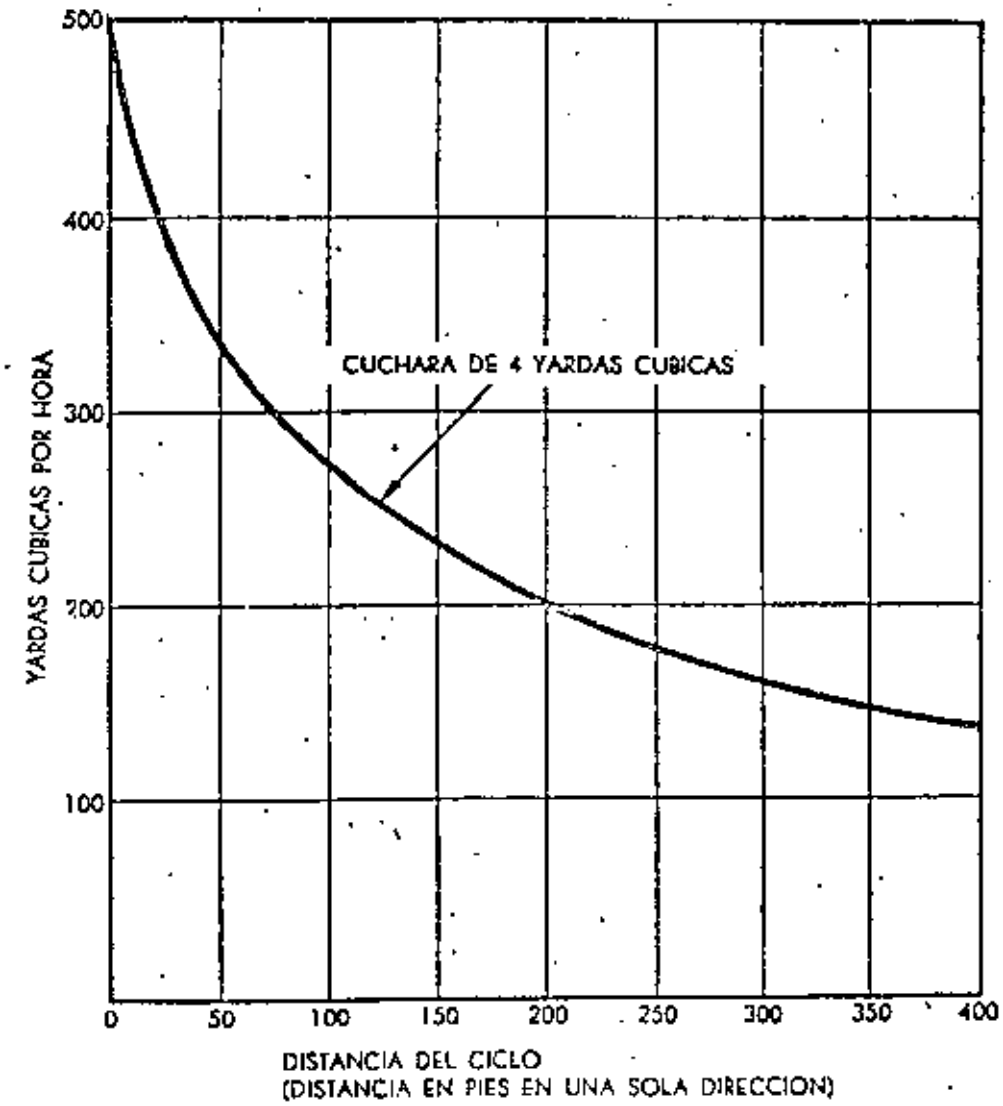


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II

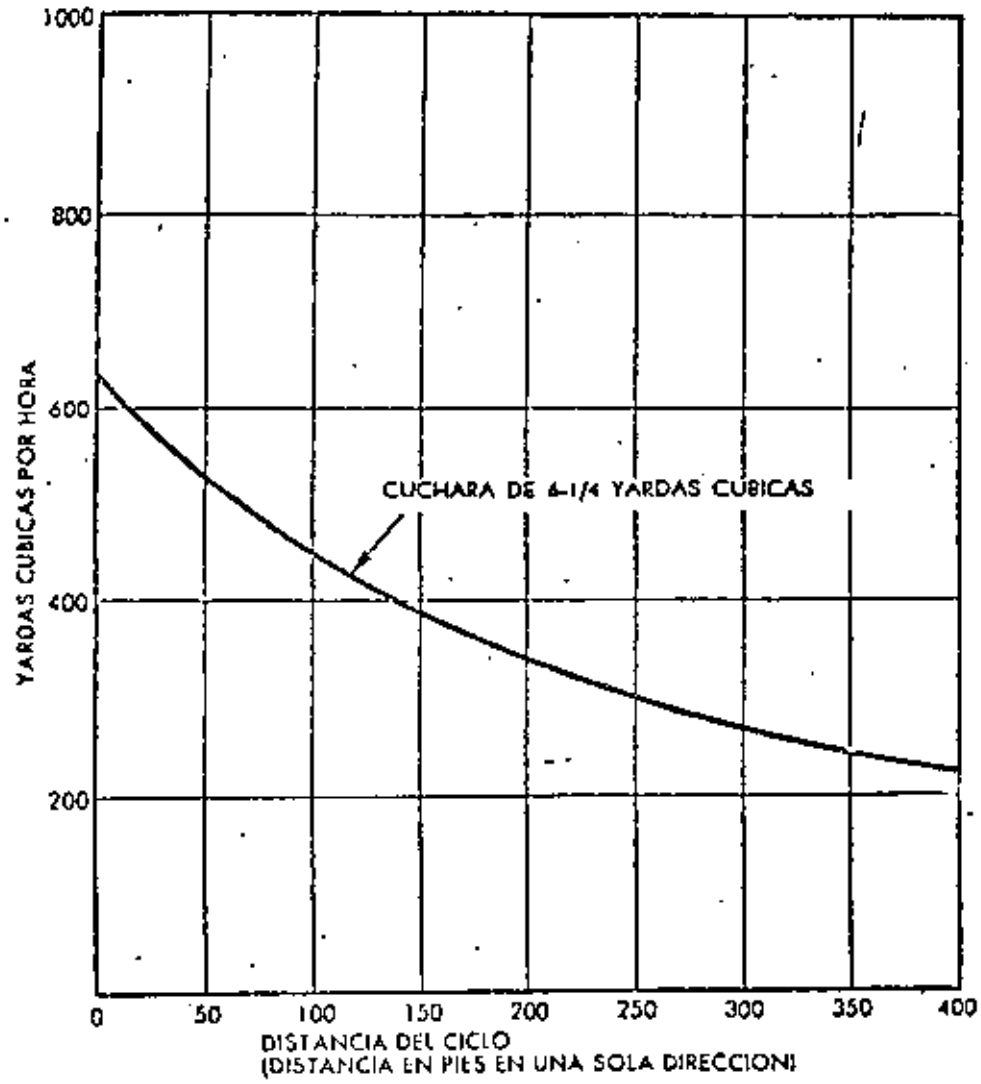


SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 275A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO.
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PROBLEMA

a) Datos

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de 31/2 y d3 (2.67 m^3), cargando camiones de 10 m^3 de capacidad propiedad de la misma empresa.

Material: Grava triturada 1 1/2" tam. max. almacenada en pilas de 6m. de altura en operación continua, con horas de 50 minutos efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón	2.67 m^3
Factor de carga	0.85

Volumen por ciclo: 2.67 m^3 x 0.85 = 2.27 m^3

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo:

Ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
- por el material	0.0
- por el montón	0.0
- posesión en común de cargador y camiones	- 2.4
- operación continua	- 2.4
	20.2 seg.

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min.}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos/hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 147 \text{ ciclos/hora}$$

Paso 4

$$\text{Producción} = 2.27 \text{ m}^3\text{/ciclo} \times 147 \text{ ciclos/hora}$$

$$= 333.7 \text{ m}^3\text{/hora}$$

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en la forma inversa de la solución del problema anterior; es decir, ustedes conocen sus necesidades de producción y las condiciones de su obra, su problema es, calcular la capacidad del cucharón; y con esto efectuarán la primera parte de la elección.

Cargador vs. Pala mecánica

Si recordamos la evolución habida en los trabajos de movimiento de roca y analizamos los cambios que ha habido en los últimos años, tanto en la maquinaria como en la utilización de la misma, notamos que la más significativa tendencia es que cada día más y más cargadores reemplazan a las palas mecánicas en el movimiento de rocas.

Históricamente, las palas, además de funcionar como una herramienta de carga, terminaban el trabajo que la barrenación y voladura habían iniciado. Sin embargo, con los avances tecnológicos en barrenación y explosivos, muchas de las necesidades que existían han sido eliminadas; y la utilización de cargadores en los bancos de roca se ha multiplicado rápidamente.

Es decir, las desventajas de las palas (alta inversión, poca movilidad, altos costos de transportación, etc.) aunadas a los avances tecnológicos en explotación de bancos de roca, han provocado la declinación de su uso.

Pero esto no es todo; el desenvolvimiento de este nuevo método de movimiento de rocas lo provocaron dos causas muy poderosas para nosotros: Producción y Costo.

Un cargador de 6 yd^3 ha probado que puede, por lo menos, igualar la productividad de palas de más de 5 yd^3 de capacidad; y que además puede cargar material a un costo comparable al de palas de 4 y hasta 5 yd^3 de capacidad.

Veamos un ejemplo comparativo entre un cargador de 10 yd^3 y una pala de 6 yd^3, en la carga de roca caliza de una cantera, a camiones.

Concepto	Cargador	Pala
Tiempo de carga	0.08	0.08
giro	0.14	0.09
descarga	0.05	0.04
regreso	0.13	0.13
ciclo	0.40	0.34
arreglo de piso	0.10	0.18
espera	0.20	0.20
ciclo total	0.70	0.72
ciclos por hora	85.7	83.3
producción por hora	523.3	305.6
diferencia	71 %	
costo horario	$ 2,160.00	$1,452.90
costo por m^3	4.13	4.75
diferencia	15 %	

Además, el cargador ofrece otras ventajas sobre la pala:

Movilidad.- Un cargador puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad: y antes que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

Podemos mover también el cargador hacia el taller para hacerle mantenimiento y reparaciones. Comparen esto con el tener que llevar herramienta y equipo para reparar una pala.

Versatilidad.- El cargador puede mover rápidamente de un lugar a otro el material que se requiera. Es decir, puedo realizar la operación de carga y acarreo de roca, en ciertas condiciones, que más adelante discutiremos con detalle.

Sin embargo, los cargadores no están exentos de desventajas.

El problema número uno de los cargadores que trabajan en roca, es el desgaste y rotura de los neumáticos, que ha sido solucionado con el empleo de mallas metálicas y cadenas amortiguadas que protegen la llanta y alargan su vida útil, con el consiguiente abatimiento del costo de operación de la máquina.

Carga y acarreo con cargadores de llantas vs. carga con cargador a camiones volteo

Si un cargador realiza la carga y el acarreo del material del banco hasta la tolva de una planta que lo procesará y elimina el uso de unidades de acarreo tradicionales, se puede obtener, en ocasiones un ahorro de costo considerable.

Este trabajo se puede efectuar con cargadores chicos y grandes, dependiendo de las condiciones del trabajo y requerimientos de producción, con limitaciones económicas por el costo unitario del material ido.

Es en esta operación donde destacan, sin lugar a dudas, las ventajas d empleo de cargadores de gran capacidad, pues es precisamente su gra producción lo que abate los costos del movimiento de tierras.

Veamos un ejemplo ilustrativo de lo que hasta aquí hemos tratado.

EJEMPLO:

Movamos un volumen de material de un banco a un lugar situado a 200 de aquel (condición muy usual en operaciones de trituración). Nuestr blema es elegir el equipo que nos dé un costo más bajo por m^3 de mat movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado c tractor en montones de más de 3m. de altura.

El trabajo se puede hacer con:

1.- Cargador y camiones propiedad de la empresa

2.- Cargador propio y camiones de fleteros locales

3.- Cargador de gran producción (propiedad de la empresa), en una ración de carga y acarreo.

Analicemos el costo unitario de cada una de estas tres alternativas:

ALTERNATIVA 1

Operación de carga a camiones

Equipo propio:

1 cargador sobre llantas de 2 1/2 yd^3 (1.91 m^3)

2 camiones de 6.0 m^3

Costo horario cargador: $ 616.75

Costo horario camión: 242.35

Cálculo de la producción:

Factor de carga: 0.90

Volumen por ciclo: $1.91\ m^3 \times 0.90$

$1.72\ m^3$/ciclo

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 25.0 seg.=0.42 min. Para cargar un camión de $6.0\ m^3$ son necesarios 4 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios 0.42 min x 4 = 1.68 min. para cargar $6.0\ m^3$.

$$\frac{6.0\ m^3}{1.72\ m^3} = 3.49 \text{ ciclos}$$

En una hora de 50.0 min., tenemos una producción de $179\ m^3$.

1.68 min	-	$6.0\ m^3$
50.0 min	-	X

Cálculo del costo unitario: $X = 179\ m^3$

Costo horario del equipo: $ 1,101.45

Costo unitario = $\frac{1,101.45/\text{hora}}{179\ m^3/\text{hora}}$

$ $6.15/m^3$

ALTERNATIVA 2

Operación de carga a camiones

Camiones de fleteros locales

Equipo: 1 cargador sobre llantas de 2 1/2 yd^3 ($1.91\ m^3$)

2 camiones de $6.0\ m^3$ de fleteros

Costo horario del cargador $ 616.75

Tarifa local de fletes: 8.00 - 400

Cálculo de la producción

En este caso, la producción es la misma que en alternativa 1

Producción = $179\ m^3$/hora

Cálculo del costo unitario

Costo horario del cargador: $ 616.75

Costo unitario de carga = $\frac{616.75/\text{hora}}{\$\ 179.00\ m^3/\text{hora}}$

= $3.44/m^3$

Costo unitario de acarreo = $8.00/m^3$

(1er. km. tarifa de fletes)

Costo unitario + $11.44/m^3$

ALTERNATIVA 3

Operación de carga y acarreo

Equipo: Cargador sobre llantas de 10 yd^3 ($7.64\ m^3$)

Costo horario $2,160.00

Cálculo de la producción:

Factor de carga	0.90
Volumen por ciclo	7.64×0.90
	6.88
Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg)	0.42 min
Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	0.26 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	0.28 min
Tiempo total del ciclo	0.96 min

Ciclos por hora = $\frac{50.0\ \text{min/hora}}{0.96\ \text{min/ciclo}}$

= 52.1

Producción 52.1 ciclos/hora 6.88 m^3/ciclo

358 m^3/hora

álculo del costo unitario

Costo unitario $\frac{\$\ 2,160.00/\text{hora}}{358\ m^3/\text{hora}}$

6.03/m^3

ESUMEN

lternativa	Costo unitario
1	\$ 6.15/m^3
2	11.44/m^3
3	6.03/m^3

s decir, la alternativa 3 es la que nos dá un costo más bajo por m3 de naterial. Hasta aquí, la elección a nivel de obra queda hecha; falta ana izar, a nivel gerencia, la aceptabilidad de esta decisión, pues podría su eder que la empresa tuviera disponible un cargador de 2 1/4 yd3 al que - odría dársele utilización en esta obra; o si no, revisar si la inversión de compra de un cargador de 10 yd3 podría amortizarse en ésta u otras - bras donde pudiera seguir utilizando esta máquina.

n fin, son éstos y muchos otros los factores que afectan la elección de - n cargador para efectuar un determinado trabajo. Los principios básicos ara el cálculo de la producción de este equipo y para el cálculo del costo nitario de movimiento de materiales con él, los hemos revisado en esta casión; y han oído las razones del uso de cargadores de gran producción n el movimiento de tierra y roca, y la forma cómo se utilizan en opera- ciones de carga y acarreo. Estos eran los objetivos de esta conferencia.

Analicemos el siguiente problema:

Una empresa adquirió una planta de trituración para procesar fuertes vol nes de material en tiempos relativamente cortos. La gerencia decidió ya que un cargador sobre llantas es el equipo adecuado para alimentar del ba a la planta la roca que se triturará. Se requiere decidir en la obra, el ca gador de capacidad adecuada y elegir entre dos disponibles.

Cargador 1

Capacidad	10 yd^3
Costo horario	\$2,160.00

Cargador 2

Capacidad	6 yd^3
Costo horario	\$1,992.13

Trituradora

Producción:	140 m^3/hora
Costo horario	\$4,703.35

Operación

- carga y acarreo de roca bien fragmentada
- costo aproximado de un cambio de instalación de la planta trit dora dentro del banco: \$ 350,000.
- Producción requerida en cada banco 200,000

Frente del banco 80.0 m. de ancho

12.5 m. de altura

Solución:

Dado que el costo horario de la trituradora es de \$4,703.35 es el equipo debe operar en todo tiempo al 100% de eficiencia.

álculo de la máxima distancia de acarreo para cada cargador, para un

producción de 140 m^3/hora. Consideramos un 83% de eficiencia de la operación, es decir, horas de 50.0 minutos.

Cargador 1

Factor de carga: 0.80

Volumen por ciclo 0.80 x 7.65 m^3

6.12 m^3

Ciclos por hora necesarios para producir 140 m^3/ hora

$$C = \frac{140\ m^3/hora}{6.12\ m^3/ciclo}$$

$$C = 22.9\ ciclos/hora$$

- Tiempo del ciclo total

$$T = \frac{50.00\ min/hora}{22.9\ ciclos/hora}$$

$$T = 2.18\ min/ciclo$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo del ciclo de acarreo y retornos

$$T = 2.18 - 0.42 = 1.76\ min.$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 10 yd^3, tenemos que a 255 m. de acarreo, los tiempos del ciclo de acarreo y retorno son:

Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)	0.85 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)	0.91 min
SUMA:	1.76 min

Es decir, el cargador de 10 yd^3 puede acarrear a 255 m., 140 m^3/hora de roca bien fragmentada.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\$\ 2{,}160.00/hora}{140\ m^3/hora}$$

$$= \$\ 15.43/m^3$$

Sin necesidad de hacer cambios de instalación de la planta trituradora dentro del banco.

Cargador 2

Factor de carga : 0.80

Volumen por ciclo : 0.80 x 4.58 m^3

: 3.66 m^3

Ciclos por hora necesarios para producir 140 m^3/ hora

$$C = \frac{140.\ m^3/hora}{3.66\ m^3/ciclo}$$

$$C = 38.2\ ciclos/hora$$

Tiempo de ciclo total

$$T = \frac{50.0\ min/hora}{38.2\ ciclos/hora}$$

$$T = 1.31\ min/ciclo$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo de ciclo de acarreo y retorno

$$T = 1.31 - 0.42 = 0.89\ min$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 6 yd^3, para un tiempo de ciclo de acarreo y retorno de 0.89 min., tenemos que la distancia de acarreo es de 105 m. (2a. velocidad en avance y 2a. velocidad en retroceso).

Es decir, si instalamos la planta a 30 m. de distancia del frente inicial -- (para protegerla de las voladuras), cada 75 m. debemos hacer un cambio de la planta dentro del banco.

Dadas las características del banco (80m. de ancho x 12.5 de altura) cada metro de avance en el banco produce 1,000 m^3 de roca.

Así, son necesarios 2 cambios de instalación dentro del banco para producir los 200,000 m^3 requeridos.

Costo unitario por carga $= \dfrac{\$\ 1,992.13}{140\ m^3/hora}$

$= \$\ 14.23/m^3$

Costo unitario por cambio de instalación dentro del banco $= \dfrac{2\ cambios \times 350,000 m^3/cambio}{200,000\ m^3}$

Costo unitario : $= \$\ 3.50/m^3$

$= 17.73/m^3$

Esto sin considerar el costo de los tiempos perdidos en los cambios de instalación dentro del banco.

En resumen, la elección del cargador de 10 yd^3 es la que proporciona una operación más económica.

67-A

CONSTRUCTORA	Máquina: CARGADOR	Hoja No:	
	Modelo: TEREX 72-81	Calculó:	C A M
	Datos Adic: 10 yd^3	Revisó:	C CH M
OBRA:		Fecha :	17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$10'238,717.52	Fecha cotización:	10-1-80
Equipo adicional - 4 llantas	616,509.28	Vida económica (Ve):	años
~~33.25 x 33-20~~		Horas por año (Ha):	2000 hr/año
		Motores Diesel de	434 HP.
Valor inicial (Va):	~~9'617,208.24~~	Factor operación:	0.75
Valor rescate (Vr): 20 % =	$1'923,441.65	Potencia operación:	325.5 HP. op.
Tasa interés (i) : 18 %		Coeficiente almacenaje (K):	0.01
Prima seguros (s): 2 %		Factor mantenimiento (Q):	0.90

1. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \dfrac{Va - Vr}{Ve} = \dfrac{9'617,208.24 - 1'923,441.65}{12\ 000} = \$641.15$

b) Inversión : $I = \dfrac{Va + Vr}{2\ Ha}\ i = \dfrac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000}\ 0.18 = 519.33$

c) Seguros : $S = \dfrac{Va + Vr}{2\ Ha}\ s = \dfrac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000}\ 0.02 = 57.70$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.01 \times 641.15 = 6.41$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.9 \times 641.15 = 577.04$

Suma Cargos Fijos por Hora $\$\ 1\ 801.63$

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = a Pc

Diesel : E = 0.20 x 325.5 HP. op. x $ 1.00 /lt. = $ 65.10

Gasolina : E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pa

Capacidad carter: C = 32.2 / 100 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 325.5 HP. op. = 1.46 lt/hr.

L = 1.46 lt/hr x $ 14 /lt. = 20.44

d) Llantas : Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = 2 800 horas

Ll = 616,509.28 / 2 800 horas = 220.18

Suma Consumos por Hora $ 305.72

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S / H = 349.60 / 6.64 horas = $ 52.65

Suma Operación por Hora $ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M O) $ 2,160.09

CONSTRUCTORA

_____

_____

OBRA: _____

Máquina: CARGADOR

Modelo: Michigan 75-111-A

Datos Adic: 25 yd³

Hoja No: _____

Calculó: C A M

Revisó: C CH M

Fecha : 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 2' 264,745 60

Equipo adicional - Llantas 20.5x25-12: 103,611.84

Valor inicial (Va): 2' 161,133 76

Valor rescate (Vr): 10 % = $ 216 113.38

Tasa interés (i) : 18 %

Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-1-80

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motores Diesel de 174 HP.

Factor operación: 0.75

Potencia operación: 130.5 HP. op.

Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Factor mantenimiento (CD): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : D = (Va - Vr) / Va = (2' 161 133.76 - 216,113.38) = $ 194.50

b) Inversión : I = (Va + Vr) / 2 Ha i = (2' 161,133.76 + 216,113.38) / (2 x 2000) 0.18 = 106.98

c) Seguros : S = (Va + Vr) / 2 Ha s = (2' 161,133.76 + 216,113 38) / (2 x 2000) 0.02 = 11.89

d) Almacenaje : A = KD = 0.01 x 194.50 = 1.94

e) Mantenimiento : M = CD = 0.90 x 194.50 = 175.05

Suma Cargos Fijos por Hora $ 490.36

CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 130.5 HP. op. x $ 1.00 /lt. = $ 26.10

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 30.3 / 100 litros

Cambios aceite : t = _____ horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 130.5 HP. op. = 0.76 lt/hr.

L = 0.76 lt/hr x $ 14 /lt. = 10.64

d) Llantas : Ll = Vll (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = 2 800 horas

Ll = 103.611.64 / 2 800 horas = 37.00

Suma Consumos por Hora $ 73.74

II. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real - operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S / H = 349.60 / 6.64 horas = $ 52.65

Suma Operación por Hora $ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) $ 616.75

CONSTRUCTORA _____

Máquina: CAMION

Modelo: FORD

Datos Adic: 6 m³

Hoja No: _____

Calculó: C A H

Revisó: C CH H

Fecha : 14-1-80

OBRA: _____

DATOS GENERALES

Precio adquisición: $ 436,430.45

Equipo adicional -

6 llantas 1000x20-12 c/cámara 23,363.94

Valor inicial (Va): 413,056.51

Valor rescate (Vr): 0 % = $ _____

Tasa interés (I) : 18 %

Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-1-80

Vida económica (Va): 5 años

Horas por año (Ha): 2 000 hr/año

Motores Gasolina 160 HP.

Factor operación: 0.75

Potencia operación: 120 HP. o

Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Factor mantenimiento (Q): 0.80

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : D = (Va - Vr) / Va = (413,056.51 - 0) / 10,000 = $ 41.30

b) Inversión : I = (Va + Vr) / 2 Ha i = (413,056.51 + 0) / 2 x 2000 0.18 = 18.58

c) Seguros : S = (Va + Vr) / 2 Ha s = (413,056.51 + 0) / 2 x 2000 0.02 = 2.06

d) Almacenaje : A = KD = 0.01 x 41.30 = 0.41

e) Mantenimiento : M = QD = 0.8 x 41.30 = 33.04

Suma Cargos Fijos por Hora $ 95.39

CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. = $

Gasolina: E = 0.24 x 120 HP. op. x $ 2.80 /lt. = $ 80.64

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 6.6 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

a = C/t + 0.0035 / 0.0030 x 120 HP. op. = 0.48 lt/hr.

L = 0.48 lt/hr x $ 14 /lt. = 6.72

d) Llantas : Ll = Vlt (valor llantas) / Hv (vida económica)

Vida económica: Hv = 1,600 horas

Ll = 23,363.90 / 1,600 horas = 14.60

Suma Consumos por Hora $ 101.96

III. OPERACION.

Salario base : $ _____

Salario real – operador : _____

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 298.77

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.83 (factor rendimiento) = 6.64 horas

Operación = O = S/H = 298.77 / 6.64 horas = $ 45.00

Suma Operación por Hora $ 45.00

COSTO DIRECTO HORA – MAQUINA (H M D) $ 242.35

Problema

Se requiere cargar 1 000,000 m^3 de roca para la construcción de una cortina. El material es producto dinamitado bien fragmentado en pilas mayores de 3 m. hechas por un tractor y se cargarán a camiones de 35 ton. de capacidad.

Equipo disponible:

Cargador 6 yd^3 cat 988 costo - horario $ 1,992.13

Cargador 10 yd^3 Terex 72-81 costo-horario $ 2,160.00

Tractor D8K Cat costo-horario $ 1,104.86

Tiempo de realización 15 meses

Solución:

Tiempo disponible 25 x 15 x 3 x 8 = 9 000 horas

Producción requerida $\frac{1\,000,000}{9,000}$ = 111 m^3/hora

Cargador 10 yd^3 (7.64 m^3)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo 0.75 (7.64) = 5.73 m^3

Tiempo del ciclo básico = 25 seg

Tiempo por material = + 2.4 seg

Tiempo por apilado = + 2.4 seg

Presión del equipo = 0 seg

ciclo = 25 seg = 0.42 min.

Número de ciclos por hora $\frac{50 \text{ min}}{0.42 \text{ min}}$ = 119 ciclos/hora

Producción teórica = 119 x 5.73 = 682 m^3/hora

Producción real = 143.2 m^3/hora

Factor utilización 21%

Costo = $\frac{2,160.00}{143.2}$ = 15.08/m^3

Cargador 6 yd^3 (4.58 m^3)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo 0.75 (4.58) = 3.44 m^3

Tiempo del ciclo = 0.42 min.

Número de ciclos por hora $\frac{50}{0.42}$ = 119 ciclos/hora

Producción teórica 119 x 3.44 = 409 m^3/hora

Producción real = 112.5 m^3/hora

Factor utilización 27 %

costo = $\frac{1,992.13}{112.5}$ = \$ 17.70/m^3

CONSTRUCTORA

OBRA:

Máquina: CARGADOR

Modelo: 988 B

Datos Adic: 6 yd^3

Hoja No:

Calculó: CAM

Revisó: C EH H

Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 508,186.6

Equipo adicional –

512 442.74

Valor inicial (Va): 8'995,743.90

Valor rescate (Vr): 20 % = \$1'799,148.80

Tasa interés (i): 18 %

Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotización: 10-1-80

Vida económica (Ve): años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motores Diesel de 375 HP.

Factor operación: 70

Potencia operación: 262.5 HP. op.

Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{8'995,743.90 - 1'799,148.80}{12\ 000} = 599.72$

b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} i = \frac{8'995,743.90 + 1'799,148.80}{2 \times 2000} 0.18 = 485.$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} s = \frac{8'995,743.90 + 1'799,148.80}{2 \times 2000} 0.02 = 53.57$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.01 \times 599.72 = 6.00$

e) Mantenimiento: $M = QD = 0.90 \times 599.72 = 539.75$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1 685.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

OTROS EQUIPOS

Ing Carlos M Chávarri Maldonado

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

El Ingeniero Civil al estar ligado en las diferentes esferas del desarrollo de la infraestructura de nuestro país, requiere estar actualizado sus conocimientos, por ello se organizó el presente curso que está dirigido a aquellos que tienen que ver con el movimiento de tierras. En el aspecto de caminos, los primeros se requieron para el paso de la gente y bestias de carga y posteriormente otros tipos ligeros como los carruajes, pero la frecuencia de cargas y el tránsito cada vez mayor, han exigido que se desarrollen nuevas técnicas para un mejor aprovechamiento de los materiales naturales, con objeto de lograr máxima economía en su construcción y tiendan a durar más.

Esto ha traido como resultado entre otros, que el constructor de un proyecto determinado planee, programe, organice, ejecute y controle mejor todos los recursos por aplicar en dicho proyecto. Es por ello que en la ejecución de obras tenemos la necesidad de equipos más potentes y modernos para excavar, transportar, triturar, mezclar, colocar y compactar los materiales ya sea en la construcción de caminos, en pistas de aeropuertos, canales o cortinas de presas. Esta diversidad de técnicas que intervienen en las construcciones antes mencionadas, traen como consecuencia que el ingeniero se aleje con frecuencia del avance de la técnica y por ello consideramos de gran utilidad cursos como este.

Mencionaremos hacer una breve descripción de las innovaciones en el equipo de construcción como preámbulo a los temas que se desarrollarán posteriormente.

Existen muchos equipos para realizar trabajo, pero posiblemente ninguno tan versátil como el tractor, especialmente el de carriles equipado con su hoja y arado. La hoja o dozer, se encuentra montada en un marco que se acopla al tractor y se controla hoy en día por sistemas hidráulicos, a diferencia de los antiguos modelos con sistema de cables que, aunque más sencillos en cuanto a su mantenimiento no permitían aplicar mayor fuerza que los primeros. Anteriormente se objetaba el sistema hidráulico debido al alto costo de las reparaciones derivadas de usar mal dicho sistema, aspecto completamente superado en la actualidad.

En cuanto al arado o desgarrador, que se empezó a utilizar desde 1930 ha evolucionado rápidamente, ya que desde entonces a la fecha ha cambiado su estructura al integrarlo al tractor, además de otros cambios como son: nuevas aleaciones, mayor potencia en los tractores, introducción de un mecanismo hidráulico en paralelogramo que permite al arado controlar mejor la fuerza y profundidad de hincado etc.

Las motoescrepas que utilizamos en trabajos de terracerías con mediana longitud de acarreo, están formadas fundamentalmente de

dos partes: una que da tracción a la máquina y otra que es en sí la escrepa formada por una caja metálica integrada con piezas diversas para rigidizarla y que puede subir o bajar ya sea hidráulicamente, por cables o bien por electricidad. Durante mucho tiempo se utilizó la motoescrepa con mecanismo de cables y se consideró de mayor eficiencia en vista de que los sistemas hidráulicos no estaban bien desarrollados. Hay que recordar que el sistema hidráulico trabaja con elevadas presiones, lo que puede provocar algunos problemas, pero como ya se mencionó para los tractores, existen actualmente motoescrepas perfectamente desarrolladas con mecanismo hidráulico. También se emplean los sistemas eléctricos a base de motores independientes, solo que el polvo origina grandes fallas a pesar de las protecciones que se le den, además de que el manejo del sistema en sí, es complicado.

Una evolución más en las motoescrepas es su tamaño, ya que las podemos ver desde 8 m^3 hasta 50 m^3.

Por otra parte la potencia de tractor ha aumentado, con lo cual, evidentemente se reducen los costos de operación, siempre que el tamaño de la obra permita su uso.

Otra ventaja que se ha originado con los últimos avances, tanto en el tractor como en la escrepa, es la alta velocidad a la cual se pueden desplazar en los caminos, invadiendo así el campo

de las vagonetas. A medida que aumenta la velocidad disminuye el ciclo y por lo tanto la capacidad horaria, es mayor.

La introducción de dos motores permite utilizar las moto-- escrepas en caminos de fuerte pendiente y disminuyen el tiempo de carga. Hay ocasiones, cuando el material es suave, en que se cargan solas, sin ayuda del tractor empujador.

Existe un nuevo sistema de trabajo, que le ha dado mayor versatilidad a las motoescrepas con dos motores, conocido como - Push-Pull el cual elimina el uso del tractor empujador.

En lo referente a cargadores, estos han mejorado tanto sus sistemas como sus capacidades y las restricciones que se tenían respecto a la posibilidad en el tipo de ataque han cambiado a tal grado que tienden a desplazar a las palas aún en el ataque en roca, pues con solo proteger adecuadamente los neumáticos se pueden reducir sus costos de operación. Esto ha dado lugar a que los veamos alimentando trituradoras cuando el banco se encuentra a 150 ó 200 m de distancia, o cargando material en bancos de roca a cielo abierto. Por otra parte su movilidad permite que el rango de aplicaciones se incremente día a día.

Por lo que respecta a las dragas, éstas van siendo desplazadas poco a poco por retroexcavadoras las cuales han venido mejorando en su diseño y capacidad, actualmente las encontramos --

desde 3/8 hasta 3 1/2 yd^3 de capacidad además de haber aumentado su alcance, profundidad y productividad, lo cual nos permite nuevas aplicaciones que sólo eran destinadas a las dragas y palas.

Por lo que se refiere al equipo de compactación tenemos una serie de modificaciones muy amplias como son: mejores sistemas hidráulicos, sensores electrónicos, mayor versatilidad en su uso, etc., que se han traducido en más alta productividad. Así, tenemos que, el equipo pata de cabra que consistía en un rodillo que era jalado por un tractor ha cambiado de tal manera que, ahora es autopropulsado, con cuatro rodillos y una cuchilla que le permite acomodar el material; obteniendo así una versatilidad tal que produce mayores rendimientos.

El rodillo liso vibratorio jalado por tractor ha evolucionado en tal forma que hoy lo tenemos auto propulsado, con mayores rangos de vibración que nos permiten tener menor número de ciclos y de pasadas, pudiéndose aplicar inclusive en la compactación de carpetas asfálticas con magníficos resultados.

El seleccionar correctamente un equipo de trituración es uno de los aspectos que influyen para dar buenos resultados de costo y producción.

Anteriormente se utilizaban equipos de muy poca producción [illegible] para su transportación a las obras [illegible] para su instalación. [illegible]

que actualmente las plantas móviles nos permiten una más rápida instalación y en consecuencia se reduce el tiempo para iniciar la producción. Las modificaciones a sus mecanismos y tamaños nos permiten poder obtener mejores costos y programas más ambiciosos además de control más adecuado en el tamaño de los agregados obtenidos. Los molinos han sido desplazados por la trituradora de conos que es la máquina idónea para integrar grupos móviles secundarios y terciarios que permiten procesar cualquier tipo de roca.

El mezclar o revolver materiales pétreos, con asfaltos o agua es muy común en la elaboración de mezclas asfálticas o bases hidráulicas respectivamente.

Existen equipos que nos permiten ahorrar horas motoconformadora en el mezclado de bases hidráulicas, al realizar dicha mezcla antes de su colocación obteniendo mayor producción en su tendido y una reducción considerable en el número de pipas y motoconformadoras.

Las mezclas asfálticas se realizan en plantas, que pueden ser del tipo continuo o discontinuo. En nuestro país se está incrementando el número de plantas continuas pues el mito que se tenía con relación en su dificultad para calibrarlas va desapareciendo rápidamente al mejorarse sus sistemas de operación, que han cambiado de mecánicos a electrónicos. Así mismo una mejor clasificación de materiales nos permite en las plantas modernas

reducir el recribado y obtener costos horarios más bajos así como mayores producciones.

En lo referente a colocación de material de sello, se tienen actualmente equipos autopropulsados que han permitido aumentar de una manera considerable la producción.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EQUIPO DE COMPACTACION

Ing Federico Alcaraz Lozano

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

COMPACTACION EN EL CAMPO

I. INTRODUCCION.

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 más 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 lo 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 más agresivos ha originado una intensa y constante evolución del equipo de compactación.

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

Con el 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.

II. 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 de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

1) 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 éstas.

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 fracción 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), teniendo así los grupos MH, CH, 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.

III. COMPACTACION

1. DEFINICION

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.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS
INCLUYENDO IDENTIFICACION Y DESCRIPCION

PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6 cm. (3") y basando las fracciones en pesos estimados)				SIMBOLOS DEL GRUPO (*)	NOMBRES TIPICOS	INFORMACION NECESARIA PARA LA DESCRIPCION DE LOS SUELOS
SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS (Más de la mitad del material es retenido en la malla Nº 200 (0)) (Los granos más pequeños son aproximadamente los más pequeños visibles a simple vista)	GRAVAS (Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida en la malla Nº 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la apertura de la malla Nº 4.))	GRAVAS LIMPIAS (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 finos	Dése nombre típico, indíquense los porcentajes aproximados de grava y arena, tamaño máximo, angulosidad, características de la partícula y dureza de las partículas gruesas, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	
		GRAVAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas 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	Para los suelos inalterados agréguese información sobre estratificación, compacidad, cementación, condiciones de humedad y características de drenaje.
	ARENAS (Más de la mitad de la fracción gruesa pasa la malla Nº 4 (Para clasificación visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la apertura de la malla Nº 4.))	ARENAS LIMPIAS (Poco o nada de partículas finas)	Amplia gama en los tamaños de las partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	
			Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava con poco o nada de finos	
		ARENAS CON FINOS (Cantidad apreciable de partículas finas)	Fracción fina poco o nada plástica (Para identificación véase grupo ML abajo)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	EJEMPLO Arena limosa con grava, como un 20% de grava de partículas duras, angulosas y de 15 cm. de tamaño máximo, arena gruesa a fina de partículas redondeadas o subangulosas alrededor de 15% de finos no plásticos de baja resistencia en estado seco, compacta y húmeda en el lugar, arena aluvial (SM)
			Fracción fina plástica (Para identificación véase grupo CL abajo)	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	
SUELOS DE PARTICULAS FINAS (Más de la mitad del material pasa la malla Nº 200 (Las partículas de 0.074 mm. de diámetro o malla Nº 200 son aproximadamente las más pequeñas visibles a simple vista))	PROCEDIMIENTO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA Nº 40					
		RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Características del terrón seco)	DILATANCIA (Reacción al agitado)	TENACIDAD (Consistencia cerca del límite plástico)		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido menor de 50	Nula a ligera	Rápida a lenta	Nula	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos
		Media a alta	Nula a muy lenta	Media	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas puras
		Ligera a media	Lenta	Ligera	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS Límite líquido mayor de 50	Ligera a media	Lenta a nula	Ligera a media	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos
		Alta a muy alta	Nula	Alta	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas
		Media a alta	Nula a muy lenta	Ligera a media	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS		Fácilmente identificables por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa			Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Dése el nombre típico, indíquense el grado y carácter de la plasticidad, cantidad y tamaño máximo de las partículas gruesas, color del suelo húmedo, nombre local y geológico, cualquier otra información descriptiva pertinente y el símbolo entre paréntesis.

Para los suelos inalterados agréguese información sobre la estructura, estratificación, consistencia tanto en estado inalterado como remoldeado, condiciones de humedad y drenaje.

EJEMPLO
Limo arcilloso, café, ligeramente plástico, porcentaje reducido de arena fina, numerosos agujeros verticales de raíces, firme y seco en el lugar, loess (ML)

(*) Clasificaciones de frontera — Los suelos que poseen las características de dos grupos se designan con la combinación de los dos símbolos.

(0) Todos los tamaños de las mallas en esta carta son los U.S. Standard.

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 o menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 1).

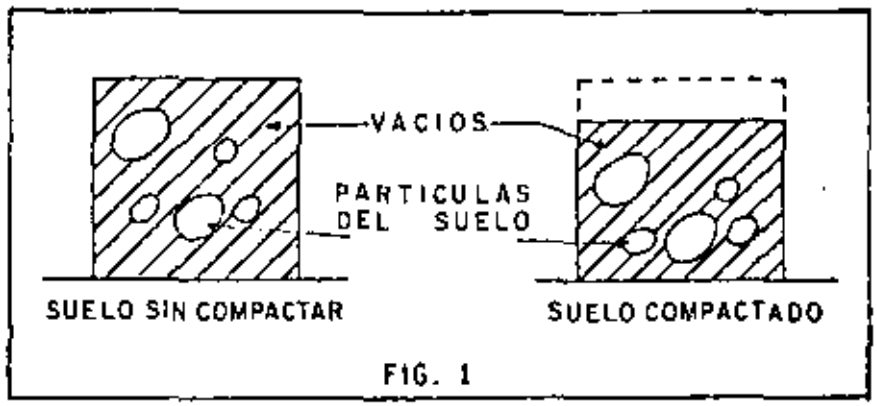


FIG. 1

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 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 o 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) Proctor

B) Proctor Modificada

C) Porter

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 4 1/2" 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 cm², el que se deja caer de 35 cm de altura (Fig. 2). Todo esto con el objeto de siempre dar al material la misma energía de compactación.

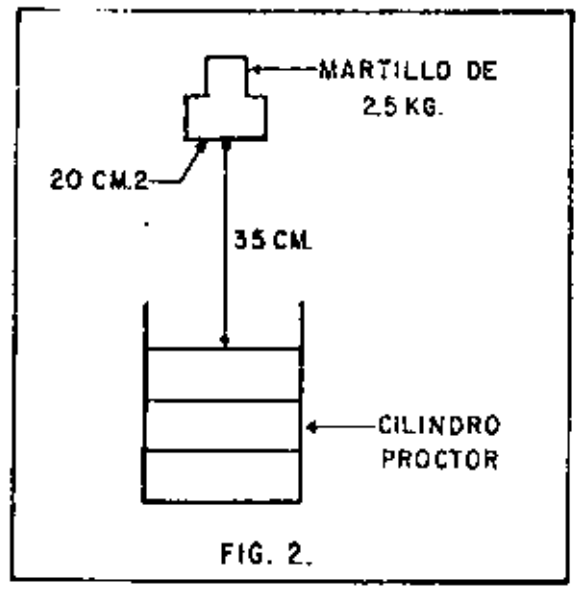


FIG. 2.

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).

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.), o 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/m3

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

es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de 1729 kg/m3 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.

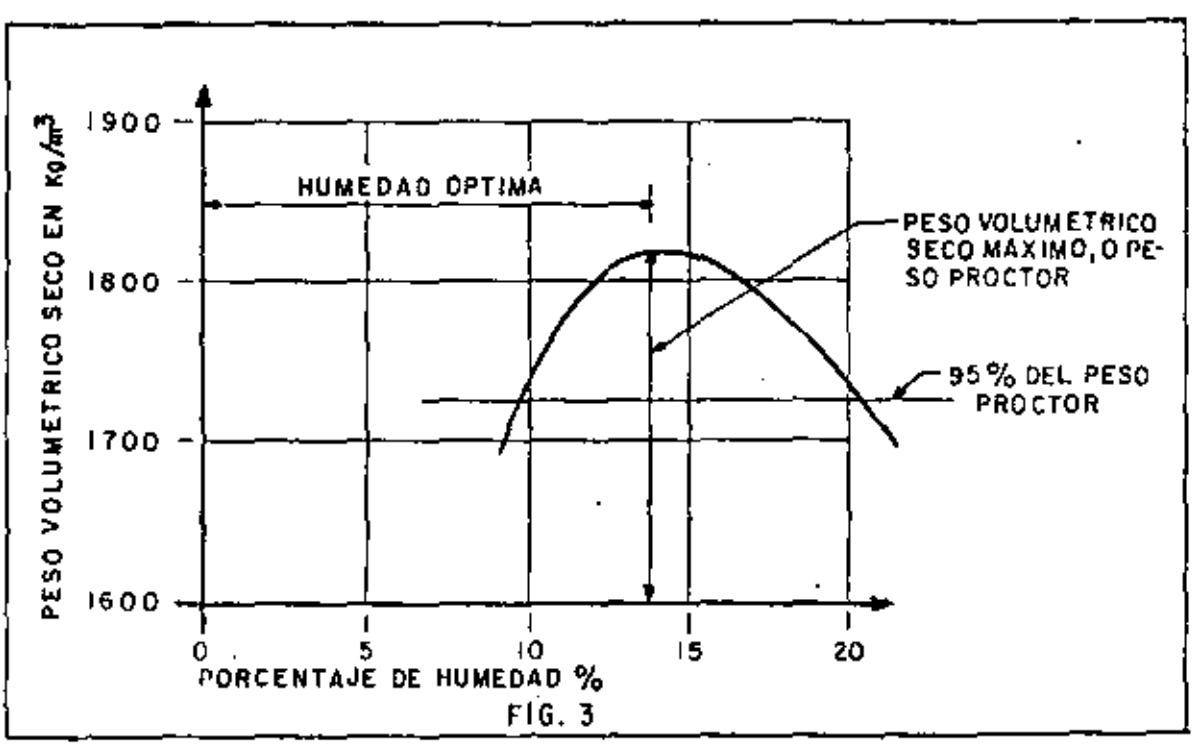


FIG. 3

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 46cm dando 25 golpes por capa (Fig. 4).

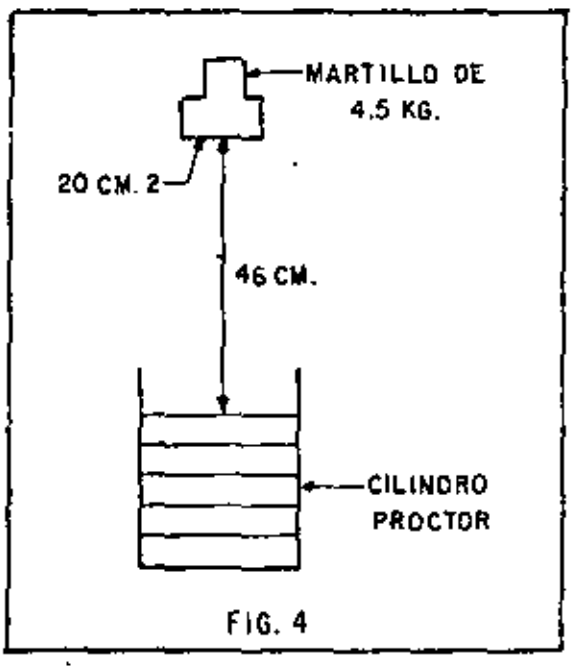


FIG. 4

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. 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) Porter: 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 -

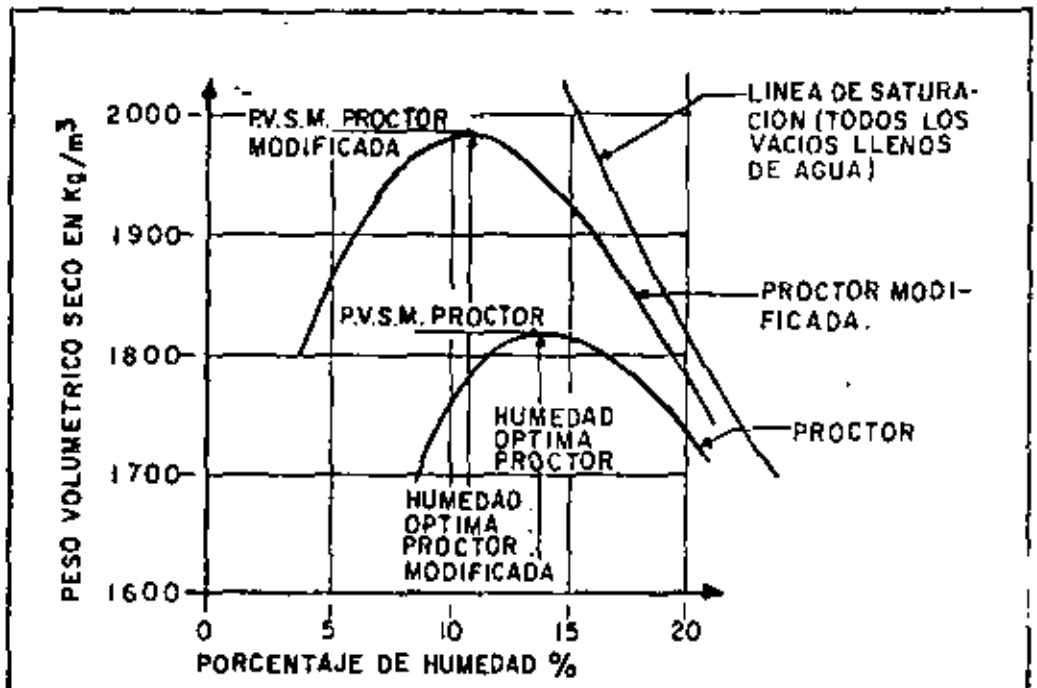


FIG. 5

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 30cm 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 Ton.

f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 kg/cm2, 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 kg/m3, y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra - tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de: 0.95 x 2,000 = 1,900 kg/m3.

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, o 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 y un tubo Geiger (Fig. 6).

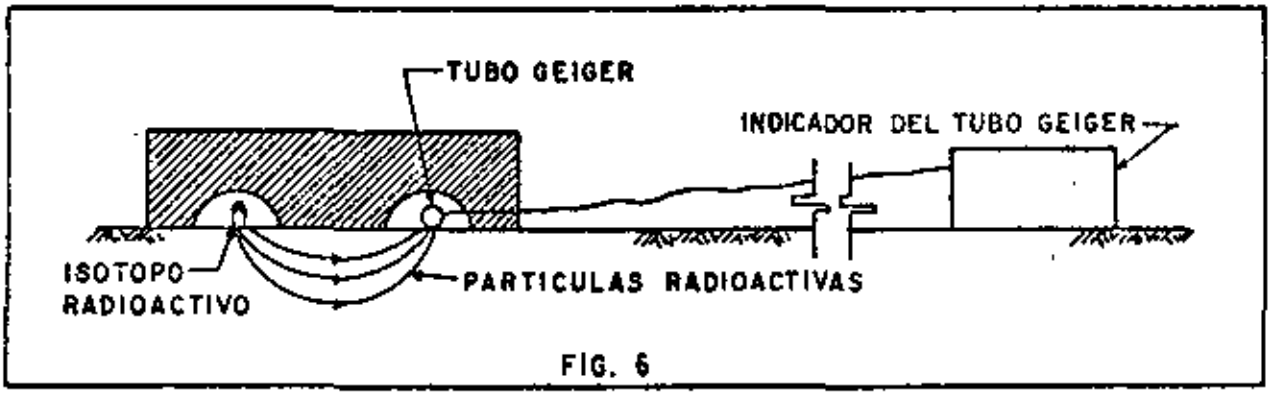


FIG. 6

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. 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.

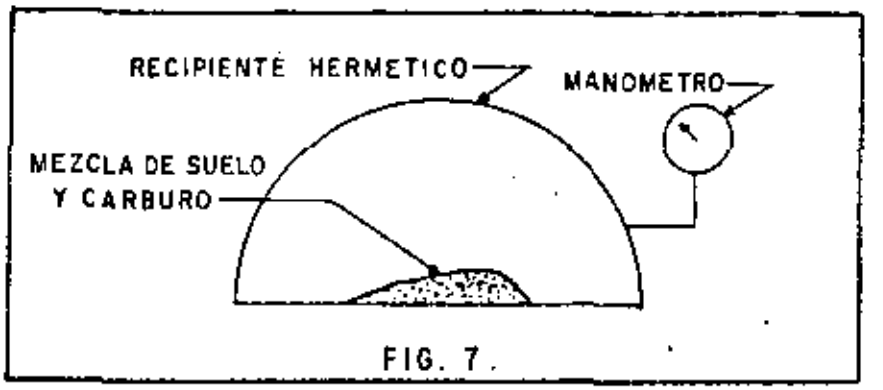


FIG. 7.

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. 8).

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. 9).

b) Si aumenta la presión, y el área permanece constante (Fig. 10) la profundidad del bulbo no aumenta significativamente, pero la presión, y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

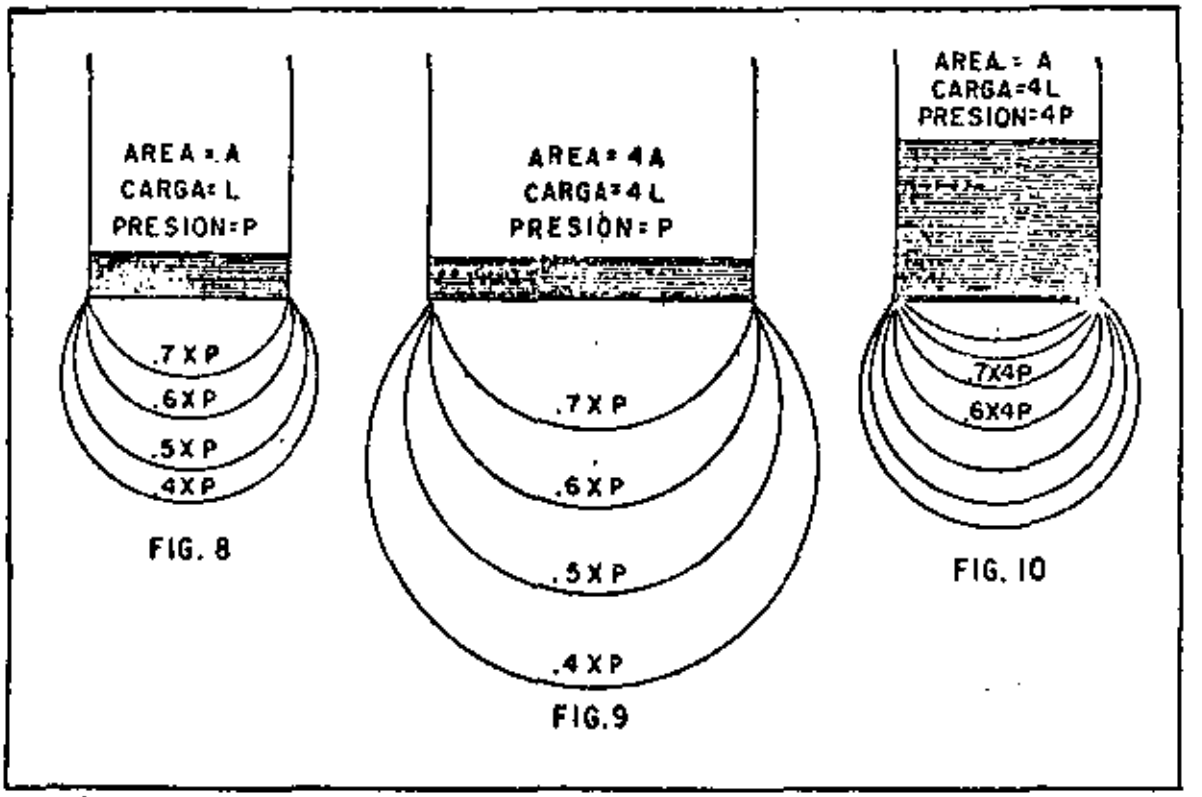
Si consideramos un cierto equipo de compactación, trabajando capas de un determinado espesor:

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 fue 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 o más de los siguientes efectos:

1) PRESION ESTATICA: 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 o 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 importante, 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 repetidamente un peso desde una cierta altura.

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

El principio en que se basa este tipo de compactación es que, cuando un cuerpo se levanta una cierta distancia sobre una superficie y se deja caer, la presión que ejerce sobre ésta, es varias veces mayor que la presión que ejerce el mismo cuerpo estando apoyado estáticamente sobre dicha superficie.

3. COMPACTACION POR VIBRACION.

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

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

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidos y fuertes impactos o 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 o 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 %	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 porcientos 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 seemplean 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 Summer o Somers una enzima es: "cierta substancia química-orgánica que está formada por plantas, animales y microrganismos, 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.

V. EQUIPO DE COMPACTACION.

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.

Cuando 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 cercanía de la superficie (Fig. 11). 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 (encarpetamiento).

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 llegaremos 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.

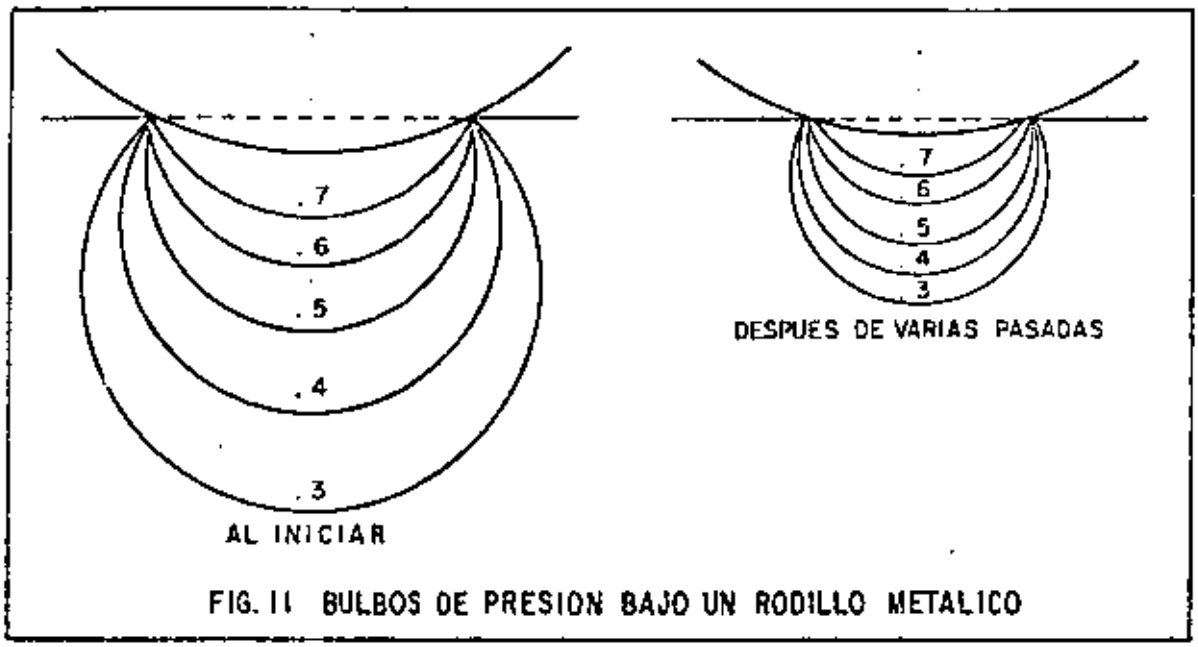


FIG. 11 BULBOS DE PRESION BAJO UN RODILLO METALICO

Un rodillo metálico, no compacta pequeñas áreas suaves, debido a que la rigidez de la rueda las puentea, 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. 12).

B) Planchas de Tres Ruedas.- Son quizás de más antiguo diseño; estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda delantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores (Fig. 13).

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 tritura -

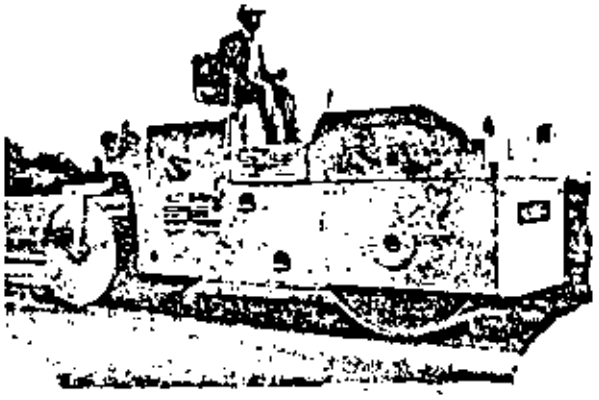


FIG 5 2 PLANCHA EN TANDEM

dor puede ser necesario; su efectividad se ve mermada en materiales granulo - plásticos, donde se tiende a un encarpetamiento; en materiales plásticos o cohesivos no tienen gran aplicación.

FIG. 5 2 PLANCHA DE TRES RUEDAS

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 o 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. 14).

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 Ton. 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.

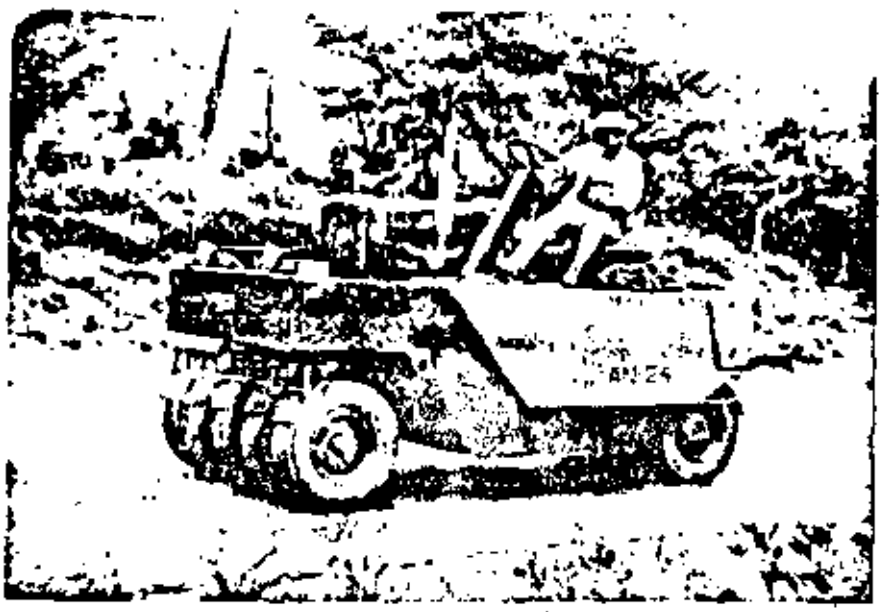
Su mejor aplicación es usarlos como compactadores de prueba.

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 aplicada 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. 15):

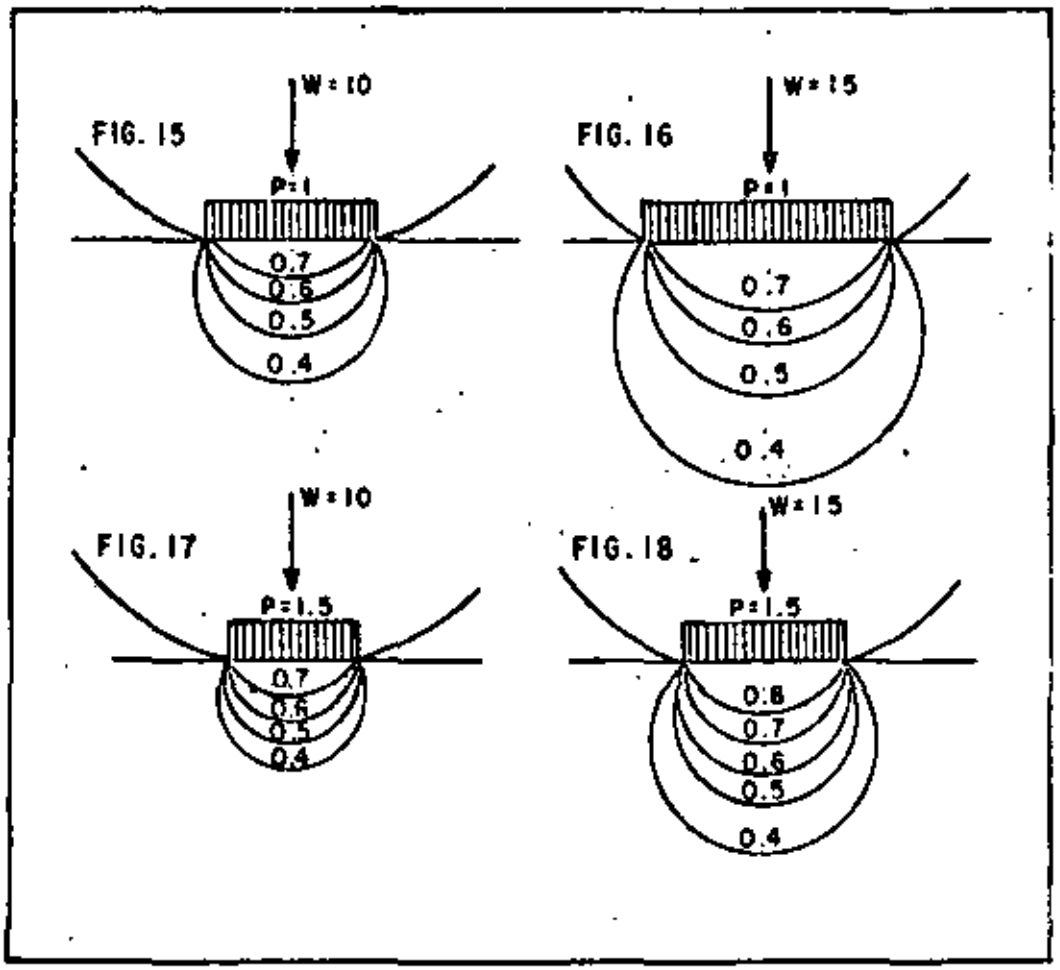


Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 16), aumentamos la profundidad del bulbo, pero no aumentamos la presión, ésto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el aumento de eficiencia es casi nulo, y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de la llanta.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 17) 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 subbases.

Si aumentamos el peso y la presión (Fig. 18), 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 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 ton) y pueden llegar hasta 80 psi en compactadores grandes. (de 10 a 60 ton).

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.

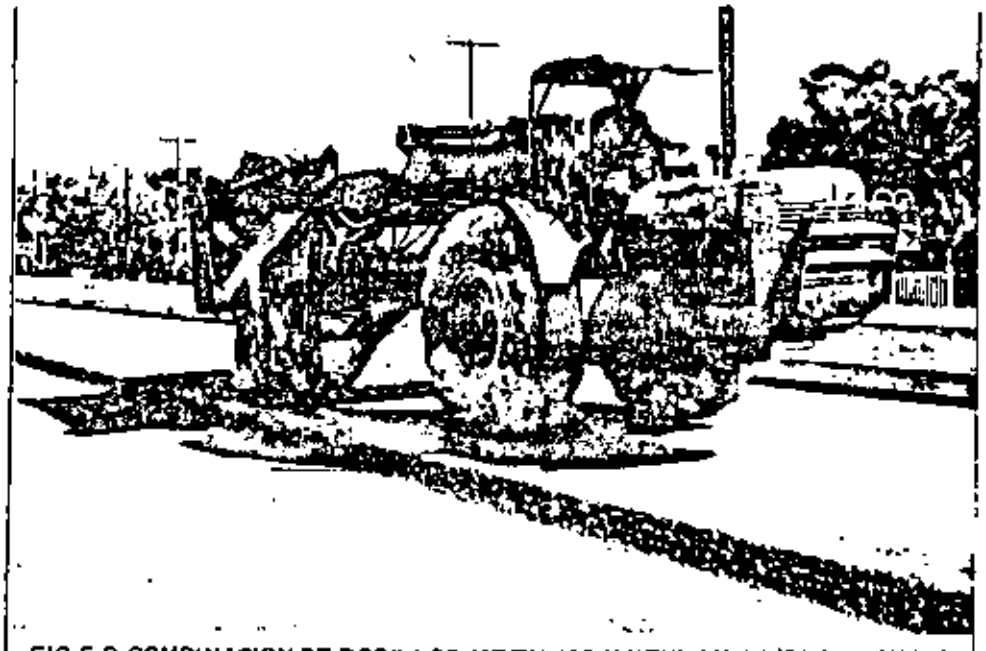


FIG.5.9 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO(DUO-PACTOR)

3. RODILLOS PATA DE CABRA.

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la 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. 20).

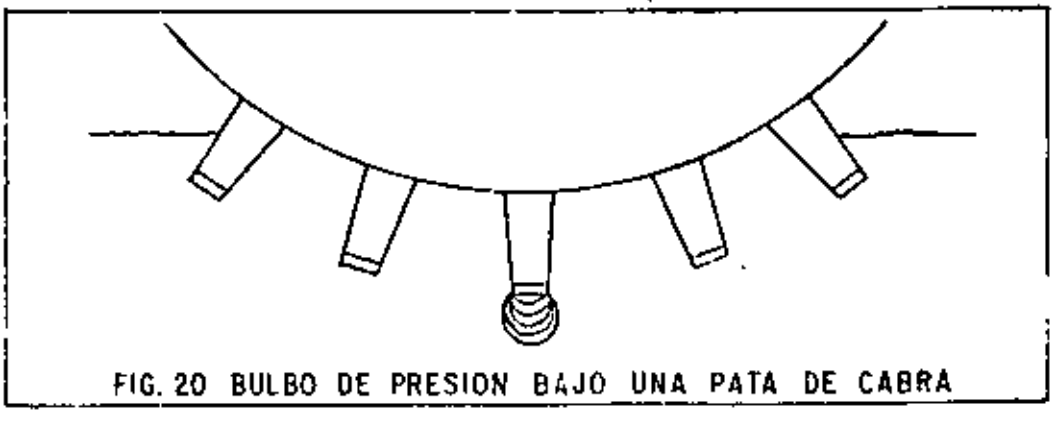


FIG. 20 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

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.21)

FIG.5.11 RODILLO PATA DE CABRA

4. RODILLO DE REJA.

Este compactador fue 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 guía 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 pérfil 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. 22).

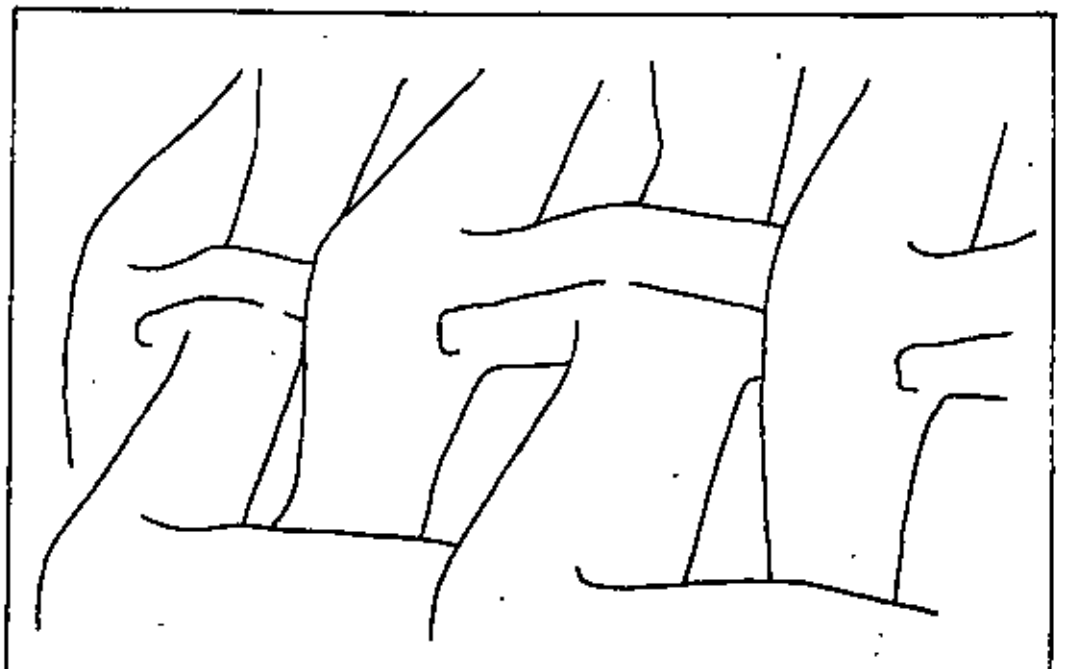


FIG. 22 CONFIGURACION DE LA REJA

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. 23).

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 reja, esto dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos al marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado (Fig. 24).

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.

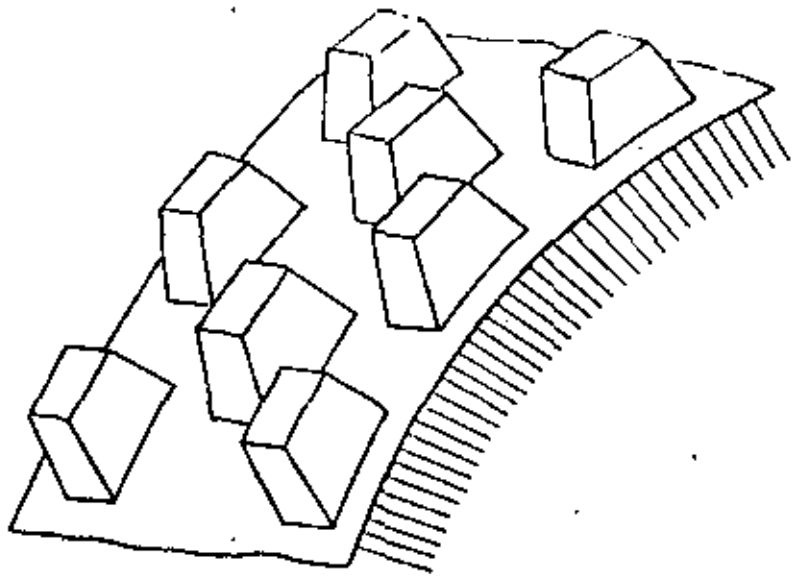


FIG. 23 SECCION DE UN RODILLO DE IMPACTO, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION Y FORMA DE LAS PIRAMIDES

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.

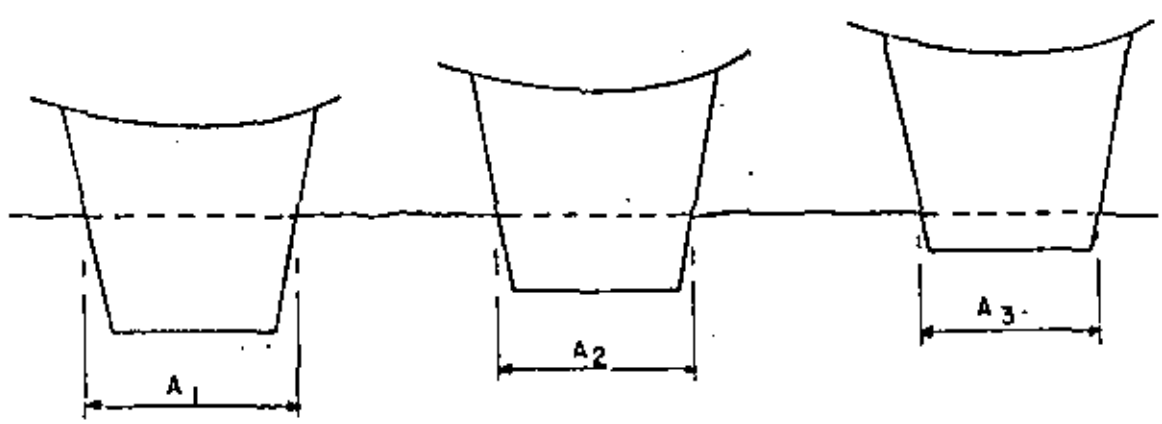


FIG. 24 AJUSTE DEL AREA DE APOYO

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. 25).

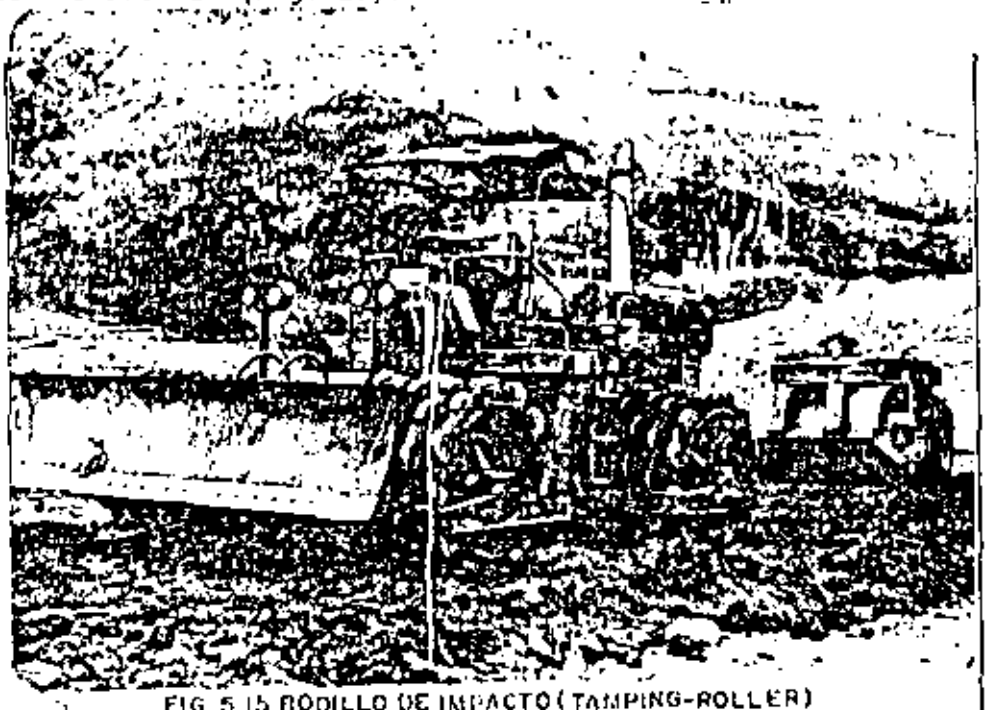


FIG. 5.15 RODILLO DE IMPACTO (TAMPING-ROLLER)

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 limitada 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. 26).

Buscando extender ventajas a suelos cohesivos se han desarrollado rodillos para doble 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 o 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.

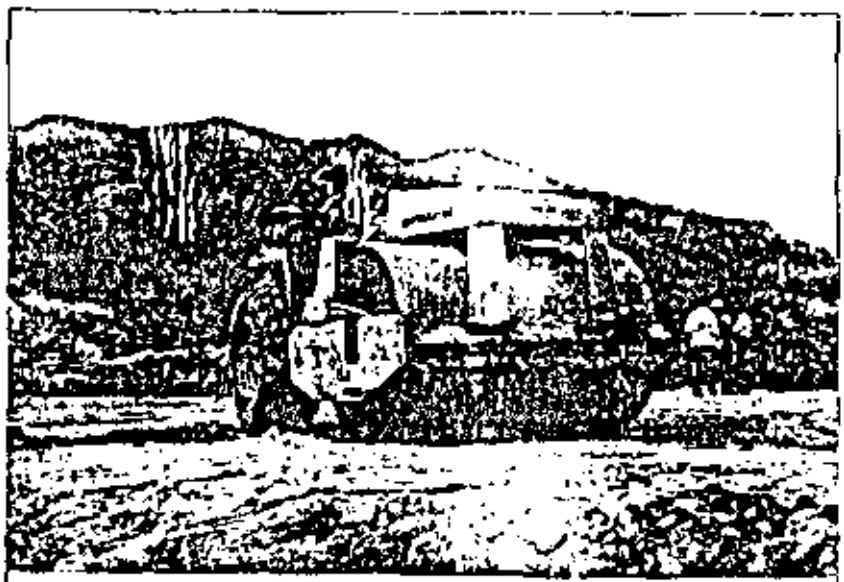


FIG. 5.16 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

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 acuñamientos, que materiales con partículas redondeadas.

3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de (Fig. 27):

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:

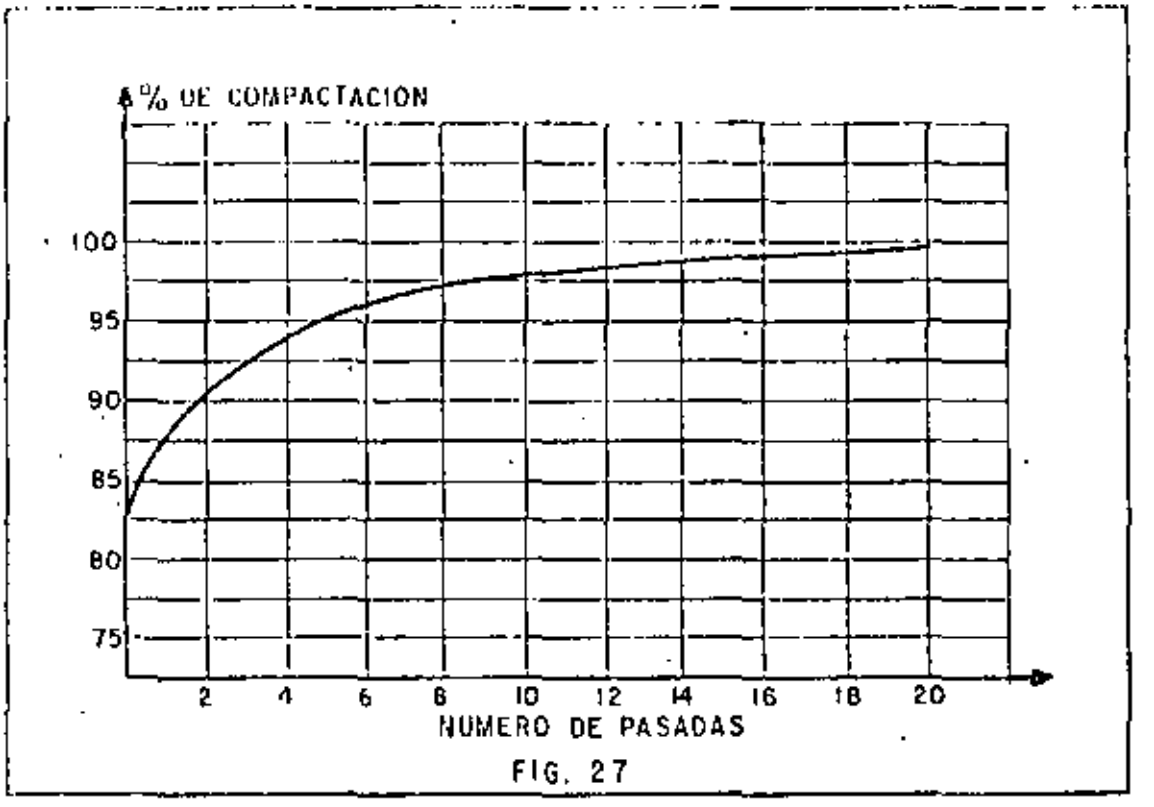


FIG. 27

A) Tipo de material

B) Estado del material (Suelto o 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 o 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 kg/cm2 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 kg y p_o = 9 kg/cm^2

$$e = \sqrt{\frac{1800\ kg}{3.14 \times 9}} \doteq 8\ cm$$

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

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

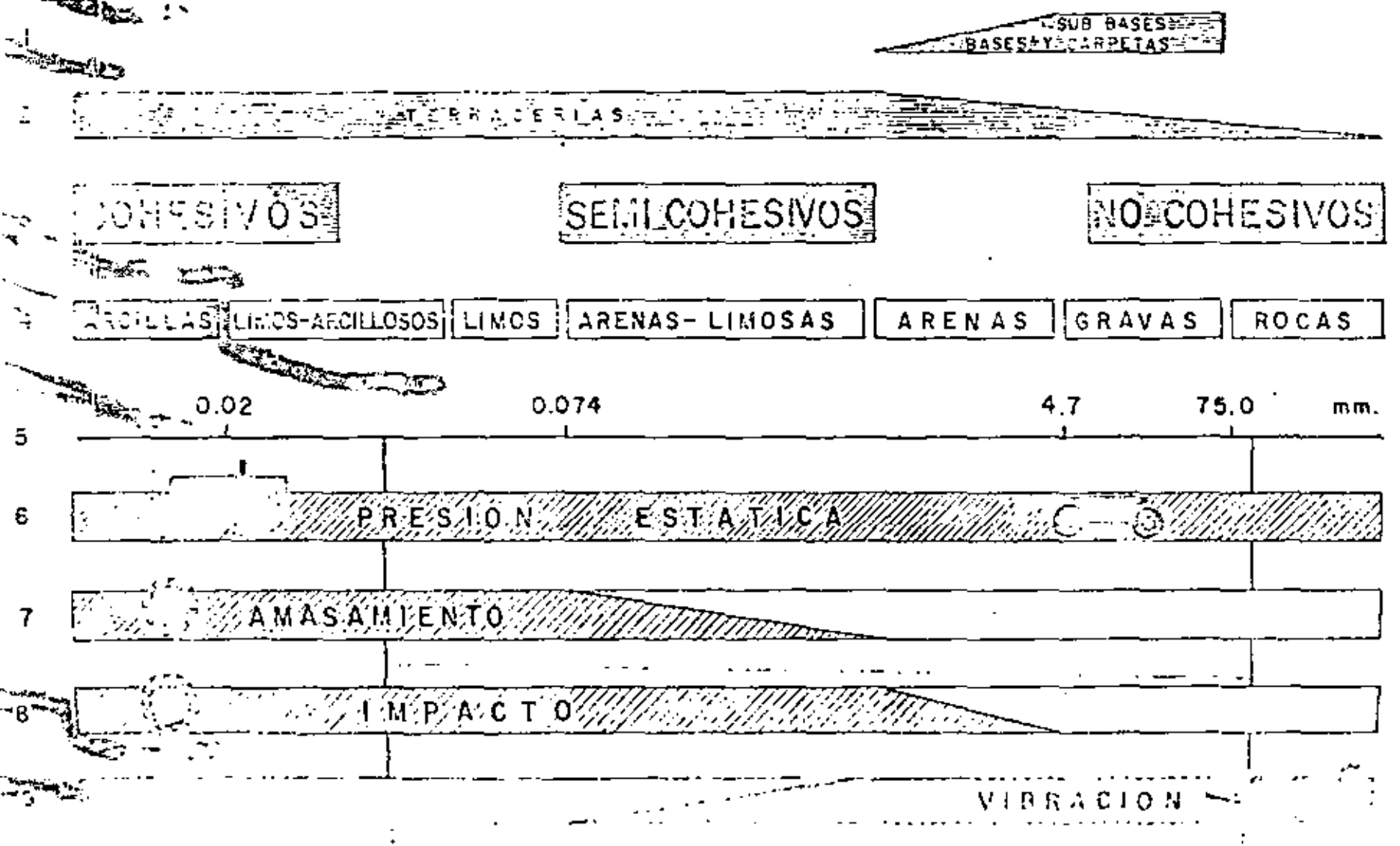
De lo anterior se concluye que para un material que requiere 2.7 kg/cm^2 de presión para ser compactado eficientemente con un compactador de 1800 kg de carga por rueda y una presión de contacto de 9 kg/cm2 se puede usar un espesor de capa de 16 cm.

VII. 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 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 más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

SELECCION DE EQUIPO



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

1) Sub-bases, bases y carpetas: siempre materiales no cohesivos (arenas y gravas).

2) Terracerías: normalmente materiales cohesivos y semicohesivos, a - veces no cohesivos.

En el renglón 6: la compactación por presión estática (rodillos metálicos y neumáticos) 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). Limitación: 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 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 o 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 por compactar, 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.

VIII. REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACIÓN.

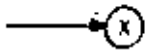
¿Qué hacer cuando el control nos indica una falla?

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.

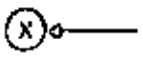
En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:

 = Un hecho o una acción.

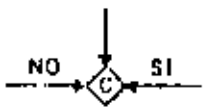
 = Una alternativa.



= Pasa al punto X



= El punto X



= ¿Se alcanzó la compactación?

IX. RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION Y COSTO DE LA COMPACTACION.

1) 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)

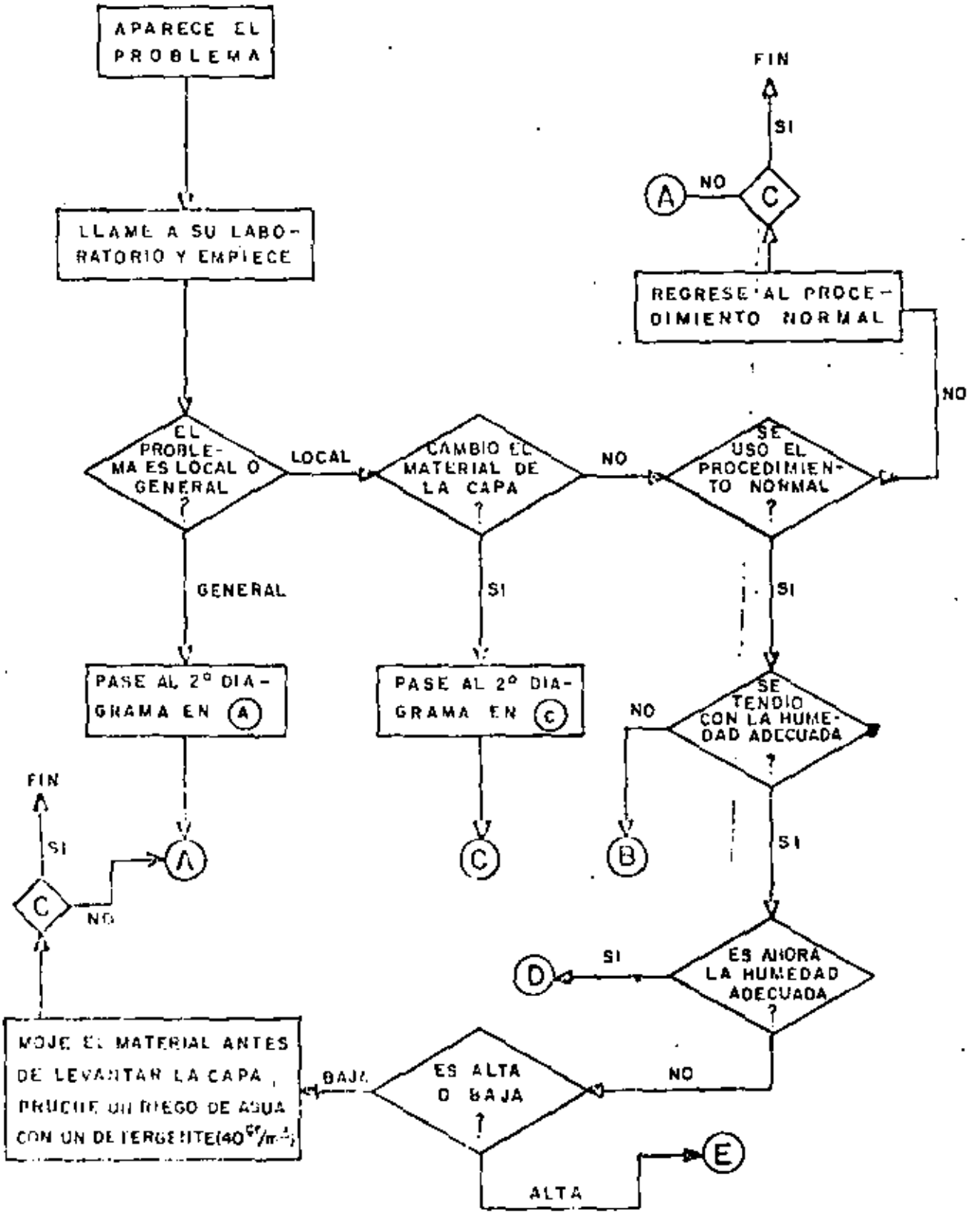
E = Espesor de capa (cm)

N = Número de pasadas

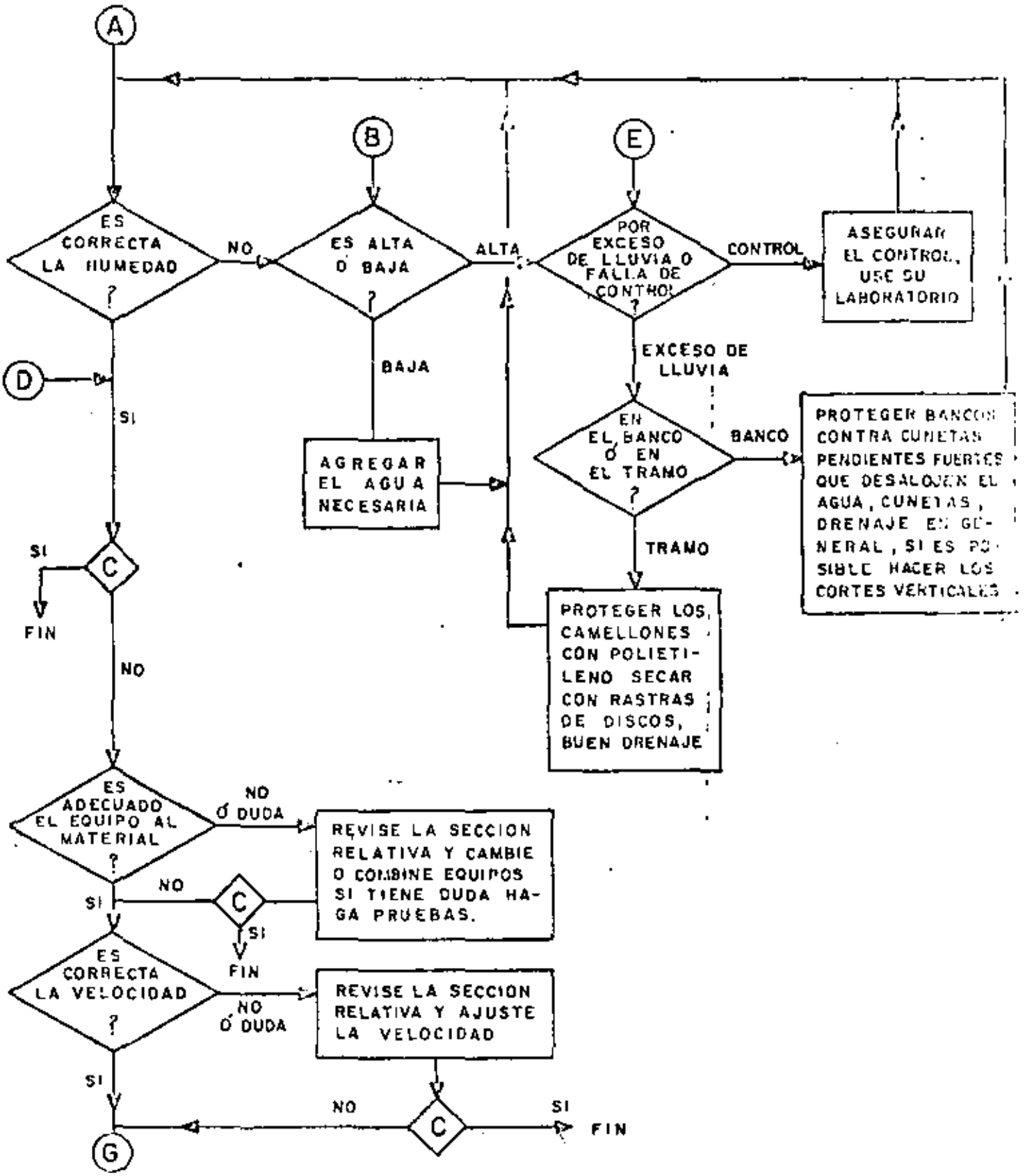
10 = Factor de conversión

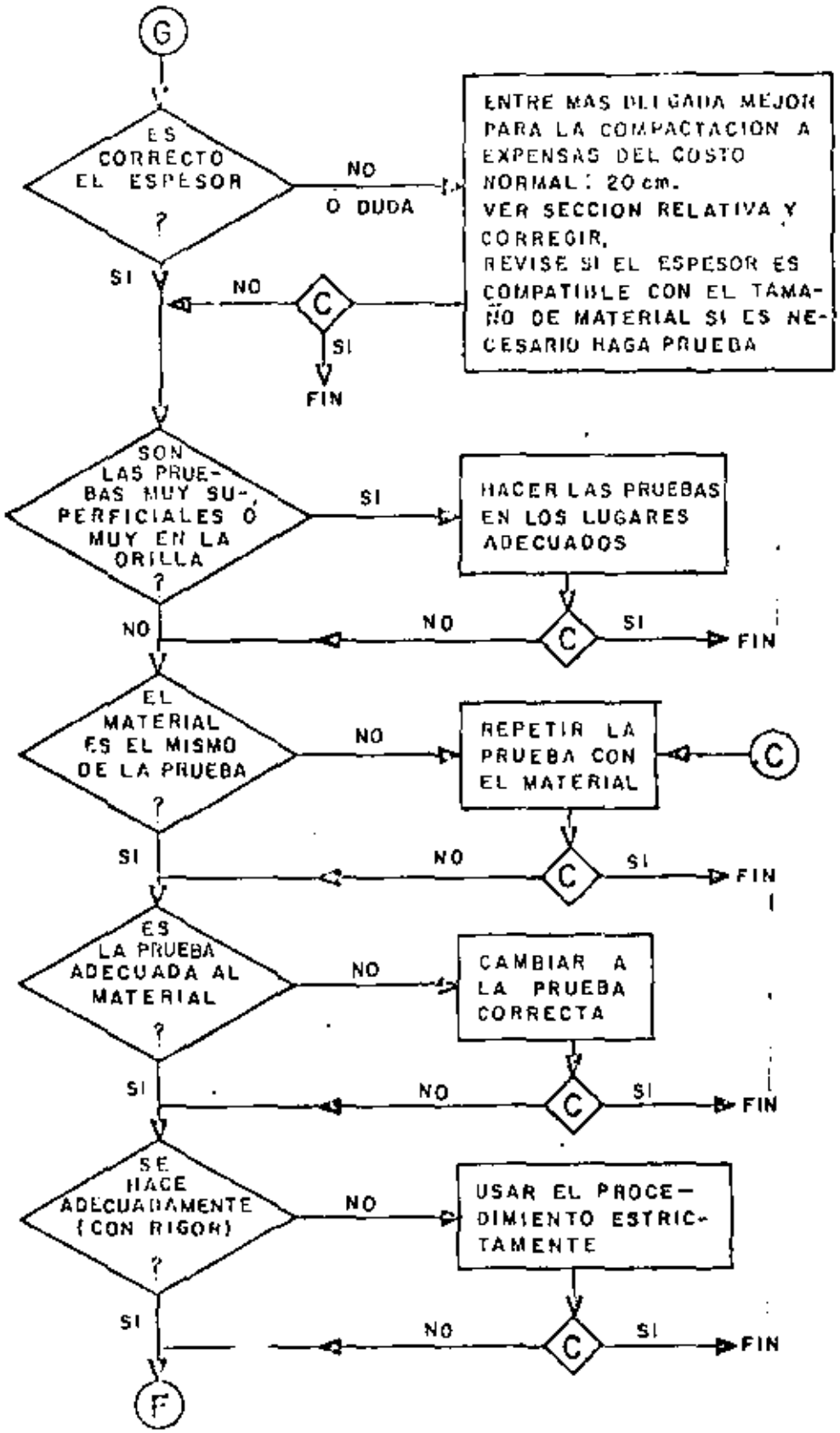
C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

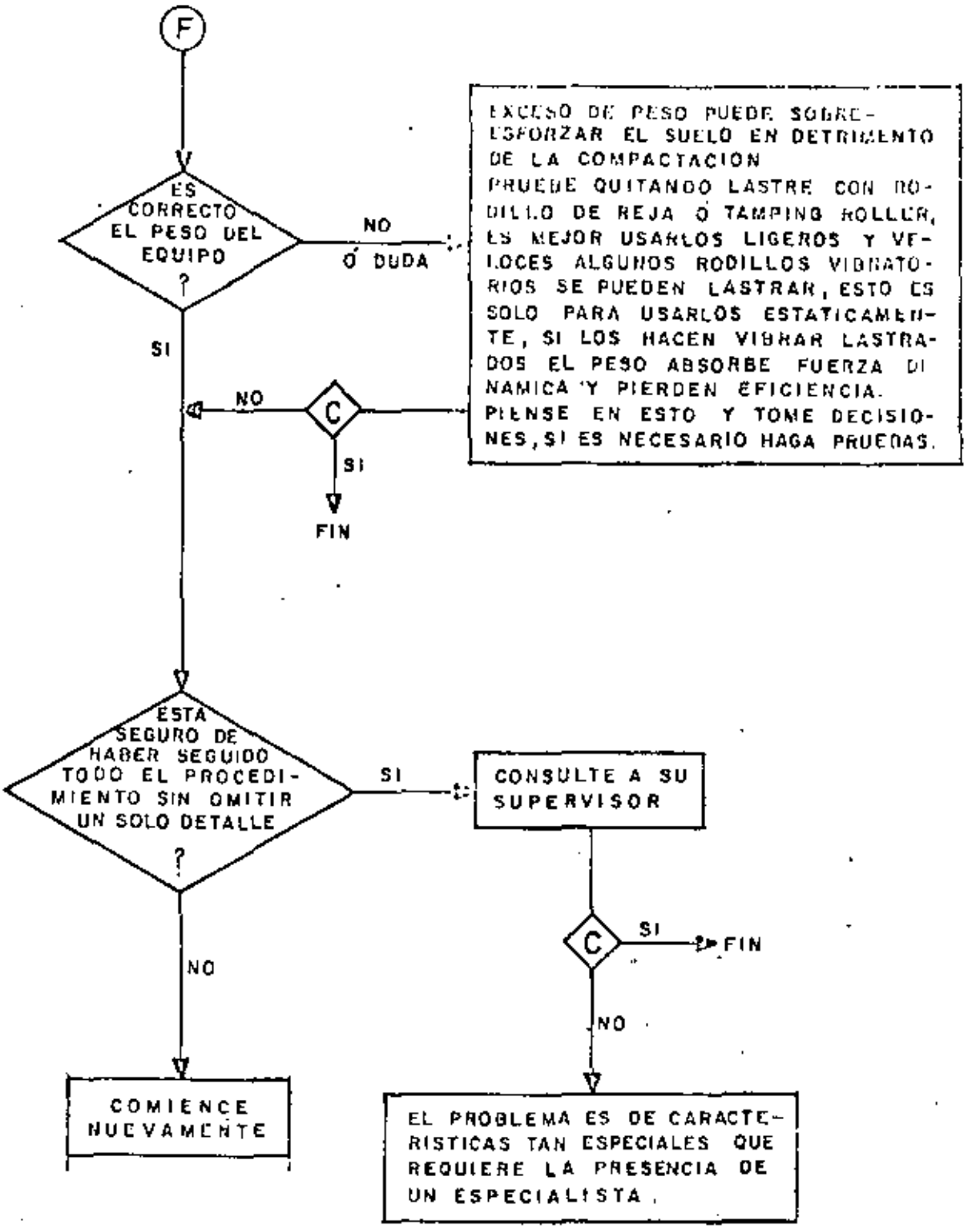
PRIMER DIAGRAMA



SEGUNDO DIAGRAMA




G
ES CORRECTO EL ESPESOR ?
NO O DUDA
ENTRE MAS DELGADA MEJOR PARA LA COMPACTACION A EXPENSAS DEL COSTO NORMAL : 20 cm. VER SECCION RELATIVA Y CORREGIR. REVISE SI EL ESPESOR ES COMPATIBLE CON EL TAMAÑO DE MATERIAL SI ES NECESARIO HAGA PRUEBA
SI
NO
C
SI
FIN
SON LAS PRUEBAS MUY SUPERFICIALES O MUY EN LA ORILLA ?
SI
HACER LAS PRUEBAS EN LOS LUGARES ADECUADOS
NO
NO
C
SI
FIN
EL MATERIAL ES EL MISMO DE LA PRUEBA ?
NO
REPETIR LA PRUEBA CON EL MATERIAL
C
SI
NO
C
SI
FIN
ES LA PRUEBA ADECUADA AL MATERIAL ?
NO
CAMBIAR A LA PRUEBA CORRECTA
SI
NO
C
SI
FIN
SE HACE ADECUADAMENTE (CON RIGOR) ?
NO
USAR EL PROCEDIMIENTO ESTRICTAMENTE
SI
NO
C
SI
FIN
F


F
ES CORRECTO EL PESO DEL EQUIPO ?
NO
Ó DUDA
EXCESO DE PESO PUEDE SOBREESFORZAR EL SUELO EN DETRIMENTO DE LA COMPACTACION
PRUEBE QUITANDO LASTRE CON RODILLO DE REJA Ó TAMPING ROLLER, ES MEJOR USARLOS LIGEROS Y VELOCES ALGUNOS RODILLOS VIBRATORIOS SE PUEDEN LASTRAR, ESTO ES SOLO PARA USARLOS ESTATICAMENTE, SI LOS HACEN VIBRAR LASTRADOS EL PESO ABSORBE FUERZA DINAMICA Y PIERDEN EFICIENCIA.
PIENSE EN ESTO Y TOME DECISIONES, SI ES NECESARIO HAGA PRUEBAS.
SI
NO
C
SI
FIN
ESTA SEGURO DE HABER SEGUIDO TODO EL PROCEDIMIENTO SIN OMITIR UN SOLO DETALLE ?
SI
CONSULTE A SU SUPERVISOR
C
SI
FIN
NO
NO
COMIENCE NUEVAMENTE
EL PROBLEMA ES DE CARACTERISTICAS TAN ESPECIALES QUE REQUIERE LA PRESENCIA DE UN ESPECIALISTA.

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. 28).

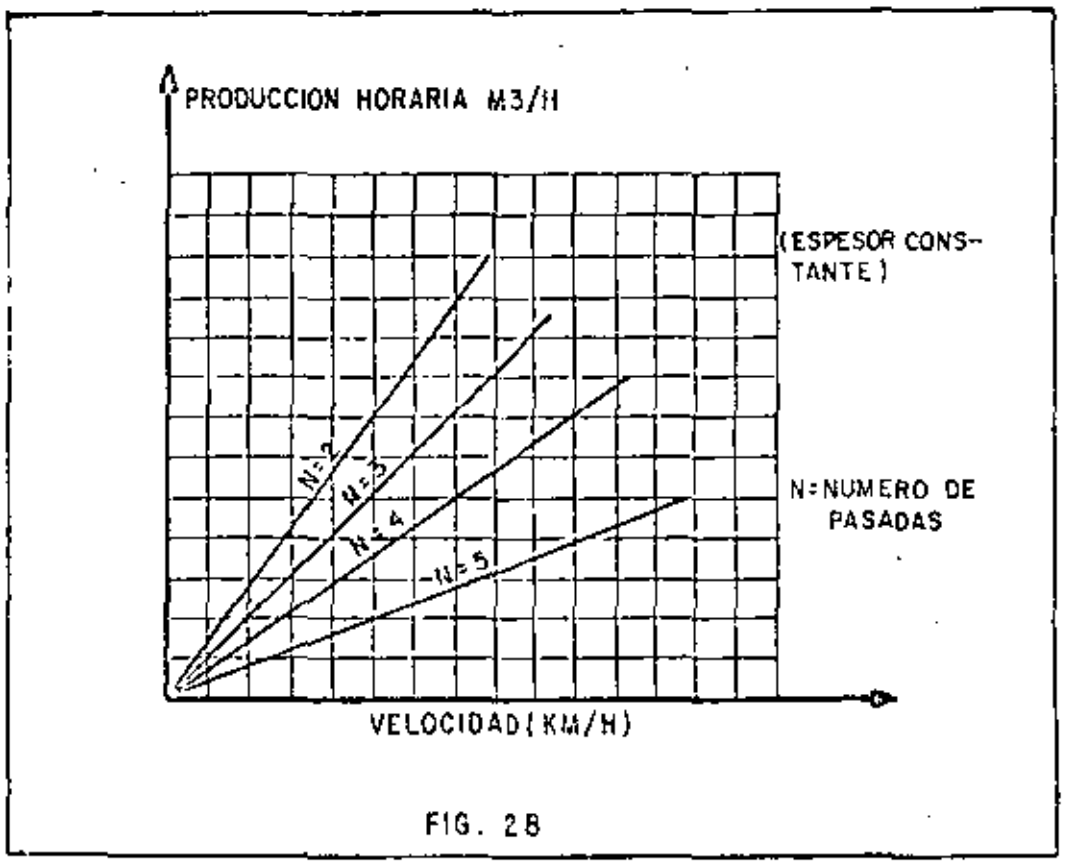


FIG. 28

2) COSTO DE LA COMPACTACION.

Conociendo la capacidad de producción de un compactador y para conocer el costo del (m3) 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) C o n s u m o s

Combustibles
Lubricantes
Llantas

C) O p e r a c i ó n

D) T r a n s p o r t e

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 (m3) 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.

1.- DETERMINACION DE COSTOS HORARIO.

1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

PRECIO DE ADQUISICION RODILLO	$ 180,000.00
PRECIO DE ADQUISICION TRACTOR	$ 140,000.00
	$ 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
	123.00/HORA

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
	$ 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
	$ 232.00/HORA

II. DETERMINACION DE PRODUCCIONES HORARIAS.

1. Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho	=	1.50 m
Velocidad	=	4 km/h.
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	4 para 95%
Coeficiente de reducción	=	0.7

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

$$p = 210 \ m^3/HORA$$

2. Rodillo autopropulsado

Ancho	=	2.14 m
Velocidad	=	4 km/h
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	4 para 95%
Coeficiente de reducción	=	0.8

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

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

$$p = 342.4 \ m^3/HORA$$

3. Rodillo tandem autopropulsado.

Ancho	=	1.50 m
Velocidad	=	4 km/h
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	2 (por ser dos rodillos)
Coeficiente de reducción	=	0.8

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

$$p = 480 \ m^3/HORA$$

III. DETERMINACION DE COSTO DE COMPACTACION.

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO x M^3
Caso 1	$ 123.00/H	210 m^3/h	$ 0.59/m^3
Caso 2	$ 133.00/H	342.4 m^3/h	$ 0.39/m^3
Caso 3	$ 232.00/H	480 m^3/h	$ 0.48/m^3

Se hace notar que a pesar de que la diferencias de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 26% 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 m
Velocidad	=	9 km/Hora
Espesor	=	20 cm
Número de pasadas	=	8 pasadas (contando sus cuatro rodillos)
Coeficiente de reducción	=	0.8

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

$$\text{Producción} = 349.2\ m^3/H$$

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

$$\text{Costo} = \$\ 0.69/m^3$$

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.

E J E M P L O (2)

MATERIAL POR COMPACTAR: Arena bien graduada

VOLUMEN POR COMPACTAR: 800 m^3 sueltos/hora

FACTOR DE REDUCCION AL 95% = 0.85

A) PLANCHA TANDEM

Ancho rodillos = 2.00 m
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) RODILLOS VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

Ancho rodillo = 1.50 m
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

P R E G U N T A S

1. ¿Cuantas planchas tandem son necesarias para compactar 800 m^3 sueltos por hora?.

2. ¿Cuantos rodillos vibratorios son necesarios para compactar 800 m^3 sueltos por hora?.

3. ¿Cual equipo proporcionará una compactación más económica?

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) PLANCHA TANDEM

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

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

B) RODILLO VIBRATORIO

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

$$p = 400 \ m^3/h \text{ (compactos)}$$

Como las producciones se han determinado en forma compacta y el volumen por hora por compactar está dado en m3 sueltos, se debe convertir este último también a forma compacta.

Volumen suelto x factor de reducción = Vol compacto

$$\text{Vol compacto} = 800 \ m^3/h \times 0.85$$

$$= 680 \ m^3/h$$

R E S P U E S T A S :

1. Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{680 \ m^3/h}{134.4 \ m3/h} = \text{No. de planchas}$$

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:

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

No. de rodillos = 1.7

No. de rodillos = 2

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

3. Determinación del costo de compactación:

A) Planchas tandem.

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

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

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

B) Rodillos vibratorios.

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

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

E J E M P L O (3)

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

Ancho del rodillo = 1.50 m
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 m3 compactos.

P R E G U N T A .

¿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^3/h

¿Cuánto es el ahorro total por compactación?
Se debe determinar para cada equipo el costo de compactación.

A) Para rodillo vibratorio

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

$$\text{Producción} = 96\ m^3/h$$

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

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

B) Para compactador de impacto.

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

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

Comparando un costo contra el otro, se observa que existe una diferencia de $ 0.88/m3 a favor del compactador de impacto.

Como el volumen por compactar es de 900,000 m^3, 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.

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 o 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 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.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EXPLOTACION DE ROCAS

Ing Federico Alcaraz Lozano

Junio, 1981

EXPLOTACION DE ROCA

Ing. Federico Alcaraz Lozano

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

- *Roca graduada (en la que se piden requerimientos de tamaño).*
  - *Para trituración*
  - *Para enrocamientos etc.*
- *Roca sin graduar (cortes) (en la que no se piden requerimientos de tamaño)*

PROCESOS PRINCIPALES.

- *Extracción*
  - *con arado*
  - *con explosivos*
- *Carga*
  - *En distancias cortas para alimentar otra máquina (Quebradora).*
  - *En distancias largas para pedraplen.*
- *Acarreo*
  - *a corta distancia*
    - *Para alimentar otra máquina (Quebradora).*
    - *Para formar un pedraplén.*
  - *a distancia.*

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.

Para trituración →	*El tamaño limitado por la abertura de la quebradora primaria.*
Para enrocamientos. →	*El tamaño limitado por proyecto, especificaciones y por el equipo de cargas y acarreo.*
Para corte y pedraplén. →	*El tamaño limitado por el equipo de carga y acarreo, ó por la capacidad de los tractores.*

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 destruír 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) obtuvó 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 absorvida en 25% de tierra de infusorios (una tierra de diatomeas muy porosa). A Nobel se le debe, también, la gelativa 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 sacer el mayor provecho a estas substancias. 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 dada 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 rapidamente 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 ¼" 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 EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACION	U S O
Dinamita Nitroglicerina.	Nitroglicerina	-	Alta	Buena	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto.
Extra	Nitroglicerina y amoniaco	20 a 60%	Alta	Regular	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto.
Granulada	Amoniaco	25 a 65%	Baja	Muy mala	Exceso de gases.	Trabajos a cielo abierto (canteras)
Gelatina	Amoniaco	30 a 75%	Muy alta	Buena a excelente.	Muy pocos gases a nulos	Sismología. Trabajos submarinos y subterráneos.
Permitidos	?	-	Alta	Regular	Muy pocos gases.	Trabajos mineros (carbón)
Baja densidad	Amoniaco	25%	Regular	Ninguna	Pocos gases	Trabajos mineros.

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 contínua 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 inciarse 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 através 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 numeros 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 te-- tranitrato de pentaeritritol (Niperita) dentro de una envoltura imper- meable 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 inicia-- dor a todo lo largo de la carga explosiva.

El "primacord" se usa principalmente para disparos múltiples de ba- rrenos 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 me- cha es relativamente pequeño. En cambio la máquina se recomienda para operaciones donde diariamente se fija una gran cantidad de ful- minantes 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. Estás 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 manecilla 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) Volliohmetro 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 cantera de frente angosto, disparando varias hileras de barrenos al mismo tiempo (Fig. 1). Para este caso la profundidad P debe exceder, aproximadamente, 30 centímetros, la profundidad del corte.

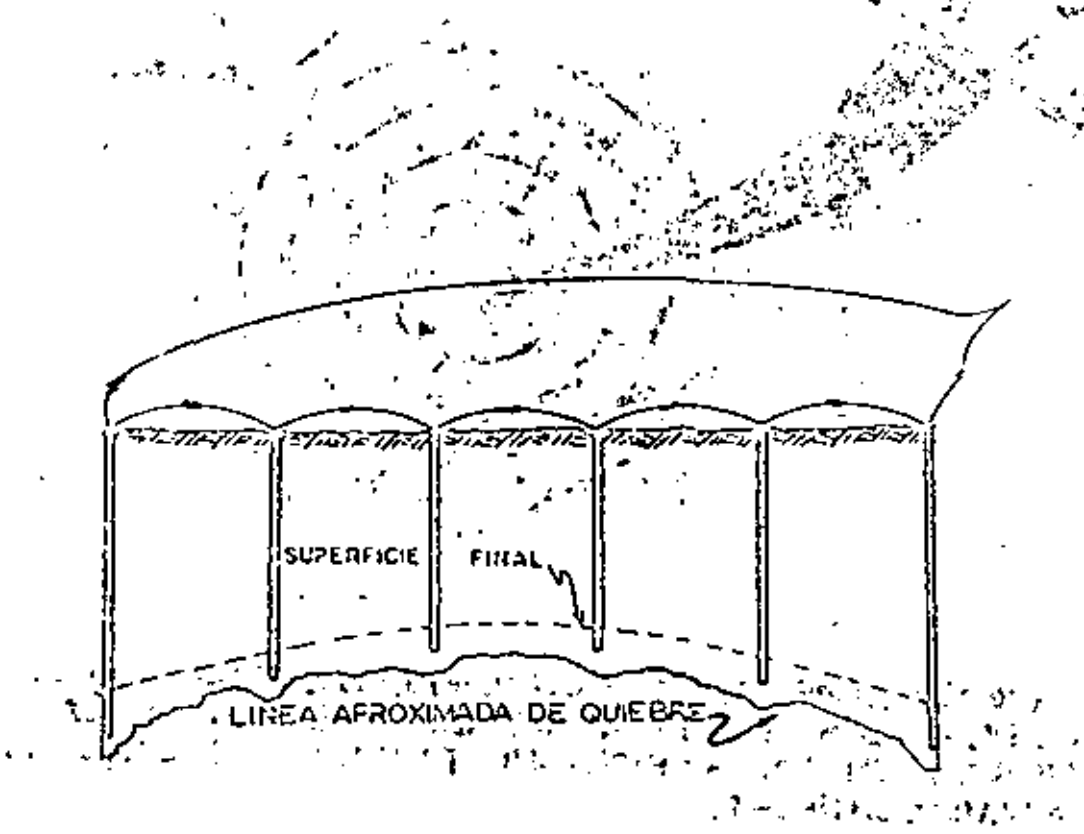
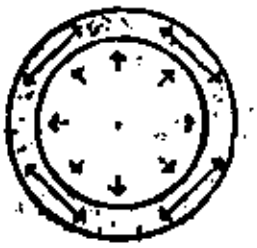
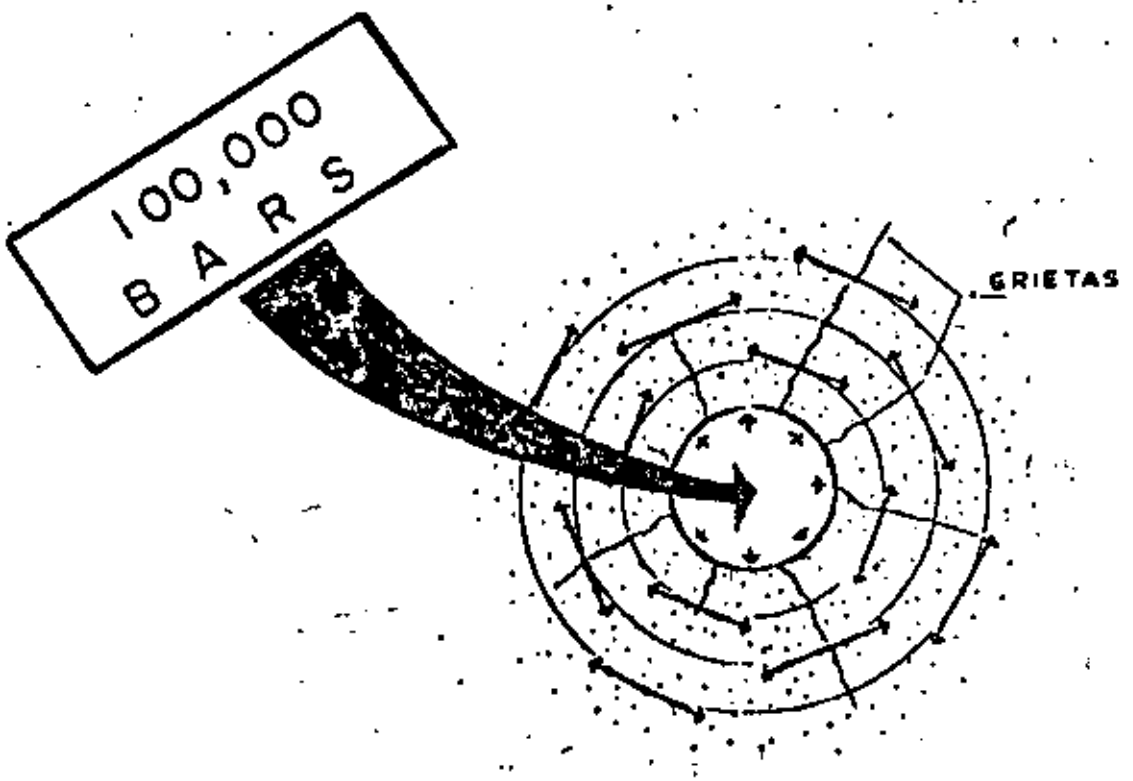


Figura 1



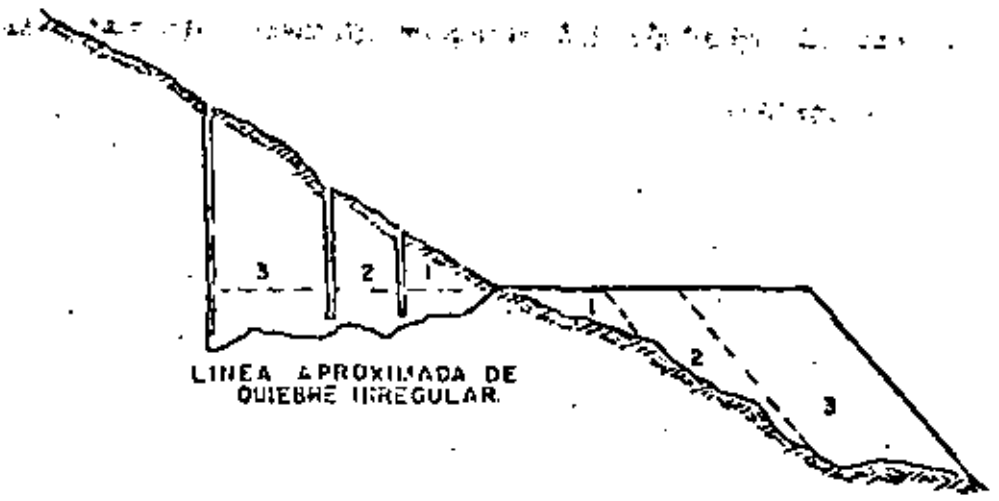
LAS PAREDES DE UN TUBO DE ACERO SOMETIDA A PRESION INTERNA, ESTAN SOMETIDAS A TENSION



LA ROCA ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION . SI LA PRESION ES SUFICIENTEMENTE GRANDE TAMBIEN LO SERA LA TENSION Y HABRA GRIETAS.

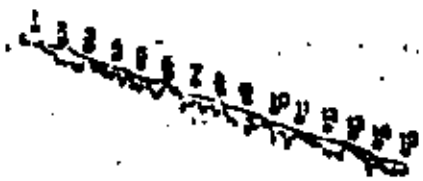
Para barrenación corta es recomendable los barrenos de 1½" (3.81 cm) de diámetro en donde el pueble no debe pasar de la mitad del barreno. El consumo de dinamita gelatina 40% en este tipo de barrenación es de 0.5 a 0.6 Kg/m3 de roca.

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, 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:



Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros de altura es recomendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultáneamente con el objeto de desprender suficiente material y aumentar la fragmentación.

La plantilla más sencilla para una voladura de varias hileras, lateralmente limitadas, es la que se muestra en la figura 3.

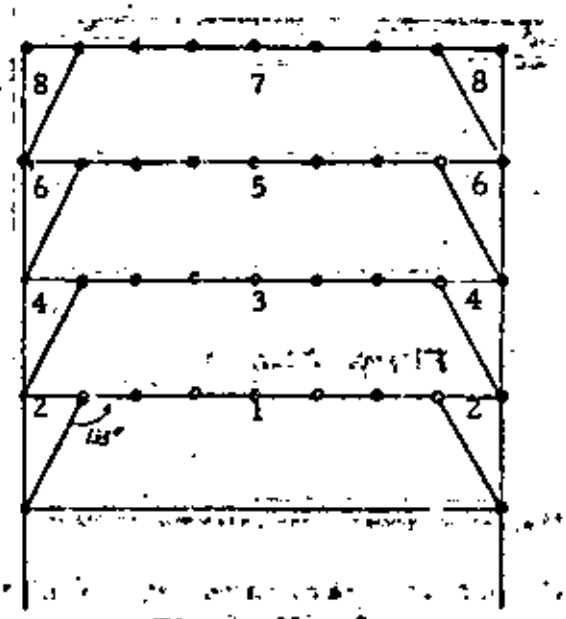


Figura No. 3

Todos los barrenos por hilera, excepto los de esquinas, se inician con un mismo número de retardo, con lo que, en el momento de la detonación, cada barreno tiene rotura libre. Esto no sería posible si los barrenos de esquina se iniciaran al mismo tiempo, ya que se tendría una probabilidad muy grande de que éstos se encendieran antes de los inmediatamente próximos, quedando en condiciones de rotura desfavorable. Este tipo de encendido exige el doble de intervalos que hileras, lo cual es una restricción cuando se trata de grandes voladuras con varias hileras, ya que los intervalos disponibles no son suficientes para la aplicación de una secuencia de encendido como la de la figura 3.

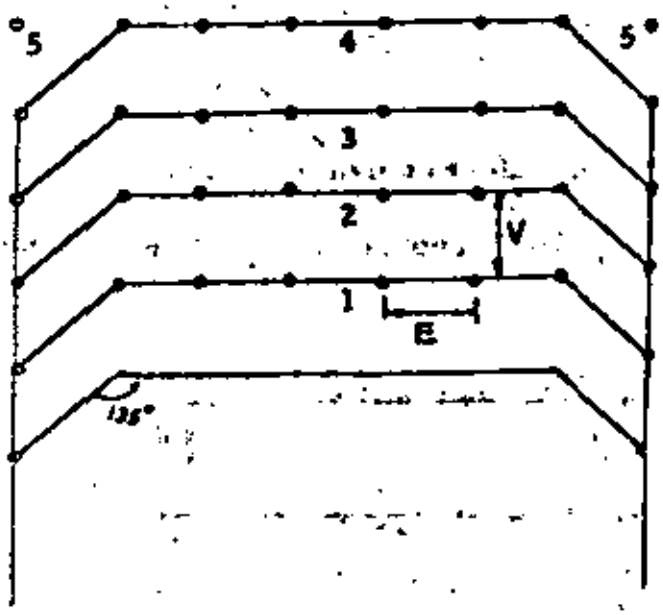


Figura No. 4

La plantilla anterior, se puede modificar como se muestra en la -- figura 4 en la cual todos los barrenos de la hilera, a excepción de los de esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barrenos de esquina de la hilera anterior. Con este arreglo, se usa un -- menor número de intervalos en los estopines.

Otro tipo de plantilla sería como la mostrada en la figura 5, la cual es adecuada para una mayor fragmentación, un mejor acabado en las paredes y una rezaga más concentrada, aunque presenta malas condiciones para el desprendimiento de la parte central, pues después del encendido del retardo Núm. 1 que tiene la rotura libre; salen los dos barrenos de ambos lados de la misma hilera con el retardo núm. 2, así como este mismo, lo que dá como resultado que el barreno de - la segunda hilera se pueda adelantar a los de enfrente, quedándose encerrado e l mom nto de enc ndido y efectuando una voladura defectuosa.

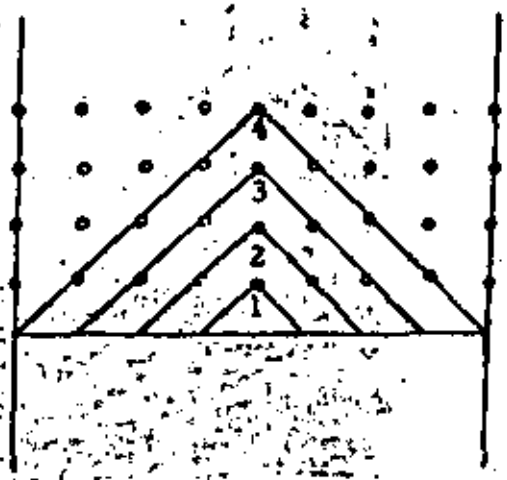


Figura No. 5

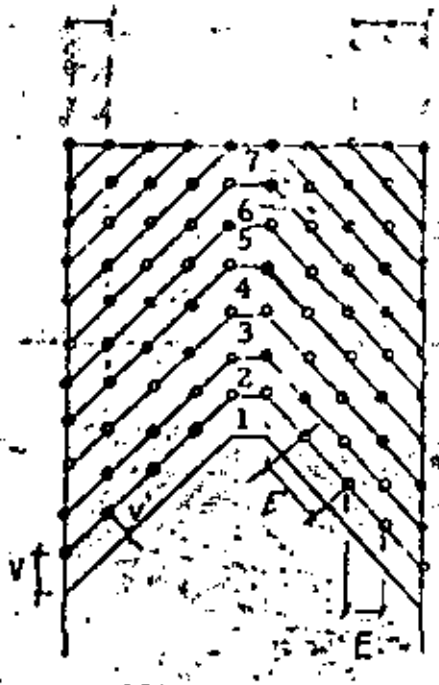


Figura No. 6

Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la figura 6.

Los dos barrenos que están ligeramente más comprimidos que los otros, se han dispuesto en la hilera de modo que, el desgarramiento en sus alrededores, no afecte al contorno final de la pared acabada.

Además, se debe tomar en cuenta la gran importancia que tiene la relación pata-espaciamiento para la fragmentación; en la figura 6 así como en la 5 se tiene que, en comparación con la figura 4

$$E' = E \times \sqrt{2}, \qquad V' = V / \sqrt{2}$$

por lo que, igualando términos, $\frac{E'}{V'} = \frac{2E}{V}$, lo cual es favorable para la fragmentación; ésto queda más claro si se toman en cuenta las ilustraciones de las figuras 7 y 7A, las cuales fueron determinadas experimentalmente.

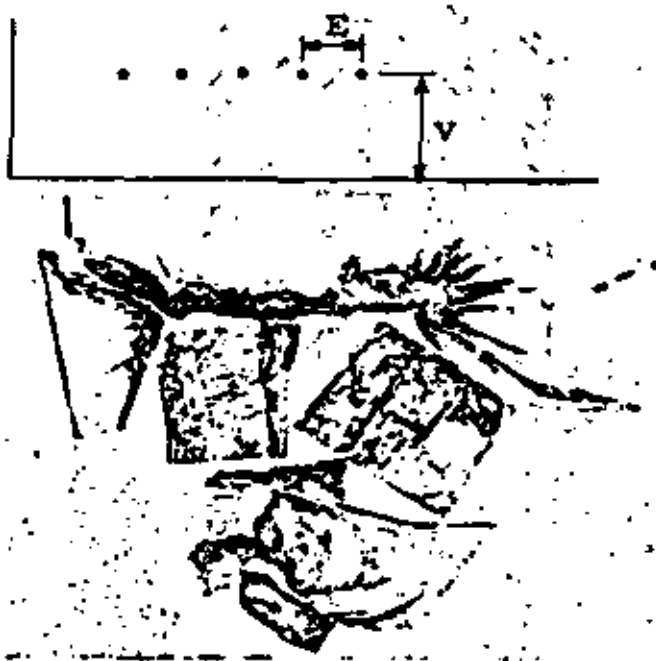


Fig. 7

Fig. 7-A

Donde se ve claramente que al aumentar la relación E/V, aumenta la fragmentación

Por otro lado se tiene que, como se vió anteriormente hablando de los ángulos característicos, el encendido de hileras oblícuas al eje de la voladura implica que la proyección que tiene lugar en ángulos rectos con las hileras de encendido, no sea normal al frente, sino según el ángulo de 45° con la prolongación del eje. Esto reduce la proyección y consecuentemente, se tienen posibilidades para una carga de explosivos más potente, una mejor fragmentación y un producto más concentrado que facilitará la rezaga.

DISEÑO DE UNA VOLADURA

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 al rededor de 0.4 kg/m3. (puede variar de 0.2 a 0.6 kg/m^3)

3) La carga del fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de la columna

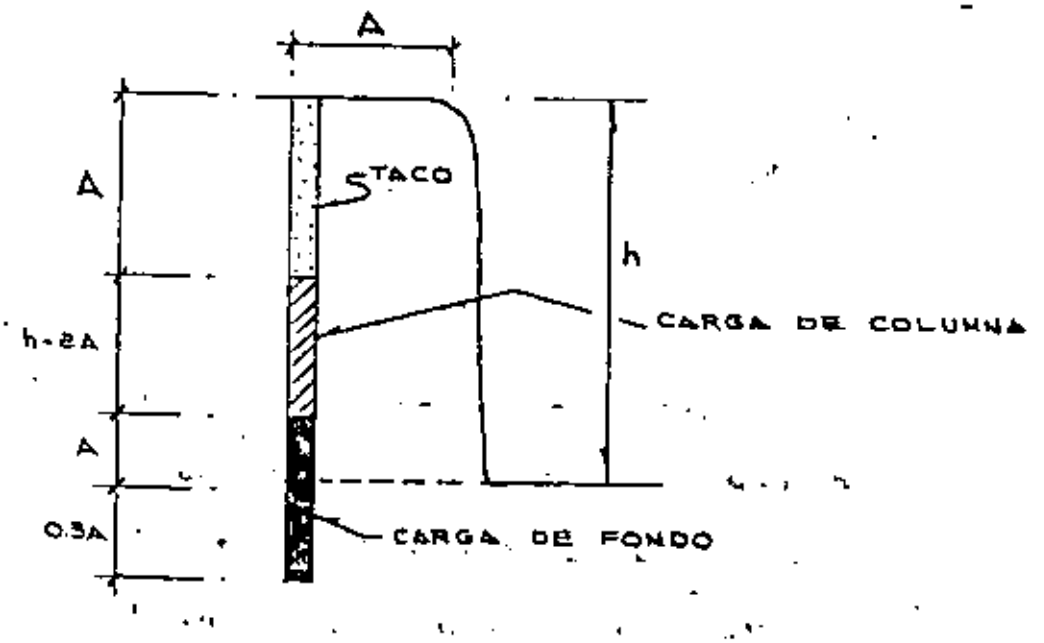
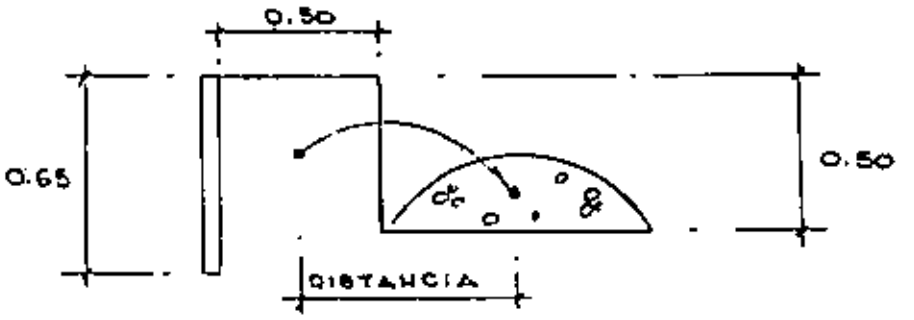


Figura 8.

y se distribuirá de acuerdo con la figura 8.

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.



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.*

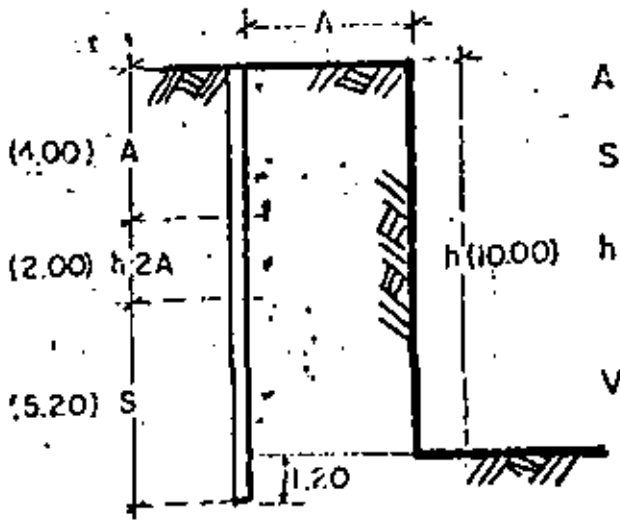
11) *El peso volumétrico de la dinamita extra 40% ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm3.*

PROBLEMA:

$\emptyset = 4'' = 0.10$ m.

CARGA ESPECIFICA: 0.35 Kg/ m^3

DINAMITA EXTRA 40 %



$A = 40 \times 0.1 = 4.00$ m.

$S = 1.3A = 1.3 \times 4.00 = 5.20$ m.

$h = \frac{0.1}{0.01} = 10.00$ m.

$V = 4.00 \times 5.20 \times 10.00 = 208\ m^3$

$208 \times 0.35 = 72.8$ Kg de explosivos

$$c.c. = 72.8 \div 3.7 = 19.68$$

$$c.f. = 19.67 \times 2.7 = \frac{53.12}{72.80}$$

$$L.c.f. = \frac{53.12}{10.458} = 5.08 \leq 5.20$$

$$L.c.c. = \frac{19.68}{10.458} = 1.88 \leq 2.00$$

DINAMITAS			AGENTES EXPLOSIVOS		
Gelatina Extra	40 %	1.57	"Mexamon"	SP	0.61
	60 %	1.44		SP-LD	0.70
	75 %	1.39			
Dinamita Extra	40 %	1.29	"Mexamon"	C	0.85
	60 %			C-LD	0.64
Dinamita Esp.	45 %	1.23			
Gelamex	No. 1	1.28	Super "Mexamon"	D	0.65
	No. 2	1.16			
Gelatina Alta Velocidad Geomex	60 %	1.47	NA-AC		0.80
Duromex	6	1.00			
Dinamex	A	1.23			
Tovol		1.60			

DENSIDADES DE EXPLOSIVOS	NORMA	RCV
	HOJA DE	23

DIAMETRO		VOLUMEN	KILOS POR METRO LINEAL DE COLUMNA PARA UNA DENSIDAD DADA														
PULGADAS	CMS.	CM3/M.L.	.50 Grs. por cm 3	.65 Grs. por cm.3	.70 Grs. por cm.3	.80 Grs. por cm.3	.85 Grs. por cm.3	1.00 Grs. por cm.3	1.16 Grs. por cm.3	1.23 Grs. por cm.3	1.28 Grs. por cm.3	1.29 Grs. por cm 3	1.39 Grs. por cm.3	1.44 Grs. por cm.3	1.47 Grs. por cm.3	1.57 Grs. por cm.3	1.60 Grs. por cm 3
7/8	2.22	387.08	.194	.252	.271	.310	.329	.387	.449	.476	.495	.499	.538	.557	.569	.606	.619
1	2.54	506.71	.253	.329	.355	.405	.431	.507	.588	.623	.649	.654	.704	.730	.745	.786	.811
1 1/4	3.18	794.23	.397	.516	.556	.635	.675	.794	.921	.977	1.017	1.025	1.104	1.144	1.168	1.247	1.271
1 1/2	3.81	1140.09	.570	.741	.798	.912	.969	1.140	1.323	1.402	1.459	1.471	1.585	1.642	1.676	1.790	1.824
1 3/4	4.45	1555.29	.778	1.011	1.089	1.244	1.322	1.555	1.804	1.913	1.991	2.006	2.162	2.240	2.286	2.442	2.488
2	5.08	2026.83	1.013	1.317	1.419	1.621	1.723	2.027	2.351	2.493	2.594	2.615	2.817	2.919	2.979	3.182	3.243
2 1/2	6.35	3166.93	1.583	2.059	2.217	2.534	2.692	3.167	3.674	3.895	4.054	4.085	4.402	4.560	4.655	4.972	5.067
3	7.62	4560.38	2.280	2.964	3.192	3.648	3.876	4.560	5.290	5.609	5.837	5.883	6.339	6.567	6.704	7.160	7.297
3 1/2	8.89	6207.18	3.104	4.035	4.345	4.966	5.276	6.207	7.200	7.635	7.945	8.007	8.628	8.938	9.125	9.745	9.931
4	10.16	8107.34	4.054	5.270	5.675	6.486	6.891	8.107	9.405	9.972	10.377	10.458	11.269	11.675	11.918	12.729	12.972
4 1/2	11.43	10260.85	5.130	6.670	7.183	8.209	8.722	10.261	11.903	12.621	13.134	13.236	14.263	14.776	15.083	16.110	16.417
5	12.70	12667.72	6.334	8.234	8.867	10.134	10.768	12.668	14.695	15.581	16.215	16.341	17.608	18.242	18.622	19.888	20.268
5 1/2	13.97	15327.94	7.664	9.963	10.730	12.262	13.029	15.328	17.780	18.853	19.620	19.773	21.306	22.072	22.532	24.065	24.525
6	15.24	18241.51	9.121	11.857	12.769	14.593	15.505	18.242	21.160	22.437	23.349	23.532	25.356	26.268	26.815	28.639	29.186
6 1/2	16.51	21408.44	10.704	13.915	14.986	17.127	18.197	21.408	24.834	26.332	27.403	27.617	29.758	30.828	31.470	33.611	34.254
7	17.78	24828.72	12.414	16.139	17.380	19.863	21.104	24.829	28.801	30.539	31.781	32.029	34.512	35.753	36.498	38.981	39.726
7 1/2	19.05	28502.36	14.251	18.527	19.952	22.802	24.227	28.502	33.063	35.058	36.483	36.768	39.616	41.043	41.898	44.749	45.604
8	20.32	32429.35	16.215	21.079	22.701	25.945	27.565	32.429	37.618	39.888	41.510	41.834	45.077	46.698	47.671	50.914	51.887
8 1/2	21.59	36609.70	18.305	23.796	25.627	29.288	31.118	36.610	42.467	45.030	46.860	47.227	50.887	52.718	53.816	57.477	58.576
9	22.86	41043.40	20.522	26.678	28.730	32.835	34.887	41.043	47.610	50.483	52.535	52.946	57.050	59.102	60.334	64.438	65.669
10	25.40	50670.87	25.335	32.936	35.470	40.537	43.070	50.671	58.778	62.325	64.859	65.363	70.433	72.966	74.486	79.553	81.073
11	27.94	61311.75	30.656	39.853	42.918	49.049	52.115	61.312	71.122	75.413	78.479	79.092	85.223	88.289	90.128	95.259	98.095
12	30.48	72966.05	36.463	47.426	51.076	58.373	62.021	72.966	84.641	89.746	93.397	94.126	101.423	105.071	107.260	114.557	116.746

DENSIDADES DE CARGA DE EXPLOSIVOS

CALCULO DE UNA VOLADURA POR EL METODO SUECO (OVERBURDEN)

Formulas:

Carga de fondo:

$$q_f = 0.001\, d^2 \text{ Kg/m} \qquad (d \text{ en mm})$$

Carga de Columna

$$q_c = 0.4\, q_f$$

Pata o Berm:

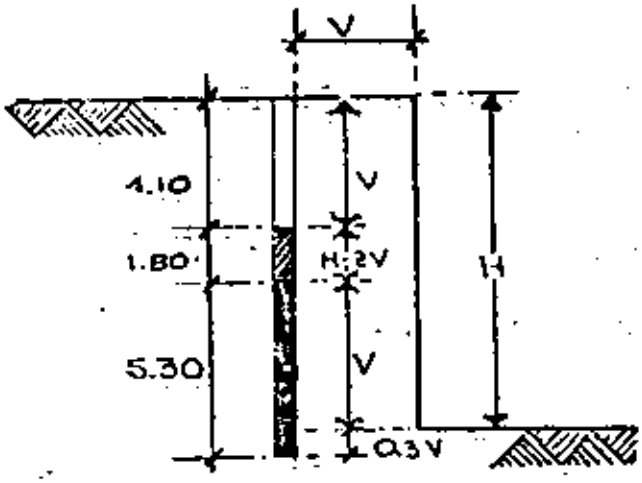
$$V_T = 45\, d \qquad (\text{Teórica})$$

$$V_R = A_t - 0.05 - 0.03\, H \qquad (\text{Real})$$

Ejemplo:

$d = 4''$

$H = 10$ m



$V_t = 45 \times 0.01 = 4.50$

$V_R = 4.50 - 0.1 - 0.3 \times 10 =$

$V_R = 4.10$ m.

$q_f = 0.001 \times \overline{100}^{\,2} = 10$ Kg/m

$C_f = 10 \times 5.30 = 53$ Kg.

$q_c = 0.4 \times 10 = 4$ Kg/m.

$C_c = 4 \times 1.8 = 7.2$ Kg.

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 excavación 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.

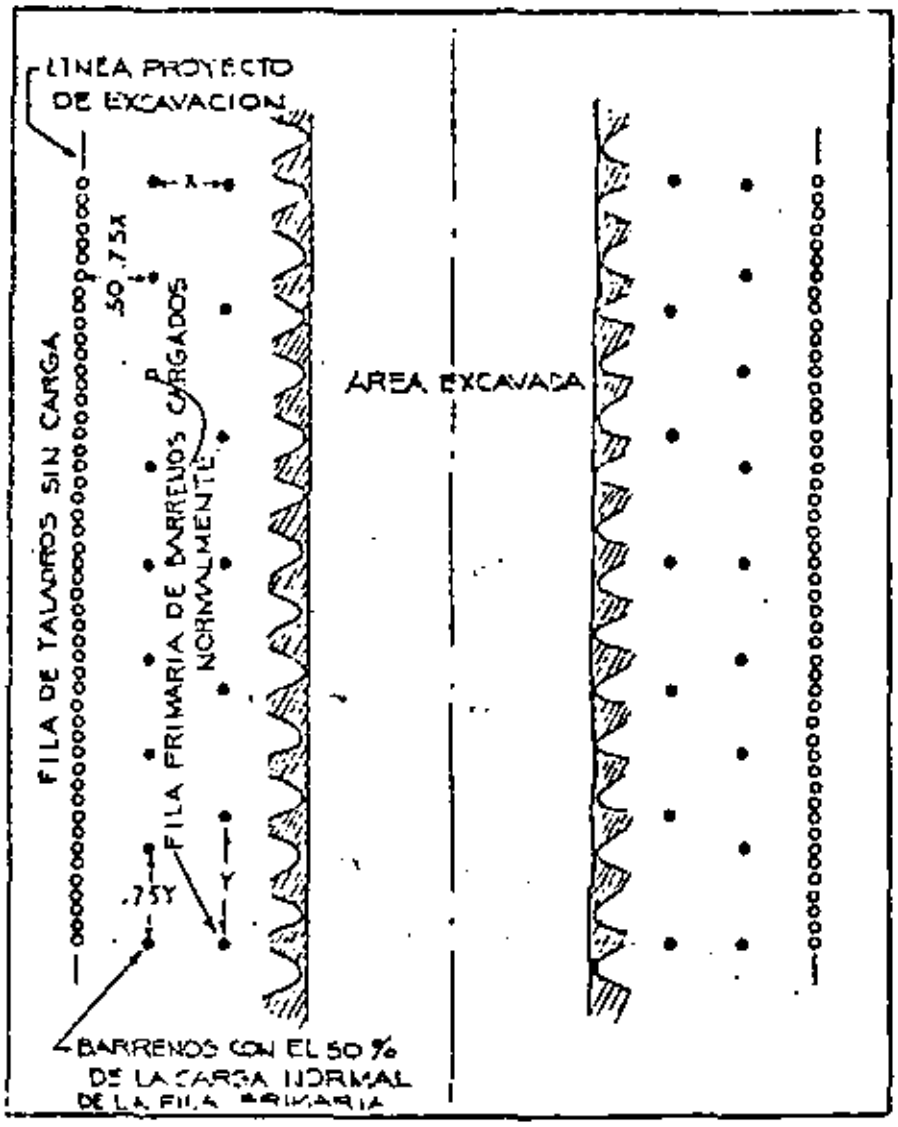
Principio.

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 trituración 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.



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 espaciamiento 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 III

CARGAS Y PLANTILLAS PROPUESTAS PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS	ESPACIAMIENTO EN (1) PIES	BERMA EN PIES (1)	CARGA EXPLOSIVA EN LIBRAS/PIE (1)
2 - 2 ½	3	4	0.08 - 0.25
3 - 3 ½	4	5	0.13 - 0.50
4 - 4 ½	5	6	0.75 - 0.75
5 - 5 ½	6	7	0.75 - 1.00
6 - 6 ½	7	9	1.00 - 1.59

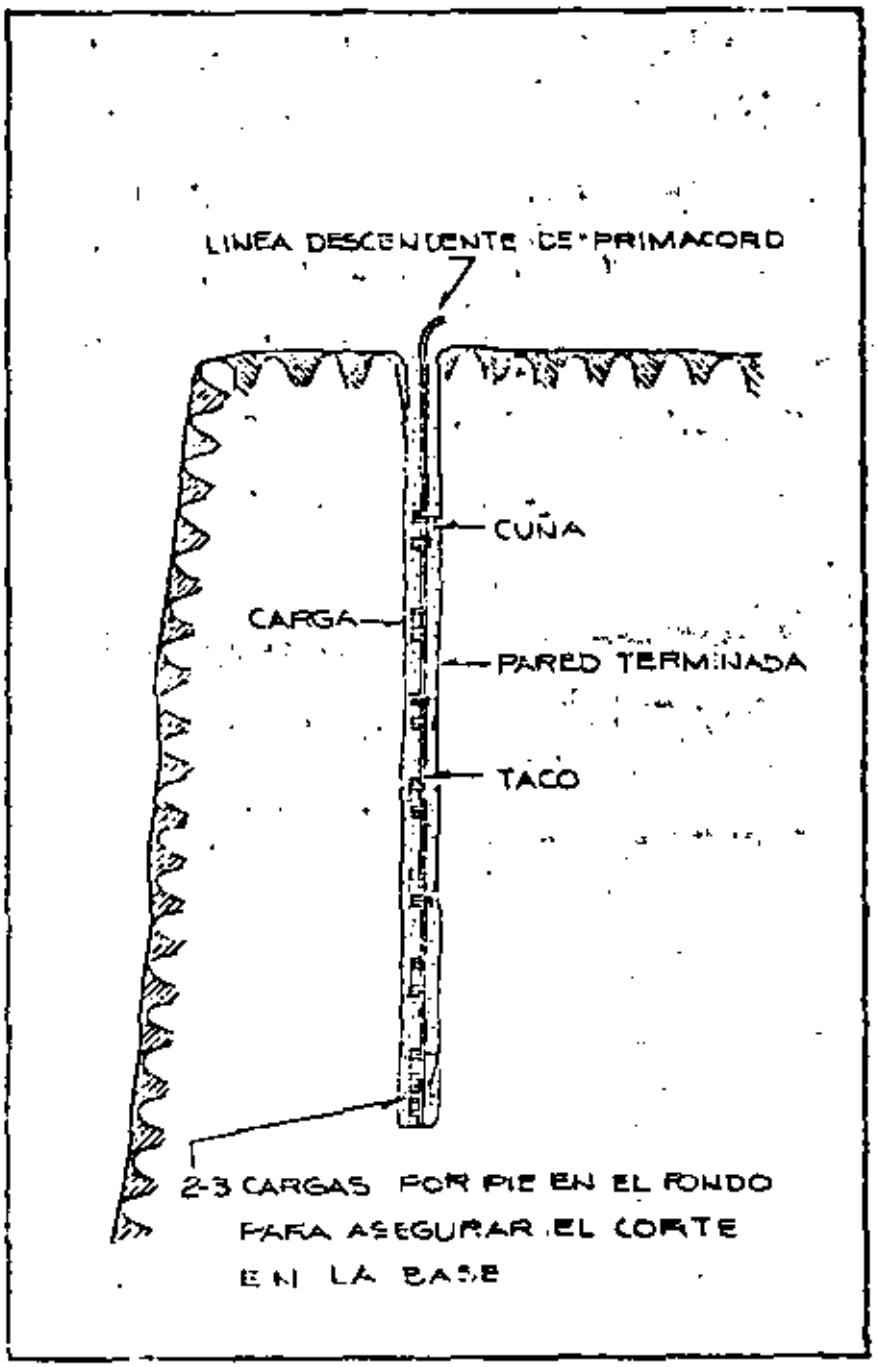
(1). - Dependen de la naturaleza de la roca. Las cifras anotadas son promedios.

(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 Primacord a manera de rosario, usándose generalmente cartuchos de - 1 ½" de diámetro por 8" de largo y colocándose a 1 ó 2 pies de separación.*

Para efectos de un amortiguamiento máximo las cargas deben colocarse 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 muela una sección recta. Pueden también utilizarse ventajosamente taladros-guía cuando se muelan 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)

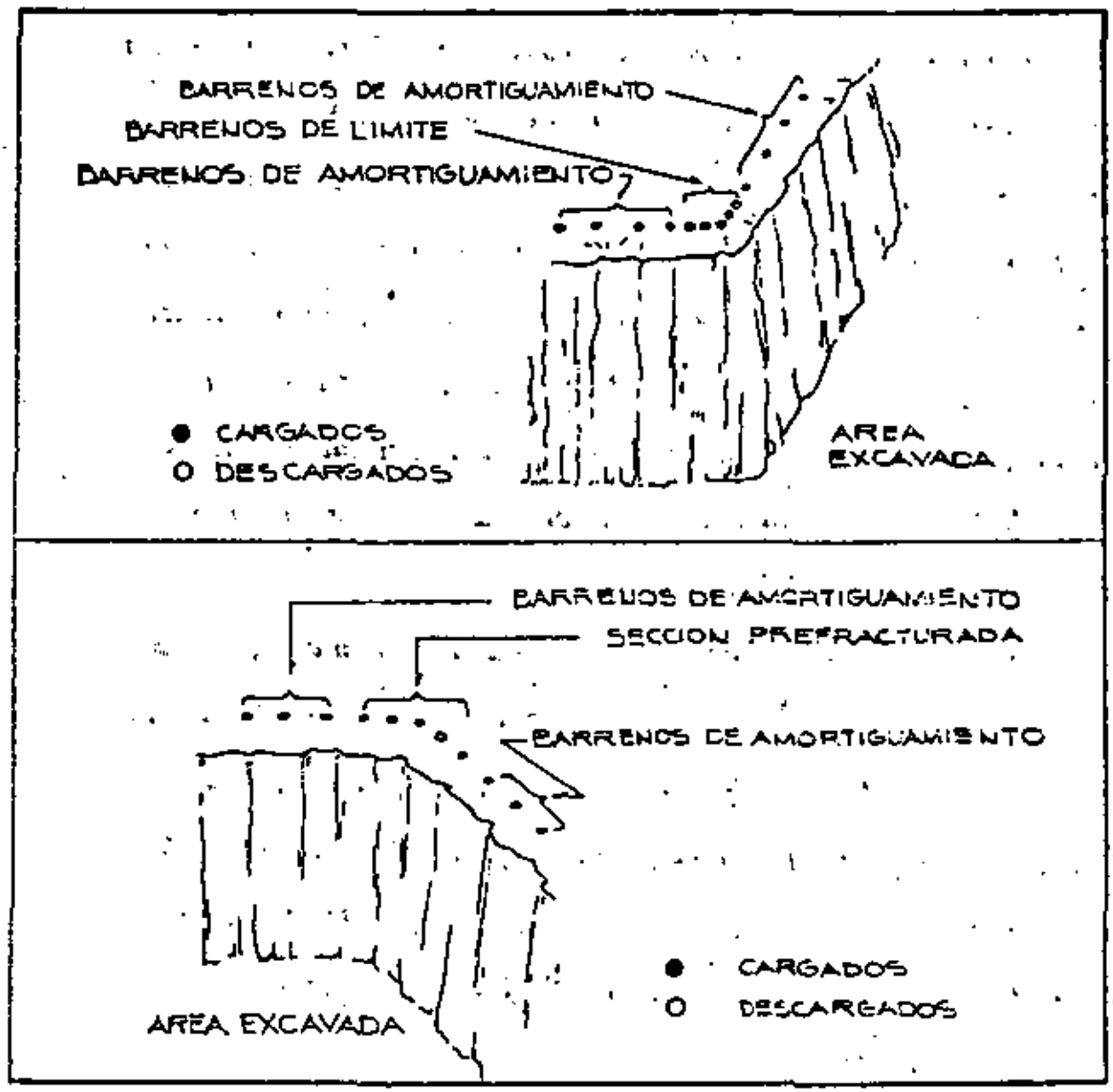
VENTAJAS.

La voladura Amortiguada ofrece ciertos 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.

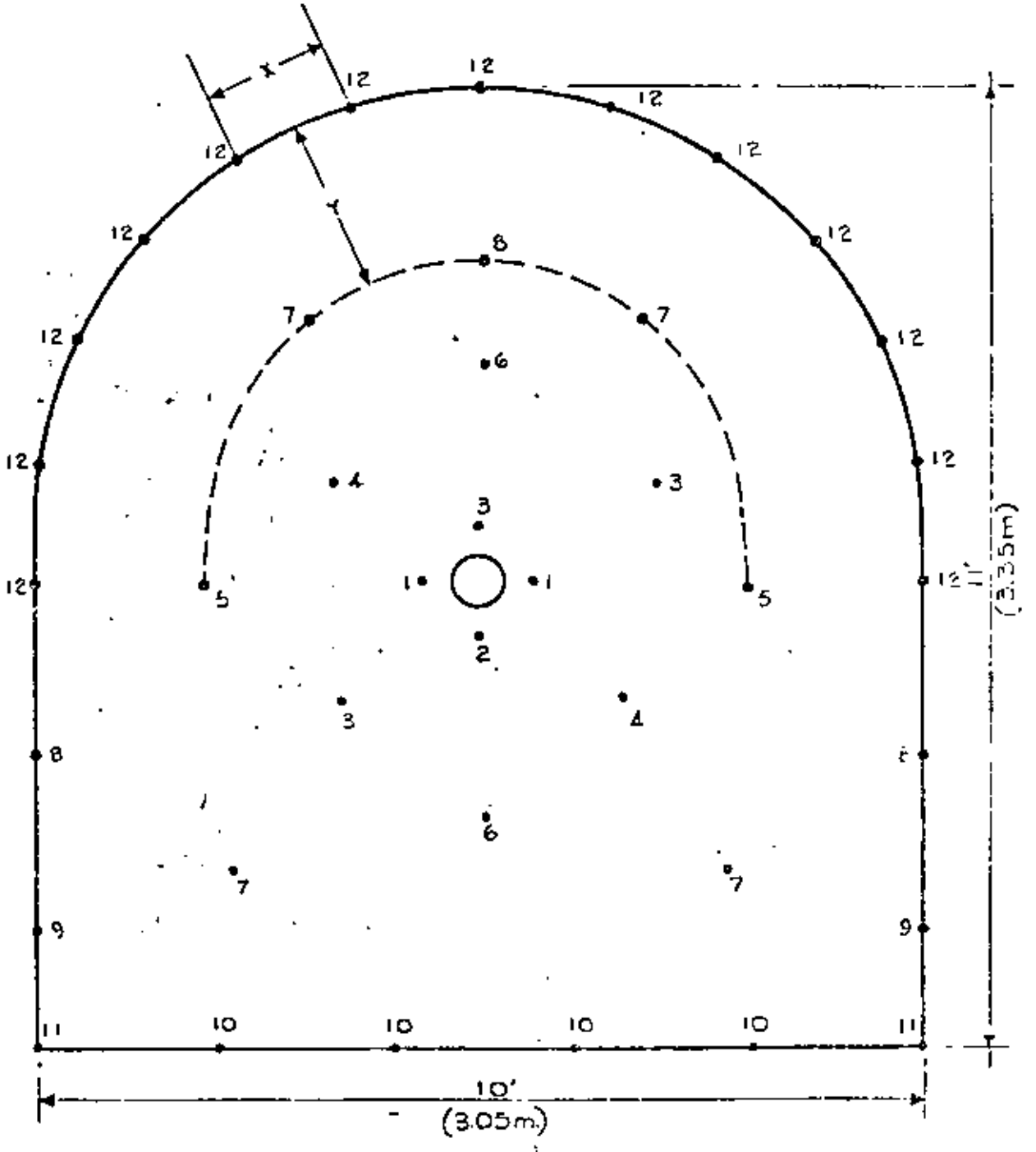
El principio básico de la Voladura de Afine es el mismo que el de la Voladura Amortiguada: Se hacen barrenos a lo largo de los límites de la excavación y se cargan con poco explosivo para eliminar el banco final. Disparando con un mínimo de retardo entre los barrenos, obtiene un efecto cortante que proporciona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

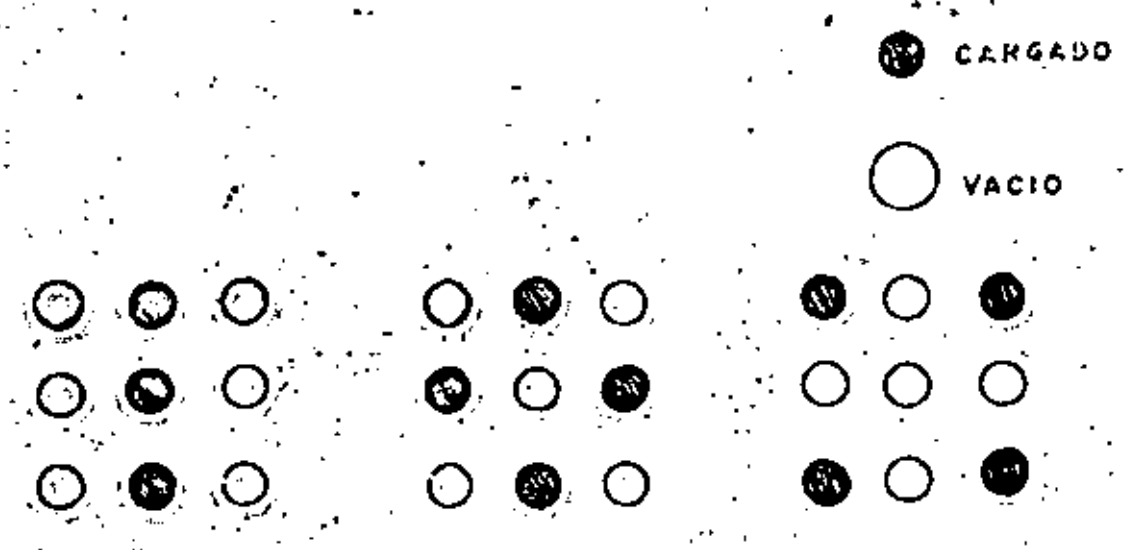
VOLADURA PERFILADA.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	ESPACIAMIENTO EN (1) PIES	BERMA EN PIES (1)	CARGA EXPLOSIVA LIBRAS/PIE (1)
1 ½ - 1 3/4	2	3	0.12 - 0.25
2	2 ½	3 ½	0.12 - 0.25

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

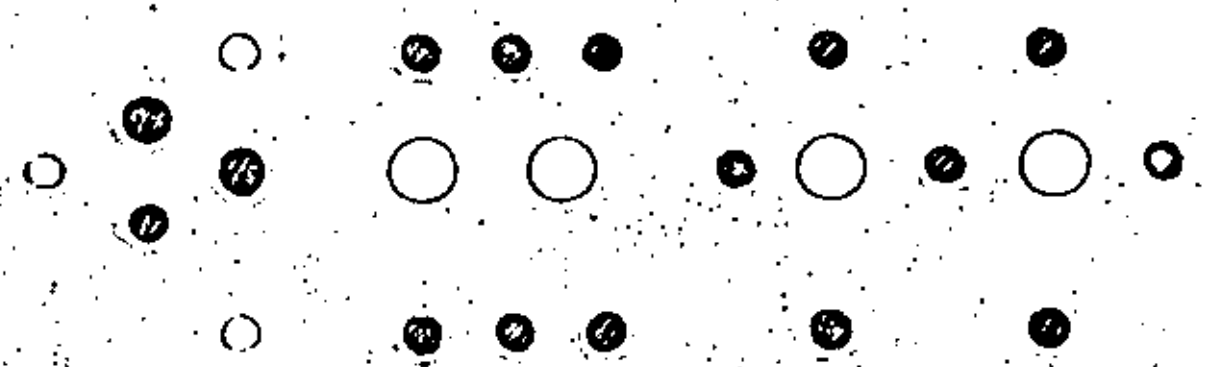
Las cifras anotadas son - promedios.

CUÑA QUEMADA CUADRADA O RECTANGULAR



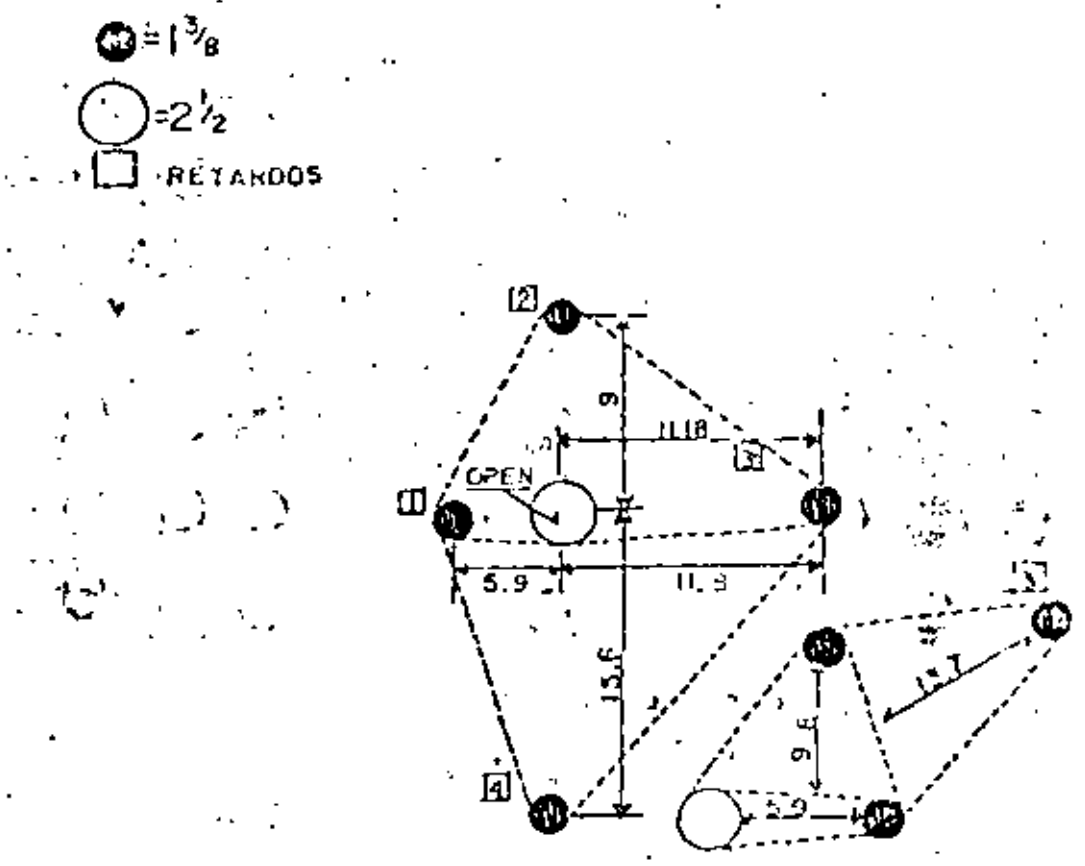
FRAGIL O PLASTICO
C D E I

FRAGIL O PLASTICO.

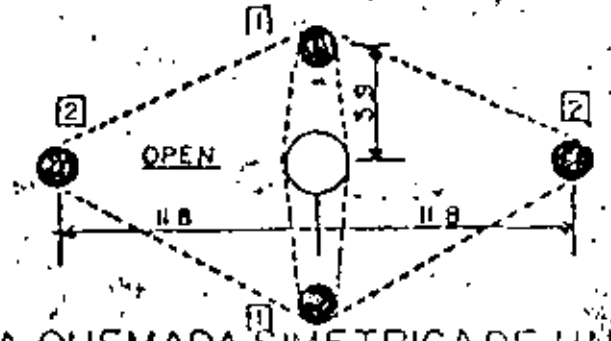


FRAGIL

FRAGIL O PLASTICO
B D D



CUÑA QUEMADA CONCENTRICA

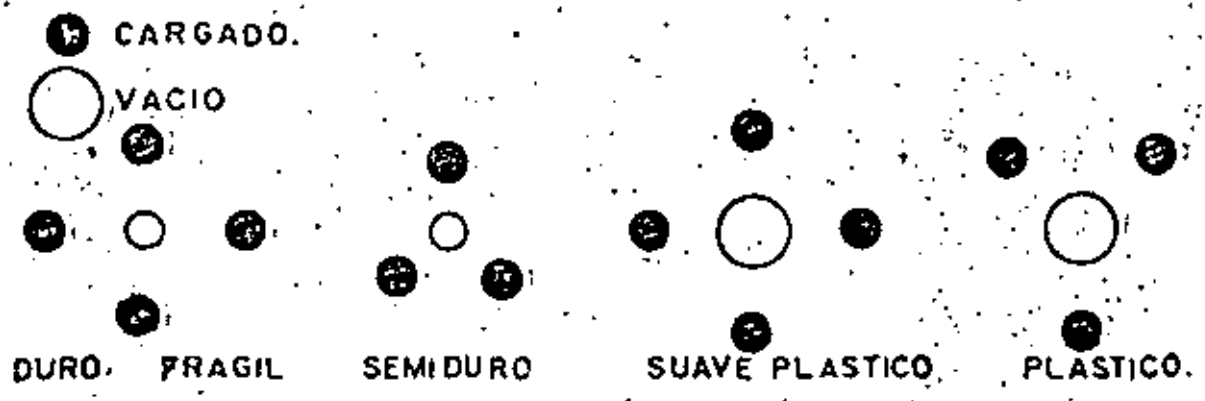


CUÑA QUEMADA SIMETRICA DE UN SOLO BARRENO

NOTA:

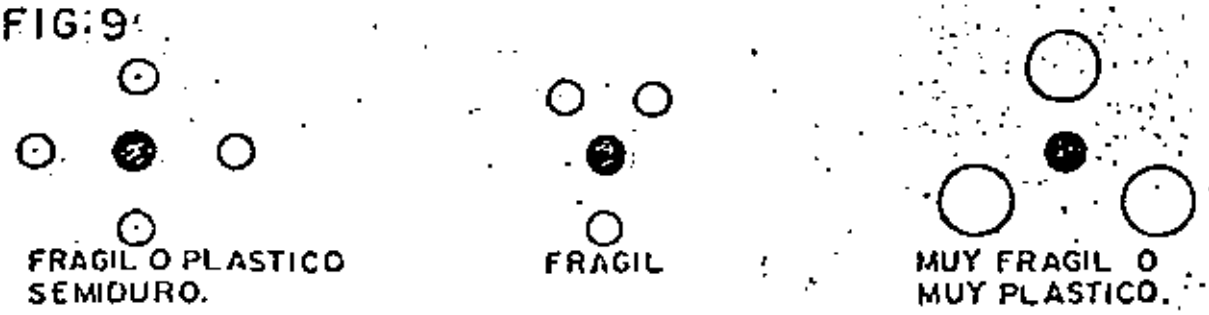
LA DISTANCIA DEPENDE DE LA CLASE DE ROCA Y DEL TIPO DE EXPLOSIVOS.

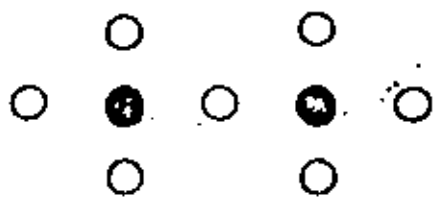
CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O TREBOL



CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O TREBOL INVERTIDAS.

FIG. 9





MUY FRAGIL O MUY PLASTICO.

PREFRACTURADO

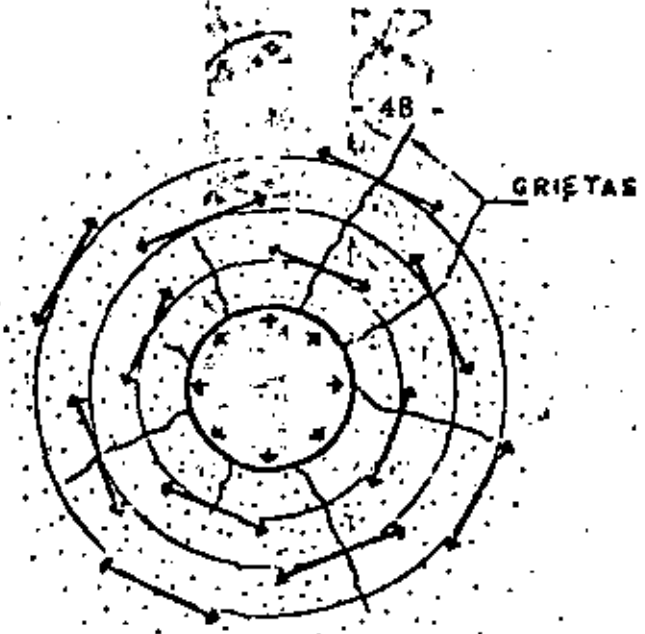
PRINCIPIO.

El Prefracturado, también llamado Precortado ó Pre-tamurado 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 Barrenación en Línea, de la Voladura Amortiguada y de la Voladura Perfilada, en que sus barrenos se disparan antes que cualquier barreno de los de alguna sección de la excavación principal inmediata.

La teoría del prefracturado consiste en que cuando dos cargas se disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la suma de esfuerzos de tensión 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 angosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa que casi no produce sobreexcavación.

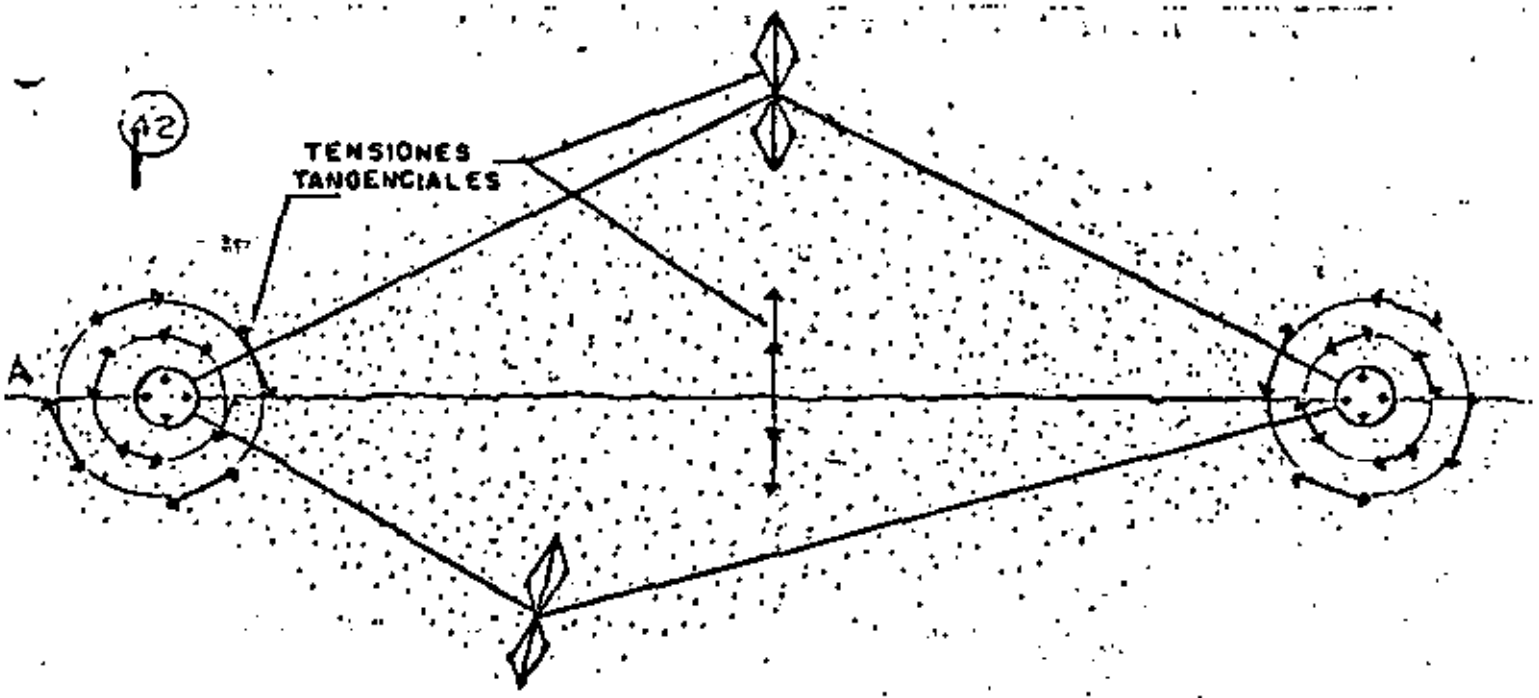
El plano prefacturado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores, impidiendo que sean transmitidas a la pared terminada, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales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

CONDICION 1



LA ROCA, ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A-PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION

SI PENSAMOS EN UNA ROCA DE EXTENSION INFINITA:



DOS BARRENOS, COMO EL DE LA CONDICION 1, TRONADOS SIMULTANEAMENTE, SUMARAN LAS TENSIONES A - LA ROCA, ESPECIALMENTE EN EL PLANO QUE LOS UNE (A-B) YA QUE, ADEMAS DE SER EL PLANO DE MENOR RESISTENCIA, ES EL LUGAR GEOMETRICO DE LA MAXIMA SUMA DE LAS TENSIONES.

FIG. 12

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 1-½" 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 dán 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 ----

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 carac-- terísticas 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 si-- guiente (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 marcar a volar taludes ó paredes detrás de la ex-

TABLA V

CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA EL PREFRACTURADO.

DIAMETRO DEL BARRENO EN PULGADAS.	*CARGA EXPLOSIVA EN LBS./PIE(1)(2)*	*ESPACIAMIENTO EN PIES (1)*
1 ½ - 1 3/4	*0.08 - 0.25*	*1 - ½*
2 - 2 ½	*0.08 - 0.25*	*1 ½ - 2*
3 - 3 ½	*0.13 - 0.50*	*1 ½ - 3*
4	*0.25 - 0.75*	*2 - 4*

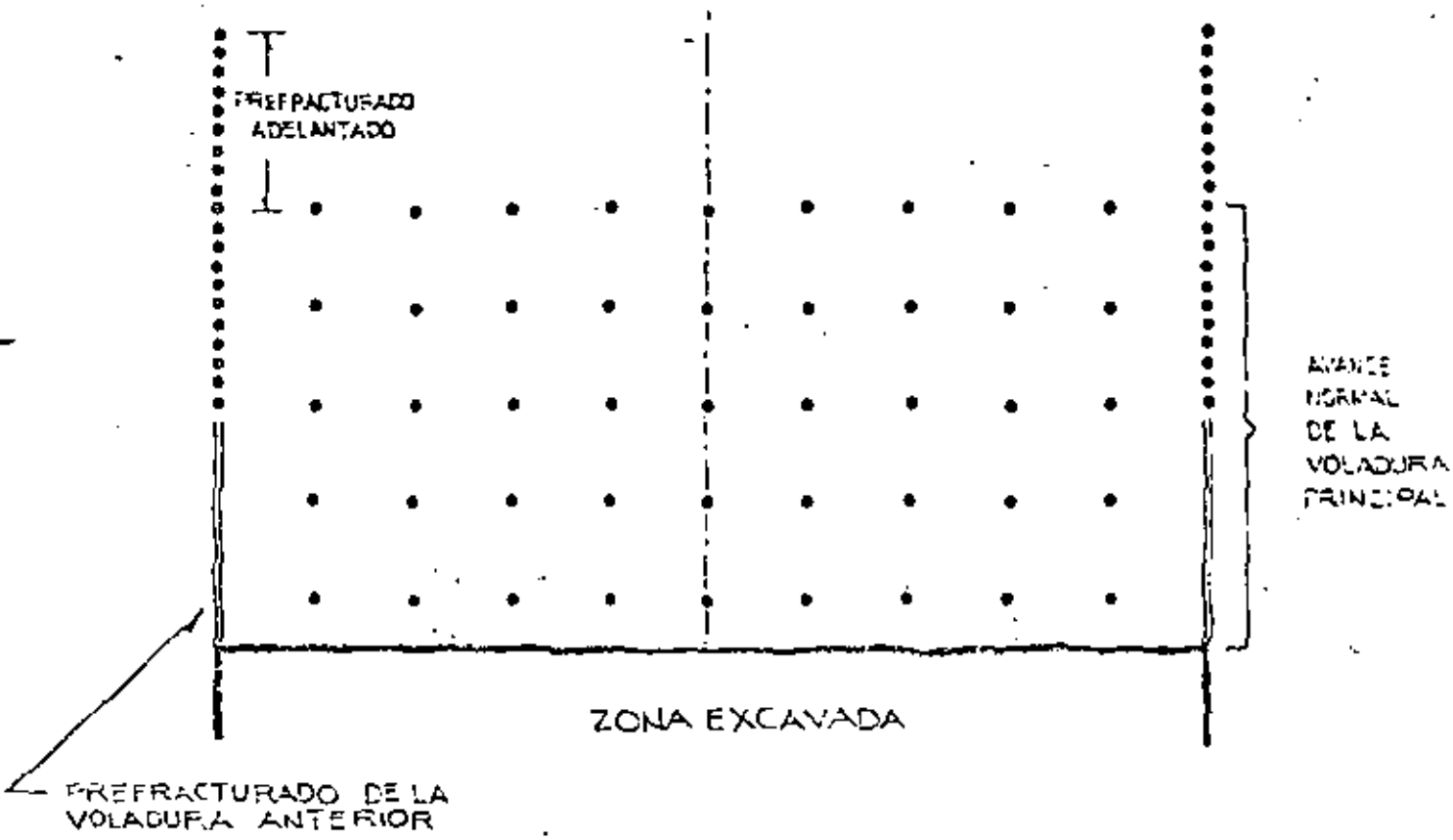
(1) .- Dependen de la naturaleza de la roca.

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

N O T A: PRINCIPIO DE PREFRACTURADO

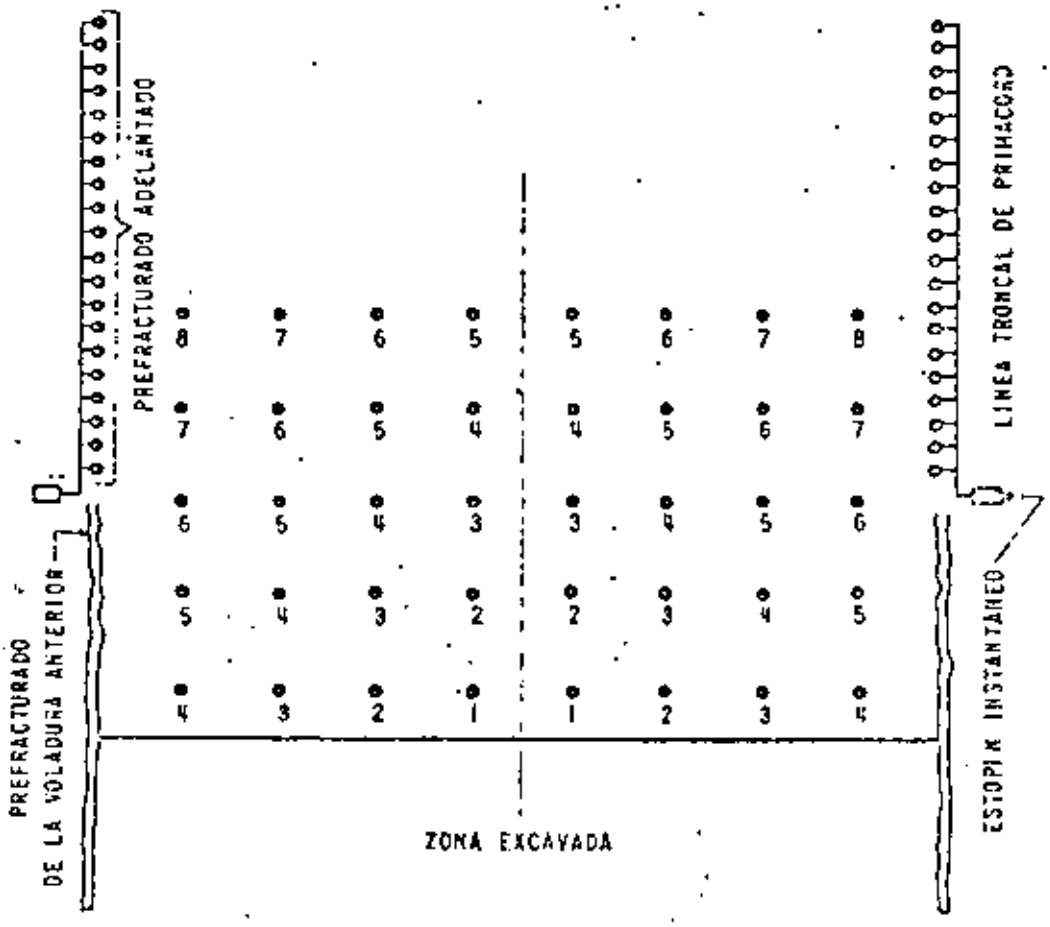
Si los Barrenos están sobrecargados, la zona de fractura se extenderá hacia los lados y aún más allá de la zona de tensión.

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 ROCA 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.)	
$\frac{550'}{9.95 \times 88}$	*.628'*
Vacio a 550' - a 17.85MPH (velocidad 3a. y 4a.)	*.350'*
Total del ciclo	*1.394'*

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 CARGADOR 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 2% / 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.

RESISTENCIA DE LAS CAPSULAS DETONANTES ELECTRICAS NORMALES Y RETARDADAS.

Longitudes de las patas de alambre, ft.	Resistencia, ohms por cápsula	
	Normal	Retardada
4	0.94	1.45
6	1.00	1.51
8	1.07	1.58
10	1.13	1.64
12	1.20	1.71
16	1.32	1.84
20	1.45	1.97
24	1.58	2.10
30	1.41	1.93
40	1.62	2.13
50	1.82	2.33
60	2.02	2.53

RESISTENCIA DE ALAMBRE DE COBRE

Calibre AWG Núm.	Resistencia, ohms por 1,000 ft.
8	0.628
10	0.999
12	1.588
14	2.525
16	4.015
18	6.385
20	10.150
22	16.140

AIRE COMPRIMIDO. PERDIDAS DE PRESION EN PSI/1000 ft, PARA UNA PRESION INICIAL DE 100 PSI.

A lib por min. Ft³	-diametro nominal pulgadas												
	½	3/4	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	6
10	6.50	0.99	0.28										
20	25.90	3.90	1.11	0.25	0.11								
30	68.50	9.01	2.51	0.57	0.26								
40		16.00	4.45	1.03	0.46								
50		25.10	6.96	1.61	0.71	0.19							
60		36.20	10.00	2.32	1.02	0.28							
70		49.30	13.70	3.16	1.40	0.37							
80		64.50	17.80	4.14	1.83	0.49	0.19						
90		82.80	22.60	5.23	2.32	0.62	0.24						
100			27.90	6.47	2.86	0.77	0.30						
125			48.60	10.20	4.49	1.19	0.46						
150			62.80	14.60	6.43	1.72	0.66	0.21					
175				19.80	8.72	2.36	0.91	0.28					
200				25.90	11.40	3.06	1.19	0.37	0.17				
250				40.40	17.90	4.78	1.85	0.58	0.27				
300				58.20	25.80	6.85	2.67	0.84	0.39	0.20			
350					35.10	9.36	3.64	1.14	0.53	0.27			
400					45.80	12.10	4.75	1.50	0.69	0.35	0.19		
450					58.00	15.40	5.98	1.89	0.88	0.46	0.25		
500					71.60	19.20	7.42	2.34	1.09	0.55	0.30		
600						27.60	10.70	3.36	1.56	0.79	0.44		
700						37.70	14.50	4.55	2.13	1.09	0.59		
800						49.00	19.00	5.89	2.77	1.42	0.78		
900						62.30	24.10	7.60	3.51	1.80	0.99		
1,000						76.90	29.80	9.30	4.35	2.21	1.22		
1,500							67.00	21.00	9.80	4.90	2.73	1.51	0.[illegible]
2,000								37.40	17.30	8.80	4.90	2.73	0.[illegible]
2,500								58.40	27.20	13.80	8.30	4.20	1.[illegible]
3,000								84.10	39.10	20.00	10.90	6.00	2.[illegible]
3,500									58.20	27.20	14.70	8.20	3.[illegible]
4,000									69.40	35.50	19.40	10.70	4.[illegible]
4,500										45.00	24.50	13.50	5.[illegible]
5,000										55.60	30.20	16.80	6.[illegible]
6,000										80.00	43.70	24.10	9.[illegible]
7,000											59.50	32.80	12.[illegible]
8,000											77.50	42.90	16.[illegible]
9,000												54.30	20.[illegible]
10,000													25.[illegible]
11,000													30.[illegible]
12,000													36.[illegible]
13,000													42.[illegible]
14,000													49.[illegible]
15,000													56.[illegible]

CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NEUMATICAS (Continuación)

Equipos ó herramientas	Capacidad ó tamaño		Consumo de aire cfm
	Peso lb.	Profundidad del agujero, ft.	
Martillos perforadores	10	0-2	15-25
	15	0-2	20-35
	25	2-8	30-50
	35	8-12	55-75
	45	12-16	80-100
	55	16-24	90-100
	75	8-24	150-175
Martillos para romper pavimentos	35 lb		30-35
	60 lb		40-45
	80 lb		50-60
Martillo neumático de remachar	Remache de 5/8 pulg		25-30
	Remache de 3/4 pulg		30-35
	Remache de 7/8 pulg		35-40
	Remache de 1 1/8 pulg		40-45
	Remache de 1 1/4 pulg		40-45
Sierras:			
Circular	Hoja de 12 pulg.		40-60
	Hoja de 18-30 pulg.		85-95
De cadena	Hoja de 36 pulg.		135-150
	Hoja de 48 pulg.		150-160
Alternativa	20 pulg.		45-50
Pistolas atomizadoras	Ligeras		2-3
	Medianas		8-15
	Pesadas		14-30
Bomba para lodos	1 etapa, tir. de 10-40 ft		80-90
	1 etapa, tir. de 100-150 ft		150-170
	2 etapas, tir. de 100-150 ft		160-180
Apisonadores, tierra	35 lb.		30-35
	60 lb		40-45
	80 lb		50-60
Taladros de vagoneta	Piston de 3 pulg.		150-175

LONGITUD EQUIVALENTE EN PIES DE TUBO, PESO NORMAL, CON PERDIDAS DE PRESION SEMEJANTES A LAS CONEXIONES ATORNILLADAS.

Tamaño nominal del tubo pulg.	Válvula de compuerta	Válvula Eléctrica	Válvula Angular	Codo amplio a través de una T estándar	Codo Estándar ó a través de una T.	Salida normal de una T
½	0.4	17.3	8.6	0.6	1.6	3.1
3/4	0.5	22.9	11.4	0.8	2.1	4.1
1	0.6	29.1	14.6	1.1	2.6	5.2
1¼	0.8	38.3	19.1	1.4	3.5	6.9
1½	0.9	44.7	22.4	1.6	4.0	8.0
2	1.2	57.4	28.7	2.1	5.2	10.3
2½	1.4	68.5	34.3	2.5	6.2	12.3
3	1.8	85.2	42.6	3.1	6.2	15.3
4	2.4	112.0	56.0	4.0	7.7	20.2
5	2.9	140.0	70.0	5.0	10.1	25.2
6	3.5	168.0	84.1	6.1	15.2	30.4
8	4.7	222.0	111.0	8.0	20.0	40.0
10	5.9	278.0	139.0	10.0	25.0	50.0
12	7.0	332.0	166.0	11.0	29.8	59.6

TAMAÑOS DE TUBO RECOMENDADOS PARA LA TRANSMISION DE AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volumen de aire cfm	*Tamaño nominal del tubo, pulg.*				
	50-200	*200-500*	*500-1,000*	*1,000-2,500*	*2,500-5,000*
	Longitud de tubo, ft.				
30-60	*1*	*1*	*1¼*	*1½*	*1½*
60-100	*1*	*1¼*	*1¼*	*2*	*2*
100-200	*1¼*	*1½*	*2*	*2½*	*2½*
200-500	*2*	*2½*	*3*	*3½*	*3½*
500-1,000	*2½*	*3*	*3½*	*4*	*4½*
1,000-2,000	*2½*	*4*	*4½*	*5*	*6*
2,000-4,000	*3½*	*5*	*6*	*8*	*8*
4,000-8,000	*6*	*8*	*8*	*10*	*10*

CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NEUMATICAS.
(Presión neumática de 90 psi man.)

Equipos ó herramientas	Capacidad ó tamaño	Consumo de aire, cfm.
Martillos neumáticos	Ligeros Pesados	15-25 25-30
Excavadores de arcilla	Ligeros, 20 lb. Medianos, 25 lb. Pesados, 35 lb.	20-25 25-30 30-35
Vibradores de concreto	$2\frac{1}{2}$ pulg. de diámetro de tubo. 3 pulg. de diámetro de tubo. 4 pulg. de diámetro de tubo. 5 pulg. de diámetro de tubo.	20-30 40-50 45-55 75-85
Taladros ó perforadores	1 pulg. de diámetro 1 pulg. de diámetro 4 pulg. de diámetro	35-40 50-75 50-75
Malacates	Un tambor, 2000 lb. de ten. 2 tambores, 2,400 lb. de ten.	200-220 250-260
Aprietatuercas neumático de percusión.	Tuerca de 5/8 pulg. Tuerca de 3/4 pulg. Tuerca de $1\frac{1}{4}$ pulg. Tuerca de $1\frac{1}{2}$ pulg. Tuerca de 1 3/4 pulg.	15-20 30-40 60-70 70-80 80-90

TAMAÑOS DE MANGUERA RECOMENDADOS, EN PULGADAS, PARA LA TRANSMISION DE AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volúmen de aire cfm	Tipos de herramientas neumáticas	Longitud de manguera, ft.		
		0-25	25-50	50-200
0.15	Pistolas atomizadoras Taladros de $\frac{1}{4}$ de pulgada Martillos neumáticos Aprietatuercas neumático de perc. de 3/8 de pulg.	5/16	3/8	1/2
15-30	Taladros de 5/16-$\frac{1}{2}$ pulg. Aprietatuercas neumático de perc. de Martillos neumáticos Taladros para roca de 15 lb	3/8	1/2	1/2
30-60	Taladros de 5/8-1 pulgada Aprietatuercas neumático de perc. de 3/4 de pulg. Pistolas para remachar Excavadores de arcilla Apisonadores de terraplén Vibradores de concreto, pequeños Herramientas para demolición ligera y medianas. Taladros de roca de 25 lb.	1/2	3/4	3/4
60-100	Taladros de 1-2 pulg. Apriela tuercas neumático de perc. de $1\frac{1}{4}$-1 3/4 pulg. Trituradores pesados. Vibradores de concreto, grandes Bombas para lodos Taladros para roca de 35 a 55 lb. Herramientas para demolición, pesadas.	3/4	3/4	1
100-200	Malacates y grúas Arrastradores Taladros de vagoneta Taladros para roca de 75 lb.	1	1	1 1/4

TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS.

1. - Cualquier vehículo que esté transportando explosivos deberá estar marcado ó pintado ó tener un letrero en la parte delantera, a ambos lados y en la parte trasera con la palabra "Explosivos" en letras de no menos de 4 pulgadas de altura en colores que hagan contraste, con los del fondo; ó el vehículo deberá llevar en un lugar visible una bandera roja de no menos de 24 pulgadas de lado con la palabra "Explosivos" en letras rojas de cuando menos 3 pulgadas de altura ó la palabra "Peligro" en letras de 6 pulgadas de altura.

2. - Los vehículos no deberán llevar cápsulas detonadoras fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceite, cerillos, armas de fuego, ácidos, substancias inflamables, ó materiales semejantes.

3. - Los vehículos que transportan explosivos no deberán estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas ó latas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehículo de caja abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas ó latas de explosivos.

4. - Todos los vehículos, cuando estén transportando explosivos deberán inspeccionarse para determinar si: los frenos y el mecanismo de la dirección están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están bien aislados y firmemente asegurados; si la carrocería y el chasís están limpios y libres de acumulaciones de aceite y grasas; si el tanque de combustible y la línea de alimentación están seguros, y sin fugas; si se han proporcionado dos extinguidores de incendio, localizados cerca del asiento del chofer; y, en general, si el vehículo está en condiciones adecuadas para el transporte de explosivos.

5. - El piso de los vehículos deberá estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza metálica que esté expuesta en el interior del vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos deberá ser cubierta ó protegida con madera ó algún material no metálico.

6. - Los explosivos no deben de transportarse en remolques. Asimismo, a los vehículos que transporten explosivos no deberá engancháseles ningún tipo de remolque.

7. - Los vehículos que transportan explosivos no deben llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos. No debe permitirse fumar ni llevar cerillos.

8. - Los paquetes ó cajas de explosivos no deben aventase ó dejarse caer al estarlos cargando, descargando ó acarreando, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse ó colocarse de tal manera que no

###

se deslicen, caigan ó muevan.

9. - Los motores de los vehículos que transportan explosivos deberán estar parados antes de cargar ó descargar los explosivos.

Las recomendaciones para el manejo de explosivos son las siguientes:

MANEJO DE EXPLOSIVOS.

1. - Las cajas ó barriles que contengan explosivos deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin deslizarlos uno sobre otro, ó dejarlos caer de un nivel al siguiente, ni manejarse bruscamente.

2. - Las cajas, latas, ó paquetes de explosivos no deben abrirse dentro de un almacen de explosivos ó arsenal, ni siquiera en un radio de 50 -- pies del almacen ó arsenal.

3. - Deben emplearse herramientas fabricadas con madera ó con algún otro material no metálico para abrir las cajas ó barriles ó cualesquier otra vasija en que se encuentre contenido un explosivo. Nunca deben emplearse herramientas metálicas.

4. - Los explosivos y detonantes que se les den a los obreros deberán colocarse en receptáculos aislados independientes, equipados con tapas -- construidas y sujetadas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.

5. - No deberá permitirse a ninguna persona, excepto al operario, viajar con los explosivos ó detonantes cuando estén siendo transportados en un tiro, túnel, ó cualquier otra obra subterránea.

ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS.

Los explosivos y los detonantes deben depositarse separadamente en almacenes independientes, secos, ventilados, a prueba de balas, y resistentes al fuego, alejados de otros edificios, vías de ferrocarril, y carreteras. La Tabla Americana de Distancias, proporciona las distancias de seguridad entre otros edificios, vías de ferrocarril y carreteras, para cantidades variables de explosivos y detonantes.

Una bodega para el almacenamiento de dinamita debe estar construida de tal manera que se evite el congelamiento de la dinamita durante largos períodos de tiempo en climas fríos. Si la dinamita se congela, deberá descongelarse antes de utilizarla, ya que el peligro de que explote prematuramente es mucho mayor cuando está congelada.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS

Ing Vicente Saiso Sempere

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

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.

*SSS

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..

------ 0 -----

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.

----- o -------

*SSS.

I.- INTRODUCCION.

C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

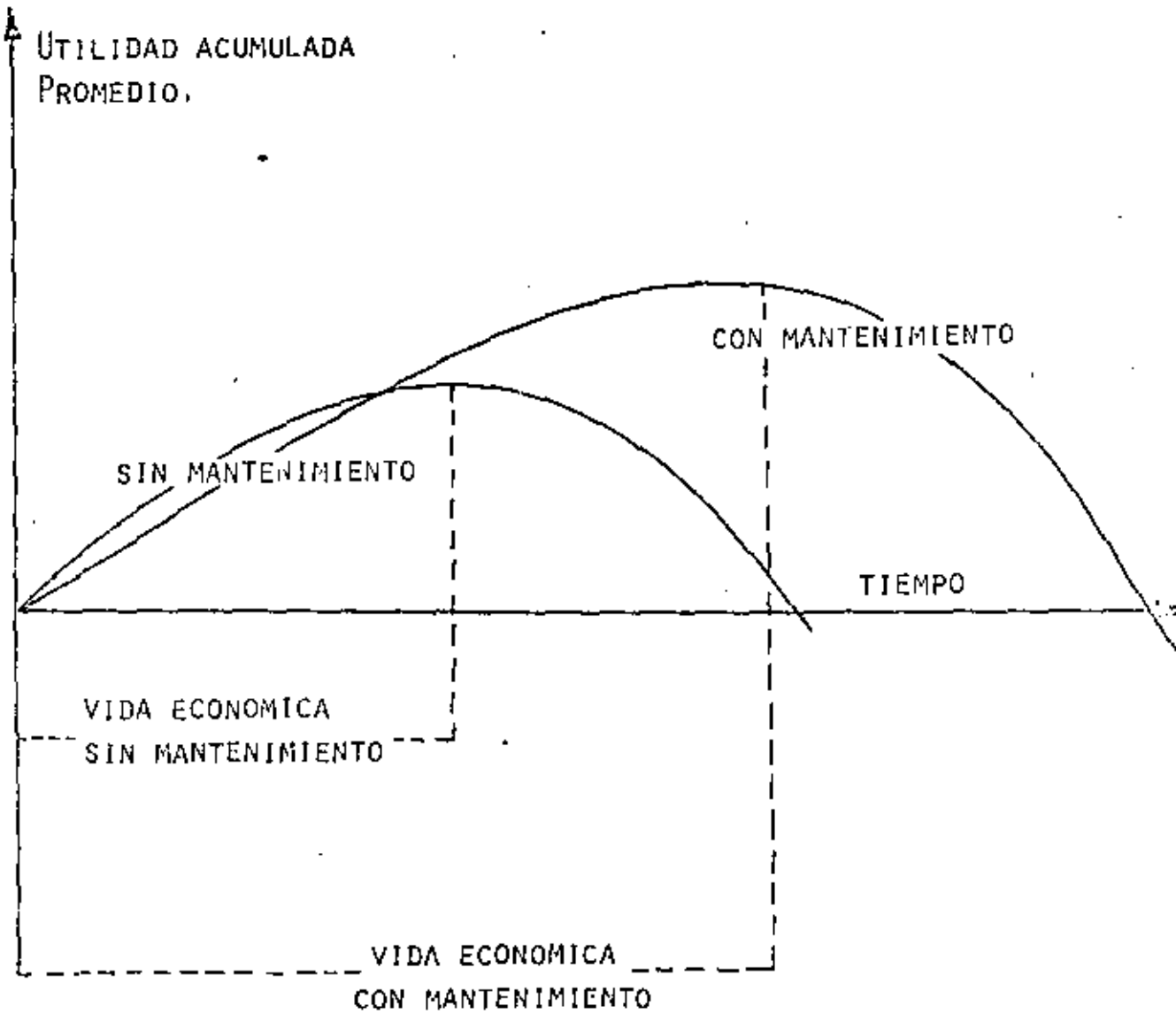
SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

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 ILUSTRA EN LA GRAFICA SIGUIENTE:



D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PLANEADO.

ES EL MANTENIMIENTO ORGANIZADO ORIENTADO A MANTENER EN CONDICIONES DE MAXIMA PRODUCCION EL EQUIPO MEDIANTE LA PROGRAMACION 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 SUBCONJUNTOS.

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).

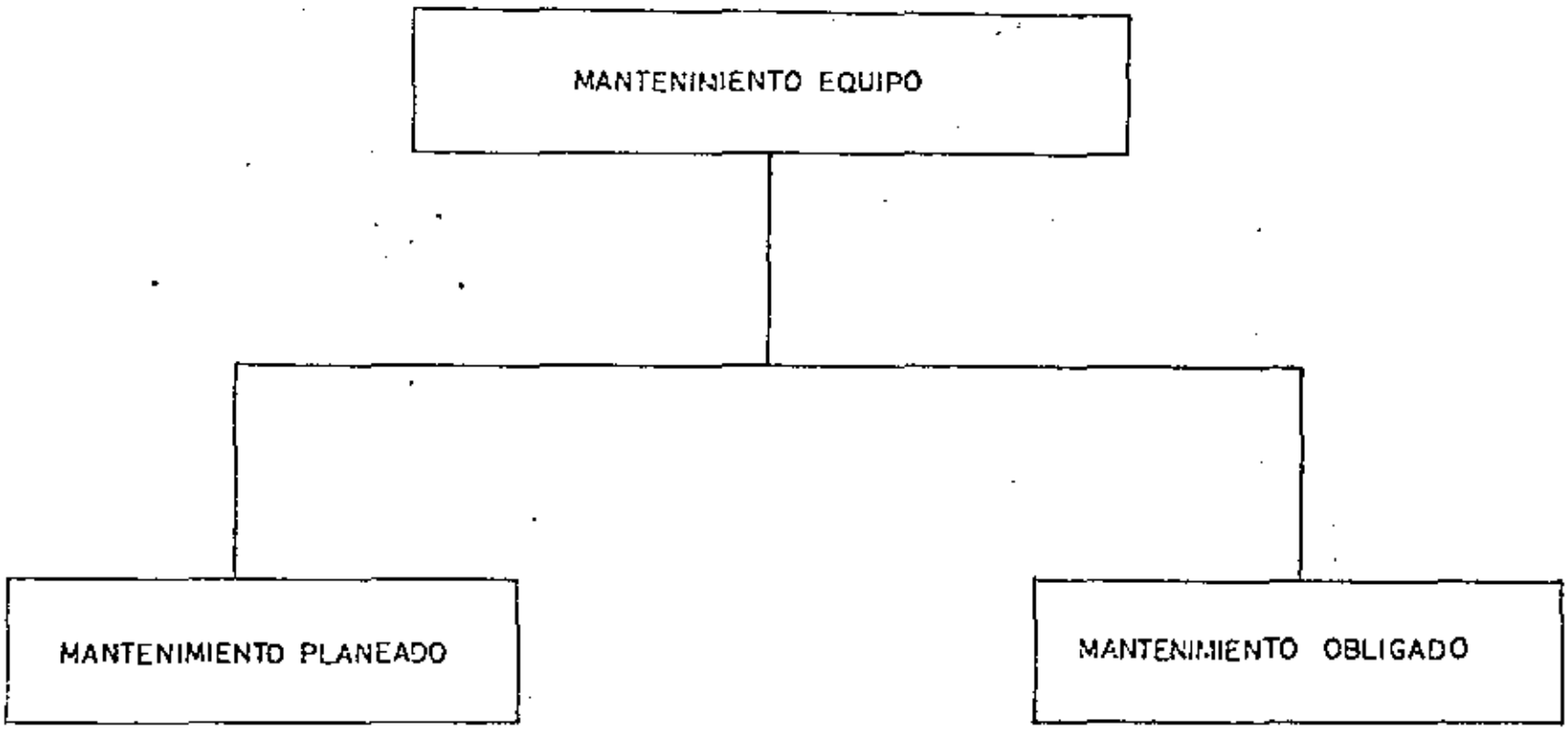
MANTENIMIENTO OBLIGADO.

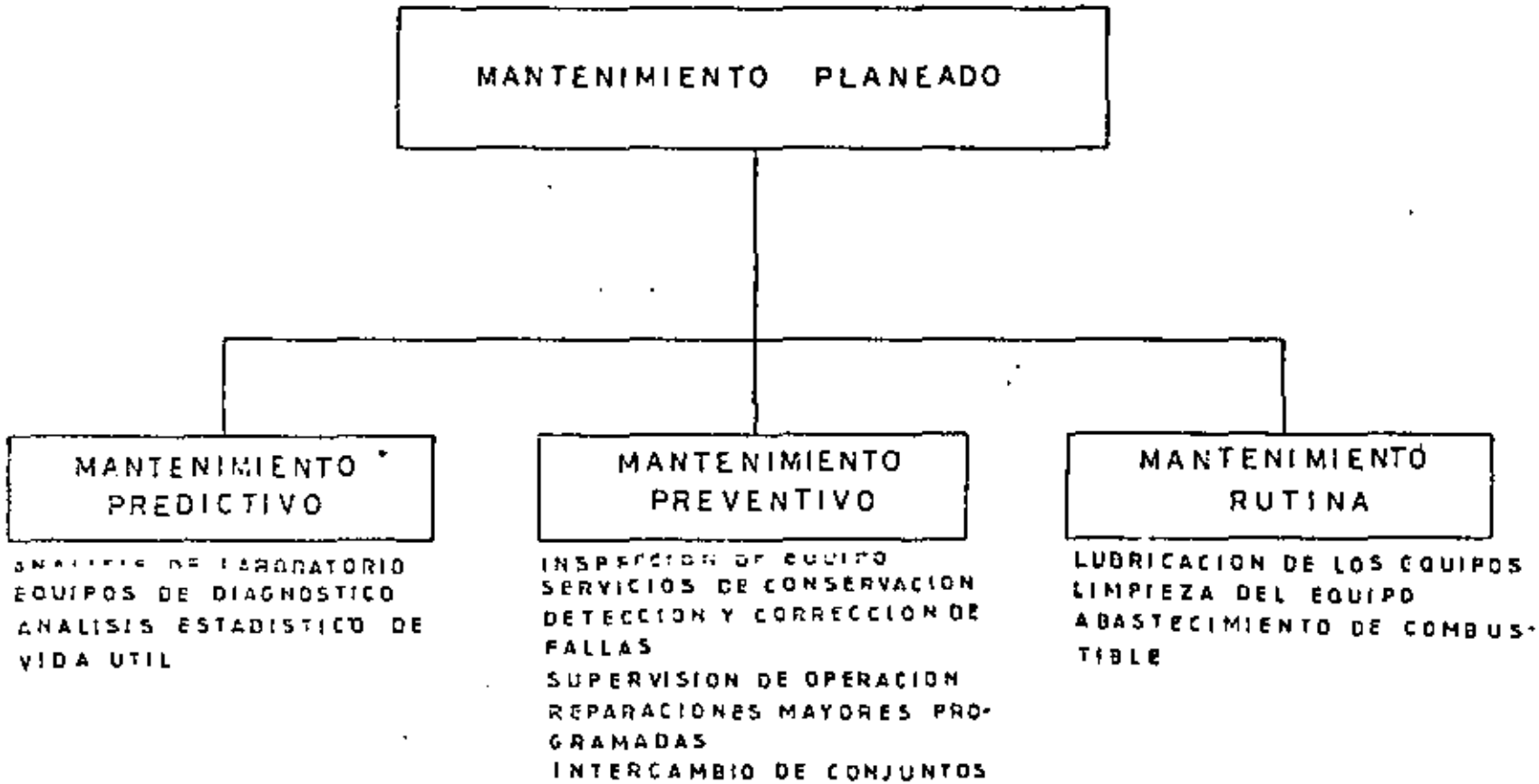
- ES EL MANTENIMIENTO REALIZADO DESPUES DE LA FALLA.
- ES EL MANTENIMIENTO FUERA DE PROGRAMA.
- SU EJECUCION INMEDIATA ES IMPERATIVA.
- LOS TIEMPOS DE PARO DEL EQUIPO SON PROLONGADOS.
- SU COSTO DE EJECUCION ES SUMAMENTE ELEVADO.

------ o --------

*SSS.

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 PROGRAMADAS
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS
MANTENIMIENTO RUTINA
LUBRICACION DE LOS EQUIPOS
LIMPIEZA DEL EQUIPO
ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE

II.- PLANEACION

A) OBJETIVOS.

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

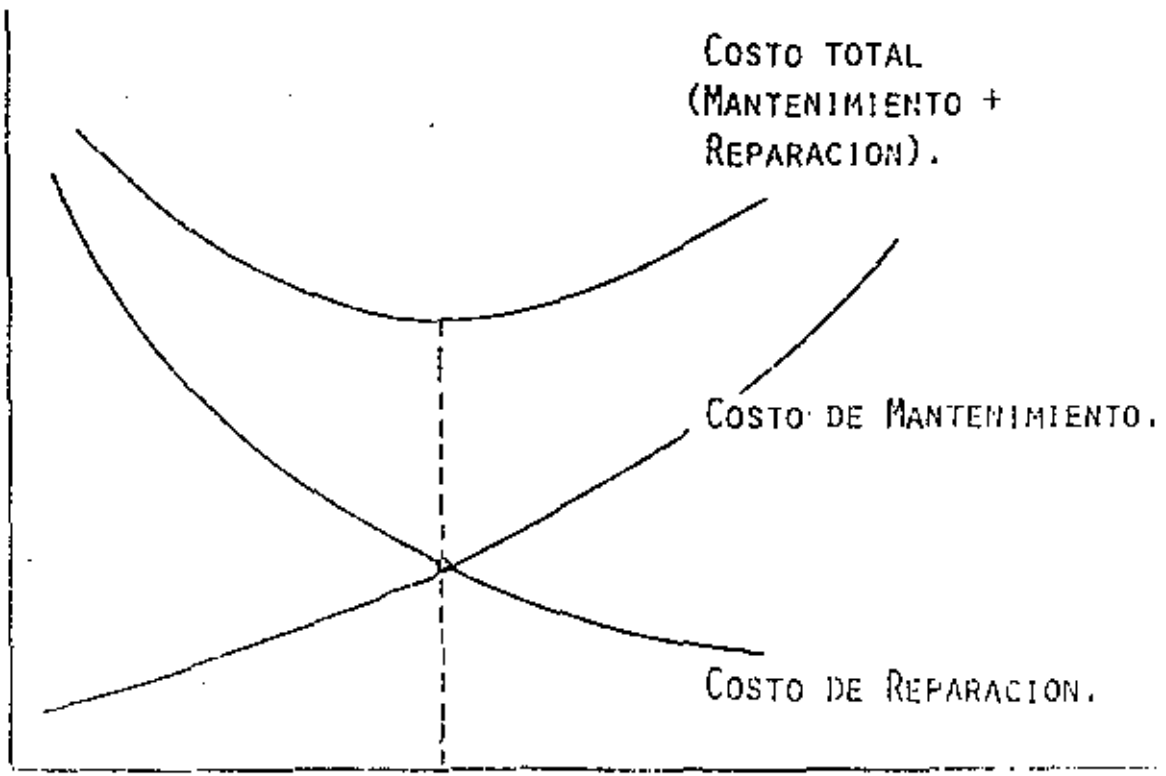
EN TERMINOS SIMPLIFICADOS.

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

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 1-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.

*SSS.

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 PRODUC - CION.
- 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.

*SG

- 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. BOMBAS, CARRETES TAMBORES.
SOLDADURA.	-	SOLDADORAS. EQUIPO DE CORTE. EQUIPO DE TRAZO.
FUNDICION Y FORJA (HERRERIA)	-	FRAGUA, AFILADORAS.
ELECTRICIDAD	-	PROBADOR DE ARMADURAS. - CARGADOR DE BATERIAS.
MAQUINAS HERRAMIENTAS.	-	TORNO, TALADRO. FRESADORA, ROSCADORA.
MOVIL	-	EQUIPO DE LIEMPIEZA. - EQUIPO DE LUBRICACION Y ENGRASE. - TALLER MOVIL. - SOLDADORAS. - 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.
- HIDRAULICAS.

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 FRENTES 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.

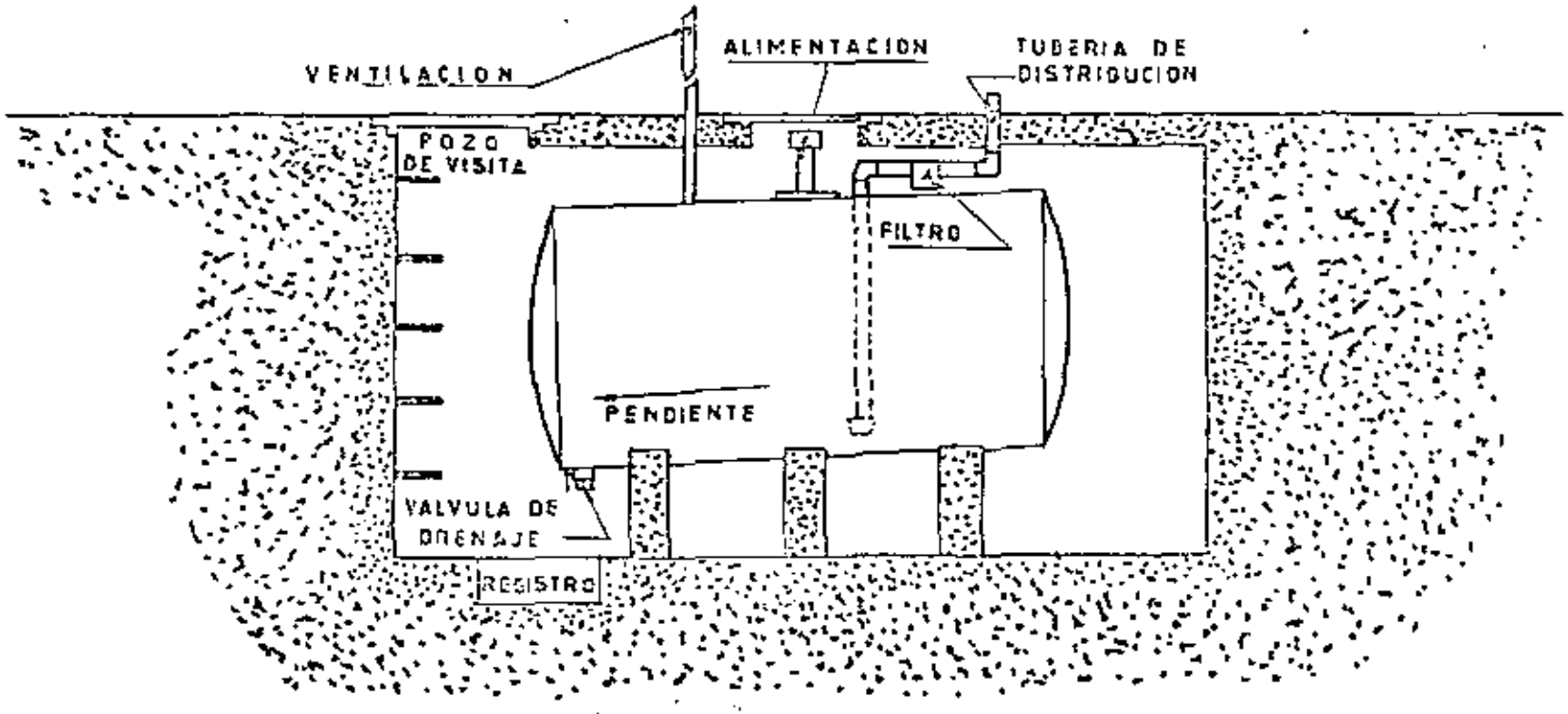
SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

SE REQUIERE:

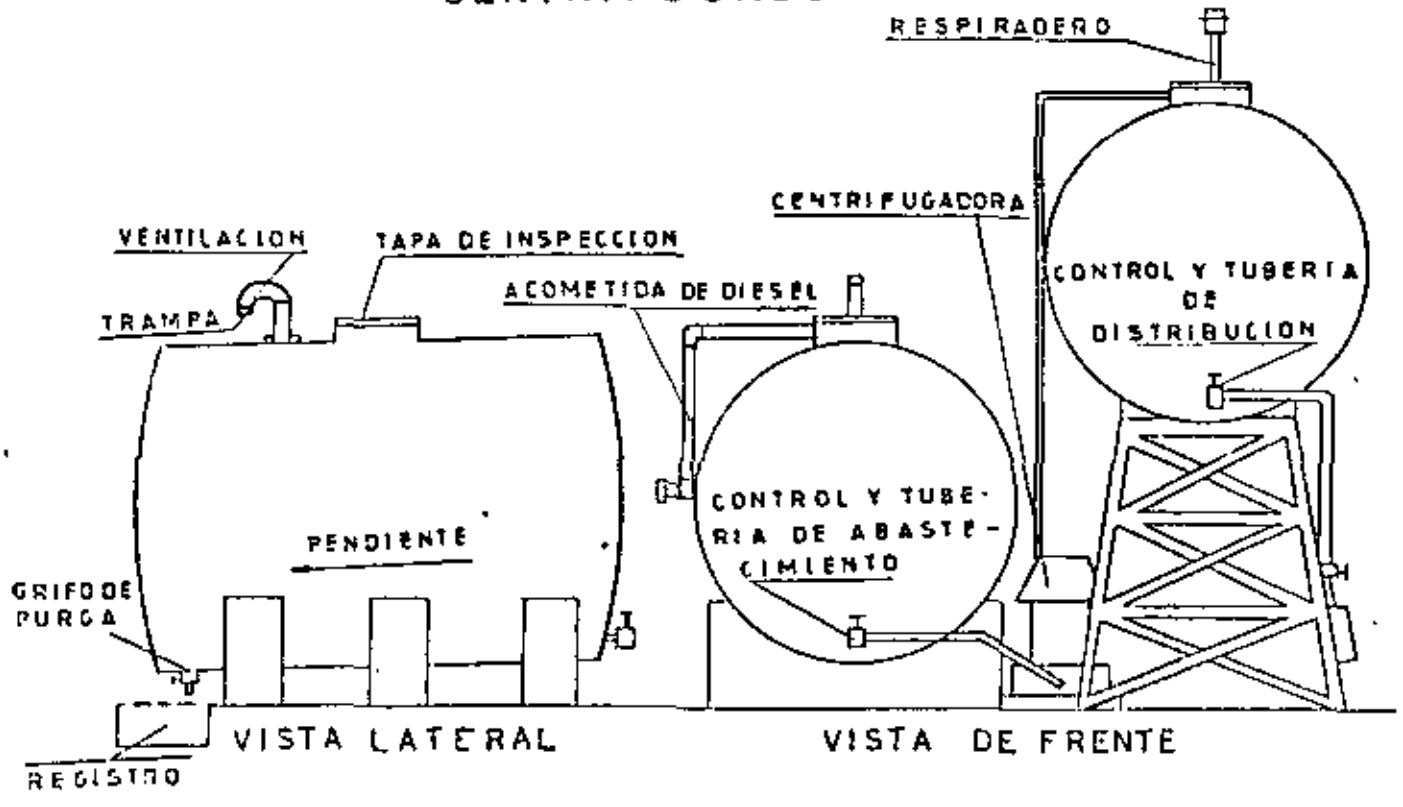
- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

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.

------ O ------

ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION PARA PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

PARAMETROS:	PORQUE ES NECESARIO
1.- INVENTARIO FISICO DE EQUIPO	SE TIENE CONTROL DEL EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN OBRA. PARA FORMAR GRUPOS DE EQUIPOS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS. PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS ENTRE LOS MISMOS TIPOS DE EQUIPO. PARA FACILITAR EL CONTROL DE REQUISICIONES. PARA AGRUPAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE EQUIPO.
2.- SISTEMA DE COSTOS.	PARA IDENTIFICAR LOS COSTOS POR CADA MAQUINA. PARA LLEVAR UN COMPORTAMIENTO ECONOMICO DE LAS MAQUINAS. PARA TOMAR DECISIONES DE REEMPLAZO. PARA IDENTIFICAR SI EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO ESTA DE ACUERDO CON SUS COSTOS.
3.- TIPO DE TRABAJO EN QUE SE ESTA USANDO EL EQUIPO.	PARA EVALUAR SI EL TRABAJO DESARROLLADO ESTA DE ACUERDO CON LAS E PECIFICACIONES DEL EQUIPO. PARA DETERMINAR POLITICAS ESPECIALES DE MANTENIMIENTO. PARA SELECCIONAR LA OPERACION ADECUADA. PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRABAJO EN LA VIDA UTIL DE LA MAQUINA, DE ALGUNO DE SUS CONJUNTOS.
4.- HORAS TRABAJADAS EN LAS MAQUINAS.	SIRVE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO. PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA. PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO. PA[illegible] EL CRITERIO DE DEPRECI[illegible] ES CORRECTO.

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, 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.

*SSS.

10.- EXISTENCIA DE ALMACEN.	EN CANTIDAD ADECUADA QUE PERMITEN UN TRABAJO CONTINUO Y SUFICIEN MENTE BAJAS PARA NO TENER UNA GRAN INVERSION SIN MOVIMIENTO. PIEZAS DE MOVIMIENTO CONTINUO QUE PERMITAN TENER UNA REVOLVENCI ADECUADA DE ALMACEN.
11.- HISTORIA DE LA MAQUINA.	PARA TENER UN COMPORTAMIENTO MECANICO Y ECONOMICO DE LA VIDA UT DEL EQUIPO. PARA ANALIZAR LA CONVENIENCIA DE LA UTILIZACION Y PRODUCTIVIDAD 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 ESTA CER 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 PROGRA
16.- TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS.	ES UN INDICADOR DEL PROMEDIO DE UTILIZACION DEL EQUIPO. [illegible] DE ACUERDO A LA DISPONIBILIDAD Y

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.

------ O ------

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 -------

*SSS.

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.

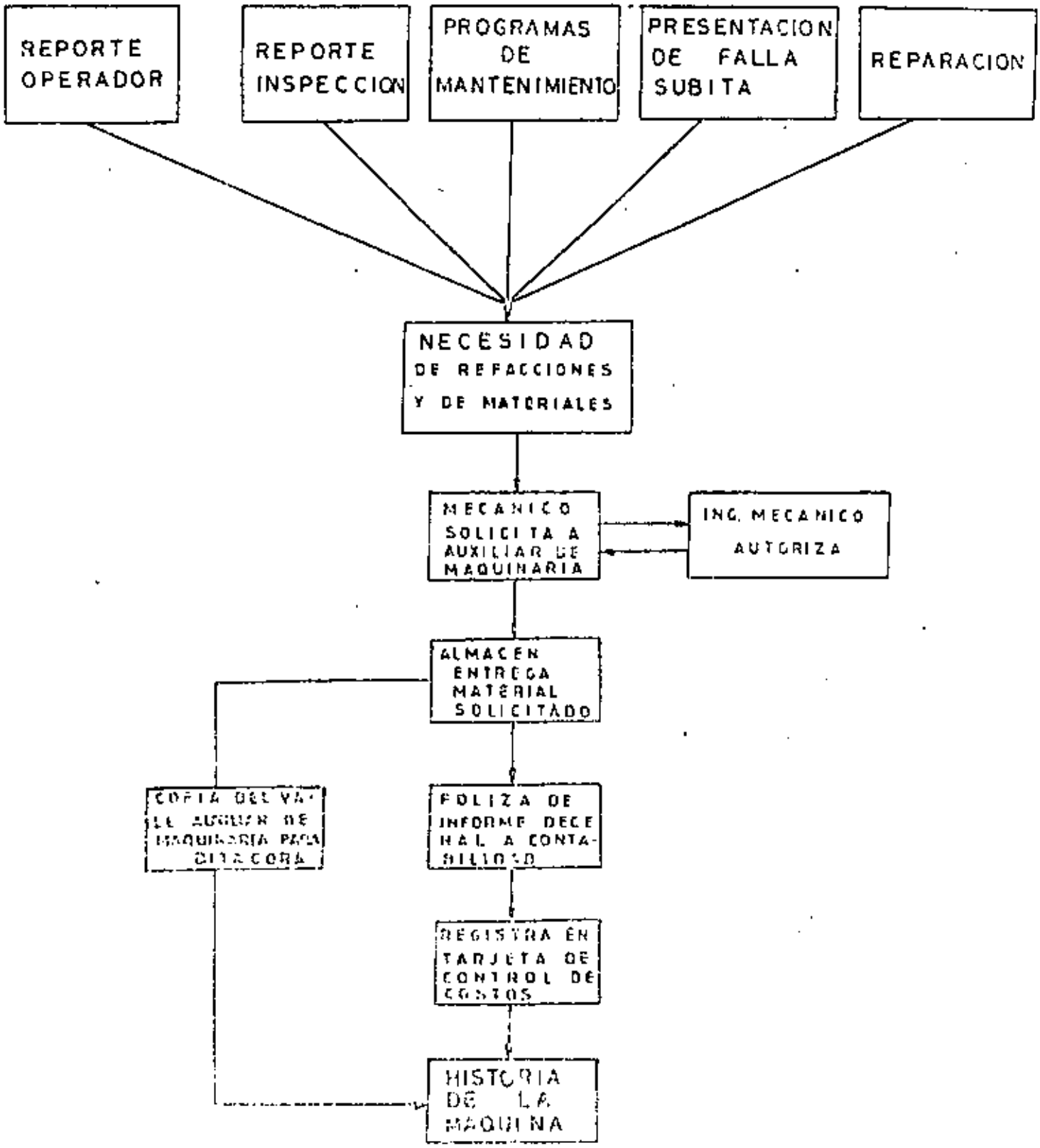
4º INSTALACIONES.

- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

----- 0 -----

DIAGRAMA DE FLUJO

VALES DE SALIDA DE ALMACEN



PROGRAMA DE REPARACIONES MAYORES

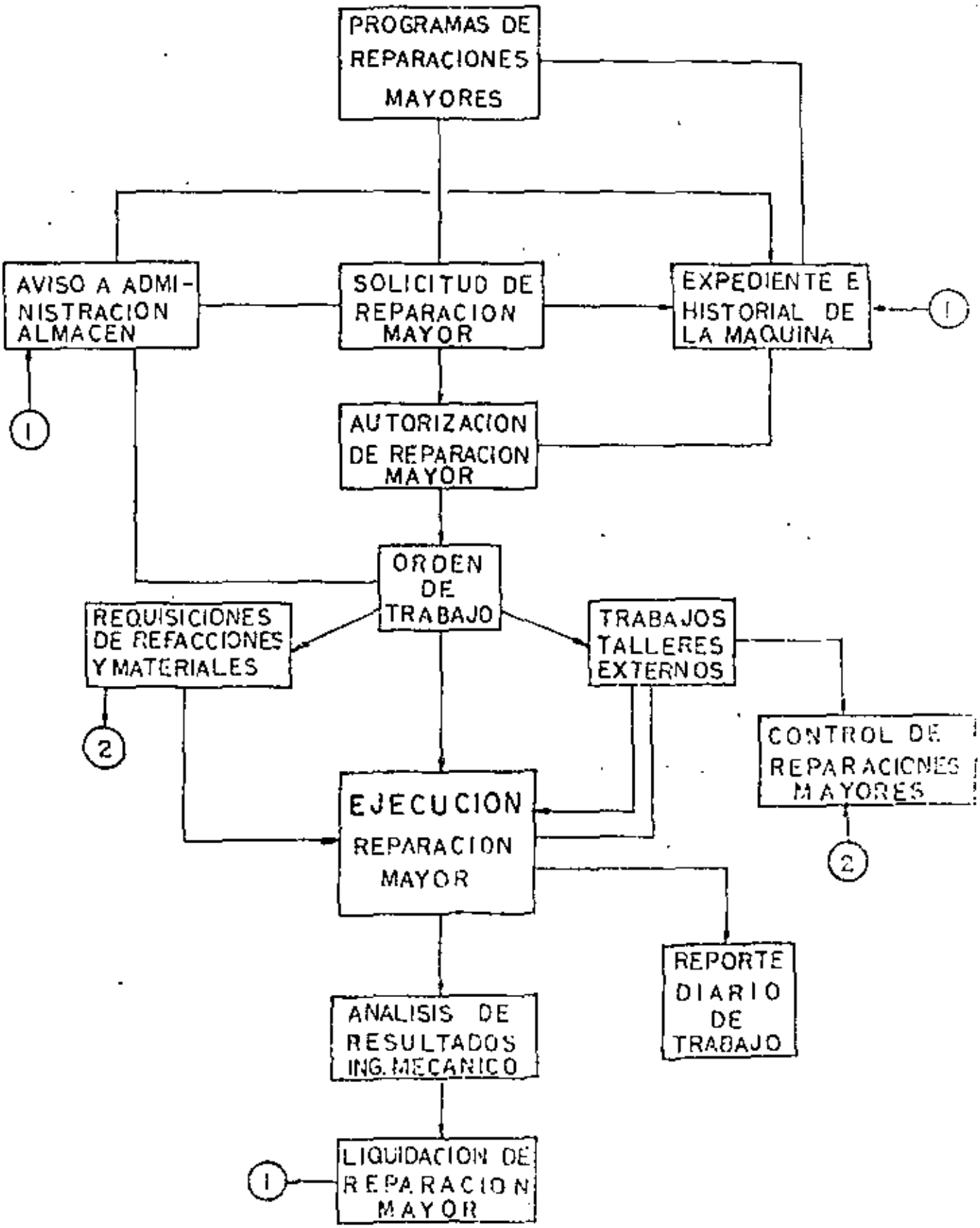


DIAGRAMA DE FLUJO
REPORTE DE OPERADORES

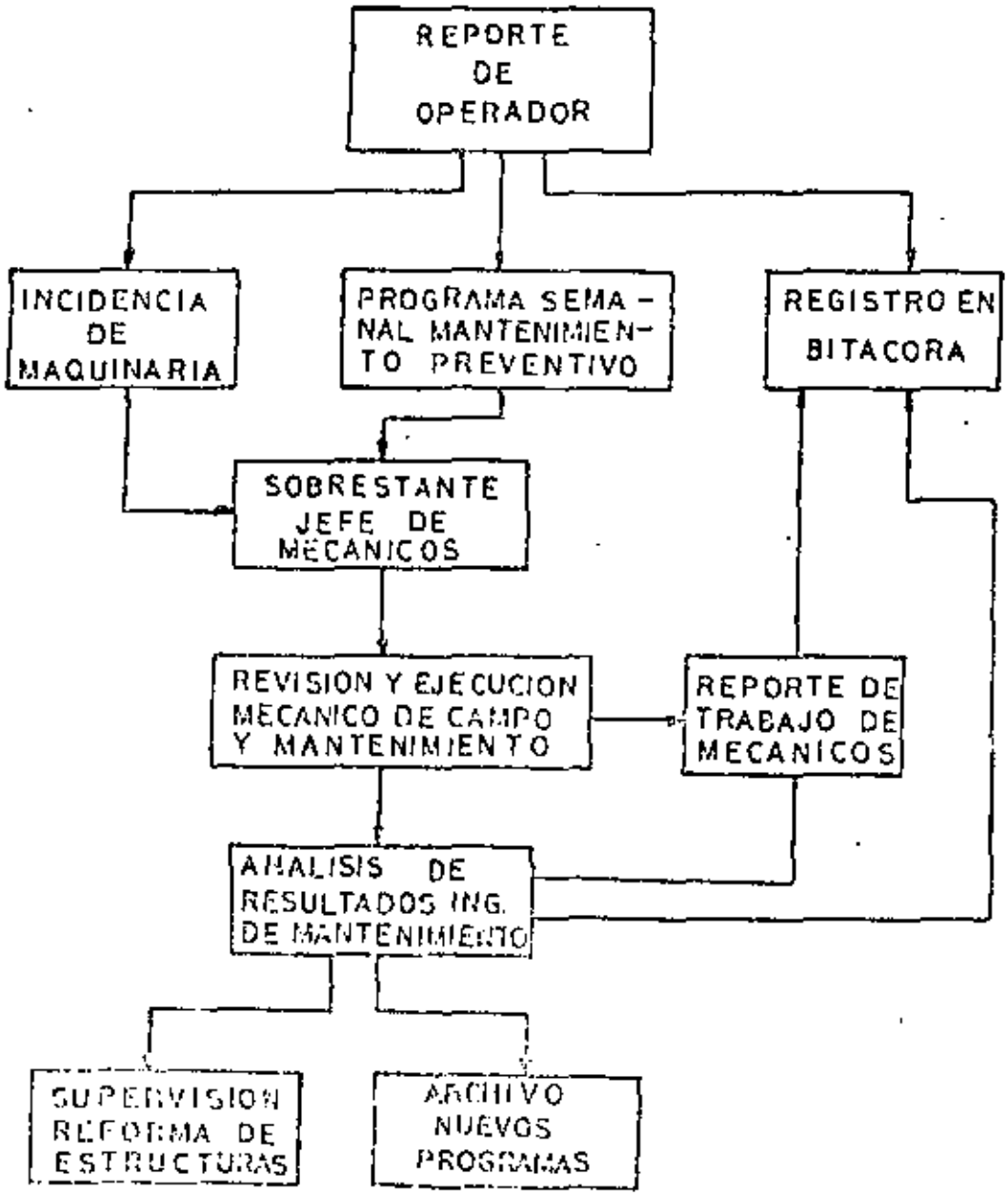
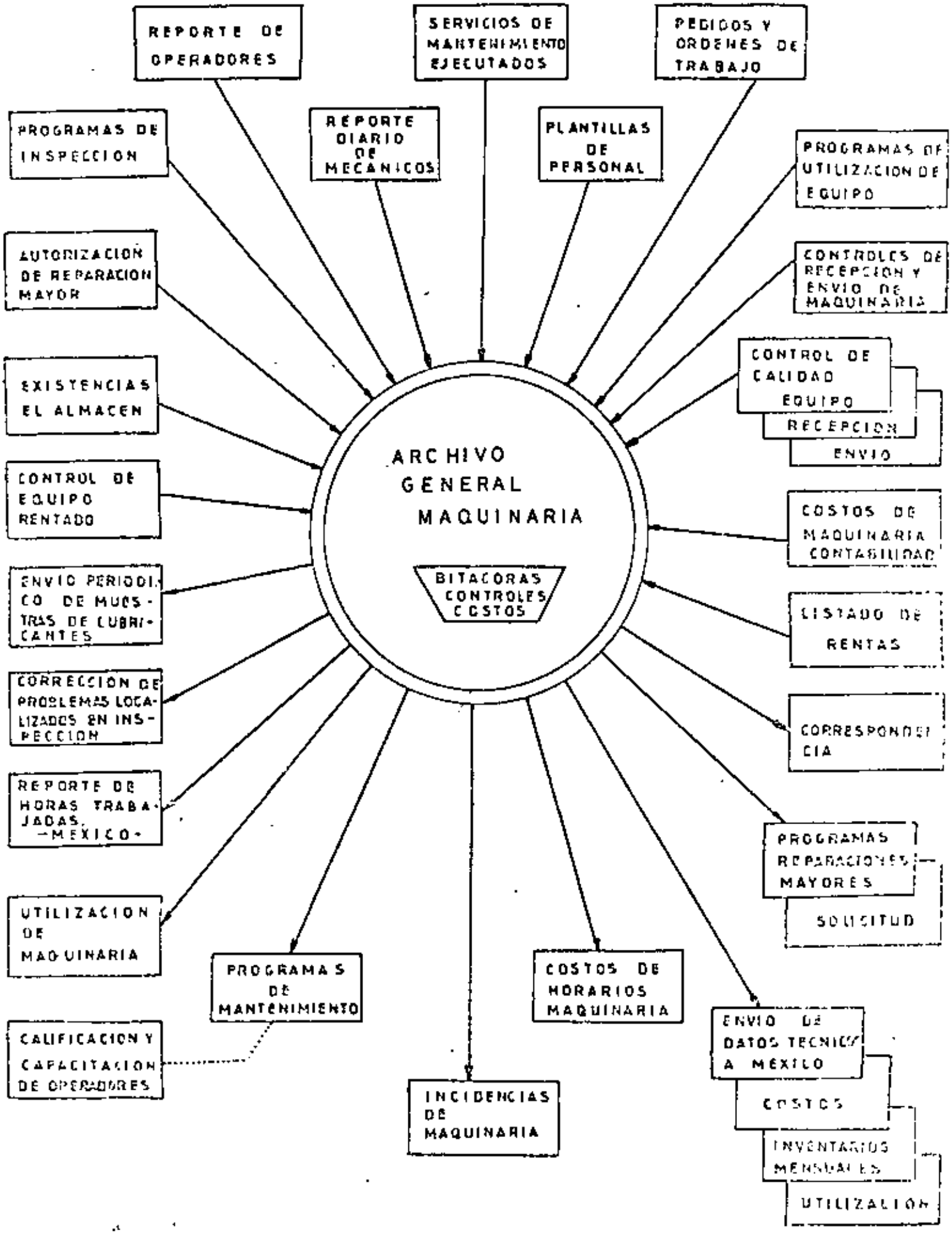


DIAGRAMA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO



C A P A C I T A C I O N

1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.

2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.

3.- EXAMEN PREVIO PARA DETERMINAR EL GRADO DE CAPACITACION.

4.- DISTINTAS FORMAS DE CAPACITAR.

1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.

Uno de los factores que mayor importancia tienen para lograr una productividad adecuada en el mantenimiento, cuidado y operación de la maquinaria es el de contar con el personal mecánico y de operación con los conocimientos suficientes para que pueda desarrollar su trabajo con eficacia. Para lograr esto se tiene que "CAPACITAR" a ese personal para que pueda cumplir cabalmente con los requerimientos.

En la actualidad, en México y en el área Maquinaria de Construcción se adolece de grandes deficiencias en la capacidad del personal mecánico y de operación; Las razones son muy sencillas, no existe ningún lugar donde el personal obrero pueda adquirir conocimientos en relación a los campos de construcción. El sistema escolar formal no tiene ningún centro de enseñanza para maquinaria de construcción, excepción hecha del CAO, que a partir de 1978, pasó a formar parte del ICIC; Sin embargo su capacidad de enseñanza es del orden de 60 egresados por año y la Industria de la Construcción sola, tiene de 40 a 50 mil personas en estos trabajos, la mayoría ejerciendo sus funciones con grandes defectos por falta de oportunidad de mejorar su preparación.

En la construcción, el 80 % del capital de las empresas se invierte en la compra de activos fijos en maquinaria, equipos y herramientas y la cifra invertida supera los $ 20,000 millones de pesos. A pesar del valor tan alto de las inversiones el constructor enfrenta con indolencia y apatía el problema de la capacitación, teniendo la mayoría la idea de que la mejor solución es el "PIRATEO" de personal ya capacitado y que generalmente sale de los Distribuidores de maquinaria y empresas que por su organización estan en mejores condiciones para capacitar. Sin embargo esta solución no es suficiente ú completa, pues el distribuidor maneja 1 ó 2 marcas de equipo y el constructor 8 ó 10.

Por tanto hay que dar un énfasis muy fuerte a los aspectos de capacitación en este campo, si queremos que nuestras inversiones de capital nos redituen adecuadamente.

2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.

Uno de los principales obstáculos para poder juzgar la capacidad del personal es que no existe un criterio uniforme en cuanto a los requisitos de conocimientos que debe tener una persona para ocupar un puesto, y que se basa en una técnica de la administración científica que nos indica que cada puesto de una organización debe tener una descripción por escrito de: Sus funciones, requisitos de conocimientos previos y actitud hacia el trabajo. Este se conoce como descripción del puesto.

En la actualidad la Sría. del T. y P.S., está tratando de elaborar lo que llaman el catálogo de empleos, pero como se supone debe abarcar todas las actividades productivas del país, pues será a un plazo largo cuando este elaborado.

Sin embargo cada empresa debiera tener descripciones de puestos acordes a sus necesidades con el fin de conocer las características que deberán reunir las personas que los vayan a ocupar. Si en la empresa no se sabe que funciones y responsabilidades se van a delegar en una persona, los criterios para contratarla tampoco estarán definidos y por tanto quedará al criterio (bueno ó malo) del encargado de llevar a cabo la contratación, el que se tomen bases reales ó no y por tanto la contratación será un acto de azar. Existen ejemplos grotescos en relación a las formas de contratación para operadores de maquinaria pesada.

Por tanto hay que recalcar en que es de suma importancia que la empresa sepa los requisitos que debe reunir una persona para cubrir un puesto.

3.- EXAMEN PREVIO.

El método más sencillo para seleccionar al personal es que basados en la descripción del puesto elaboremos un exámen de conocimientos para determinar si los candidatos reunen un mínimo de conocimientos. Es muy posible que con la aplicación de estos exámenes previos podamos mejorar en un alto porcentaje nuestros sistemas de contratación y seleccionar más atinadamente a los futuros técnicos y obreros.

Por desgracia hay poco material al respecto y por tanto dificultad en contar con él.

El exámen de este tipo nos puede servir para 2 aspectos: 1) Seleccionar entre los candidatos a ingresar a los que esten mejor preparados. 2) Aplicando estos exámenes a nuestro personal existente , podremos saber que nivel de conocimientos tiene, en que área ó áreas necesarias en su puesto tiene carencias y por tanto necesita recibir capacitaciones para superarlas; Quién está bien y con capacitación puede ascender a otros niveles de trabajo.

Entonces una de las acciones gremiales que por ejemplo el ICIC, puede llevar a cabo en beneficio de los constructores es la de elaborar descripciones de puestos con sus requisitos previos y exámenes que se puedan aplicar para cada uno de esos puestos, esto les daría a los constructores elementos muy importantes para juzgar al personal que tienen y al que van a tomar y propiciaría que se promueva la capacitación en las áreas de deficiencia, para que se lleguen a cubrir los puestos eficazmente.

4.- DISTINTAS FORMAS DE CAPACITAR.

Hay 2 muy generales:
a) Capacitación previa al trabajo.
b) Capacitación en el trabajo.

La capacitación previa al trabajo esta representada por toda la escolaridad formal: Educación básica, media, media superior, superior y las técnicas especiales que el sistema escolar formal esté en capacidad de impartir.

Estos conocimientos son base para los que se necesitarán en los puestos de trabajo, y por tanto el pensar que la capacitación toda debe ser en el trabajo es un grave error.

Por ejemplo para un mecánico para maquinaria pesada se puede pensar que entre los requisitos de escolaridad previa, esté el que haya cursado y terminado secundario, considerando que sin los conocimientos de física, geometría y matemáticas de ese nivel escolar no estará en condiciones de entender los problemas del sistema hidráulico ó eléctrico de las máquinas. Además se buscará ó que haya pasado por alguna escuela técnica de fabricante ó distribuidor en la que haya recibido conocimientos sobre la mecánica aplicada a la maquinaria.

En el trabajo, que es actualmente el lugar donde sin querer ó no capacitamos, la falta de organización y control de esa capacitación, la hace ser poco practica y muy deficiente, además de llevarnos a costos elevadísimos, no por la capacitación, sino por el costo que la mala capacitación quiera. Una transmisión sin aceite, nos cuesta 300 a 500 mil pesos y así por el estilo.

La capacitación deberá entonces ser planeado para que sea útil y apoyarse en el sistema escolar, que se lleva el 25 % de los impuestos que pagamos y que por tanto por conveniencia propia debemos cuidar.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

REEMPLAZO DE EQUIPO

Ing. Ernesto Mendoza Sánchez

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

INTRODUCCION

La reposición o reemplazo de maquinaria en el momento económicamente oportuno, es uno de los problemas con que invariablemente se enfrentan las dependencias oficiales y empresas privadas poseedoras de equipo.

Sin lugar a dudas, la tendencia general de los propietarios de maquinaria, es reemplazarla en función de una seria de circunstancias que, la mayoría de las veces, nada tiene que ver con un estudio cuidadoso sobre la determinación del momento óptimo de reemplazo.

La iniciación de un nuevo trabajo, las oportunidades que se presentan en el mercado de maquinaria y el tener capital extra disponible, son algunos de los factores que pueden influir para que un propietario decida reemplazar el equipo que posee; esto ocasiona, la mayoría de los casos una pérdida en la inversión, por reemplazar el equipo antes de haber alcanzado la recuperación máxima. Por otra parte, una poli

tica contraria a la anterior, es decir, retener la máquina por tiempo indefinido, evidentemente conllevará gastos excesivos de mantenimiento. El problema de reemplazo de equipo ante estas dos posibilidades, deberá enfocarse hacia la determinación de un punto de equilibrio, donde los costos de depreciación más los costos de mantenimiento, acumulados ambos, sean mínimos ver (fig. 1). Asimismo, es necesario considerar la influencia que tienen otros factores tales como el costo de la inversión, la absolescancia y el costo de máquina parada.

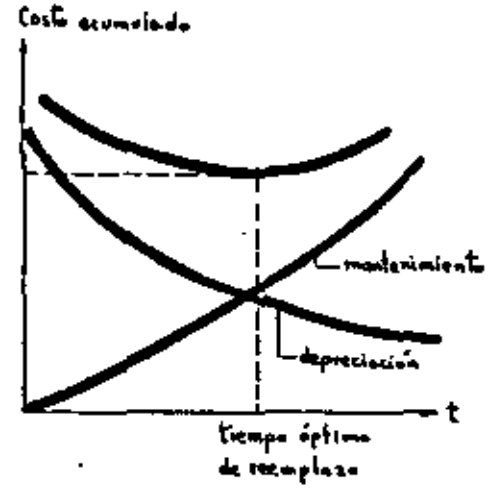


FIG. 1

COSTOS

Si, como hemos señalado, la determinación del tiempo óptimo de reemplazo está en función de los costos que se van teniendo a lo largo de la vida útil del equipo, será fundamental implementar un mecanismo mediante el cual podamos tener la información relacionada con cada una de las máquinas, directamente de la obra.

El establecimiento de un sistema de información de costos, adecuado al tamaño y tipo de la empresa, redundará en análisis de costos muy provechosos: las bitácoras del equipo, el tener formatos estandarizados y fáciles de llenar, adecuados a cada uno de los niveles que manejan la información, desde su inicio hasta los niveles gerenciales y de dirección, son algunos de los elementos que coadyuvarán a tener un registro completo y fidedigno de los costos, asociados a cada una de las máquinas ó grupos de máquinas que la empresa posee.

Una vez integrado el banco de información con los datos de las máquinas, podemos aplicar los métodos que se ejemplificarán más adelante y tener con ello un punto de referencia más concreto que oriente nuestra toma de decisión en relación con el reemplazo de equipo.

Los costos que se generan en obra, conviene clasificarlos de la siguiente manera:

2.1 Operación
2.2 Consumos
2.3 Mantenimiento menor
2.4 Rentas
2.5 Llantas
2.6 Taller mecánico

2.1 Operación.- Es el 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 cada máquina.

2.2 Consumos.- Son las erogaciones realizadas por concepto de combustibles, lubricantes, filtros y elementos de desgaste de sustitución frecuente como son cuchillas, gavilanes, tornillos, tuercas, etc. Se determina en base al reporte de cargos que acumula mensualmente el almacén en función de los vales de salida.

2.3 Mantenimiento Menor.- Son los costos ocasionados por materiales, refacciones, mano de obra y equipo auxiliar, necesarios para llevar a cabo todas las opera-

ciones de rutina, servicios y mantenimiento que se requieren para conservar en condiciones de trabajo a las máquinas durante su vida útil, y que no están considerados en el punto anterior. Se determinan en la misma forma que los consumos, teniendo cuidado en la formulación de los vales, para asociarlos con la máquina correcta y evitar errores en los cargos.

2.4 Rentas.- Son los costos derivados de los conceptos de depreciación, inversión, obsolescencia y reposición del equipo, más los correspondientes al mantenimiento mayor o correctivo, expresados como porcentaje de la depreciación. Se determinan en base a los cargos por rentas estimadas en las oficinas centrales, a las horas de trabajo reportadas para cada equipo mayor y en base al equipo menor y vehículos existentes en obras, según inventario físico.

2.5 Llantas.- Es el costo debido a la disminución del valor original de las llantas como consecuencia del uso, más los cargos por las refacciones, materiales y equipo auxiliar necesario para hacer las reparaciones de las llantas (cámaras, válvulas, corbatas, birlos,). Se determina de acuerdo al reporte de horas trabajadas mensualmente por cada equipo mayor, agregándosele los costos de operación, que se reciben como cargos en las pólizas del almacén que contabiliza los vales de salida correspondientes.

2.6 Taller Mecánico.- Los costos originados por éste concepto, conviene desglosarlos en: mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento.

El costo de mano de obra incluye al personal que trabaja en el taller de maquinaria y cuyo sueldo no puede cargarse directamente a ninguna máquina. Se determina en la misma forma que el costo de operación, y no incluye gastos generales como son salarios de ingenieros mecánicos y auxiliares de maquinaria.

El segundo grupo, incluye los costos originados por rentas de equipo auxiliar, refacciones, materiales, combustibles y lubricantes necesarios para mantener en condiciones de trabajo el equipo auxiliar y vehículos al servicio del taller mecánico, más la amortización de la herramienta al servicio del taller.

Finalmente, debemos tomar en cuenta el costo de los materiales diversos que no pueden cargarse a las máquinas y que son para el servicio del taller. Se obtienen directamente de los reportes de consumos utilizados por el taller de la obra.

Ante la dificultad de asignar con toda exactitud el costo del taller mecánico a cada una de las máquinas que atiende, debe buscarse la manera de prorratearlo; una manera de hacerlo es la siguiente: 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. El costo aplicable a su vez al equipo mayor se prorratea entre cada máquina tomando como base su costo horario; esto es, se divide el costo horario de cada

máquina entre la suma de los costos horarios de todas las máquinas mayores para obtener el factor de prorrateo. Este factor se multiplica en cada caso por el costo aplicable al equipo mayor, obteniendo el costo mensual que por concepto de taller mecánico le corresponde a cada máquina. En forma similar, se debe asignar la parte proporcional que corresponde al equipo menor.

Los costos anteriormente descritos, tratados a nivel obra, se integran en la empresa para los efectos de análisis de reemplazo de equipo, de la siguiente manera:

COSTOS A NIVEL DE OBRA		COSTOS A NIVEL DE EMPRESA
OPERACION		
CONSUMOS		
MANTENIMIENTO MENOR		MANTENIMIENTO TOTAL
LLANTAS		
TALLER MECANICO		
	MANTENIMIENTO MAYOR	
	DEPRECIACION	DEPRECIACION
RENTAS	COSTO DE CAPITAL	INVERSION
	INNOVACIONES TECNOLOGICAS	OBSOLESCENCIA
	EQUIPO INPRODUCTIVO PARADO	MAQUINA PARADA

METODOS UTILIZADOS

EN EL REEMPLAZO DE EQUIPO

Se presentan a continuación los métodos de análisis frecuentemente utilizados, haciendo usos de ejemplos de aplicación; en ellos, por simplificar, utilizaremos exclusivamente los costos de depreciación y mantenimiento; involucrando, posteriormente, los factores restantes: inversión, obsolescencia y máquina parada.

METODO DE COMPARACION SIMPLE

Se utiliza en el caso, muy particular, que se presenta cuando nos enfrentamos a la alternativa de invertir una cantidad importante en mantenimiento correctivo para que una máquina siga trabajando, o venderla y adquirir una nueva que ejecute el trabajo.

Se ilustra a través del siguiente ejemplo:

DURACION DEL TRABAJO POR EJECUTAR	1 año

MAQUINA USADA

Costos del mantenimiento mayor	$ 200,000
Mantenimiento preventivo mensual	50,000
Valor de rescate actual	210,000
Valor de rescate al final del trabajo	130,000

MAQUINA NUEVA

Valor de adquisición	$ 800,000
Mantenimiento preventivo mensual	35,000
Valor de rescate al final del trabajo	400,000

SOLUCION

ALTERNATIVA DE CONSERVAR LA MAQUINA USADA

COSTO MAQUINA USADA = 200,000 + 50,000 x 12 - 130,000
= 200,000 + 600,000 - 130,000 = 670,000

ALTERNATIVA DE COMPRAR MAQUINA NUEVA

COSTO MAQUINA NUEVA = (800,000 - 210,000) + 35,000 x 12 - 400,000
= 590,000 + 420,000 - 400,000 = 610, 000

La alternativa de comprar una máquina nueva tiene costo menor y por lo tanto es la económicamente más adecuada; sin embargo, debemos observar que la diferencia entre una y otra alternativas es realmente poca, por lo que quizá fuesen otros factores, inherentes a la situación económica y políticas de la empresa ó del propietario, los que determinaran la decisión final.

METODO DE LOS COSTOS PROMEDIOS ACUMULADOS

Supongamos que somos propietarios de un camión que costó $800,000.00 y deseemos determinar el tiempo óptimo de reposición; o sea, al cabo de cuantos años habremos de venderlo para comprar uno nuevo.

Para encontrar la solución al problema consideraremos únicamente, como ya lo habíamos señalado, los costos de depreciación y mantenimiento.

Fijemos primeramente, como ritmo de depreciación, la consideración de que el camión pierde cada año la mitad de su valor, hasta llegar al quinto año en que se presenta un valor de rescate que permanecerá constante para cualquier momento subsecuente en que decidamos venderlo, inclusive como chatarra.

De acuerdo a lo anterior, la depreciación de nuestro camión en función del valor de rescate es:

AÑO	Vr	D = Va - Vr
0	800,000	0
1	400,000	400,000
2	200,000	200,000
3	100,000	100,000
4	50,000	50,000
5	25,000	25,000
6	25,000	0

or otra parte, necesitamos determinar los costos de mantenimiento esperados. Es aquí donde debemos utilizar los datos estadísticos correspondientes a los camiones que la empresa haya tenido anteriormente. En nuestro caso, de los reportes de utilización de camiones similares, obtenemos los siguientes costos de mantenimiento.

AÑO	COSTO DE MANTENIMIENTO
1	130,000
2	160,000
3	187,000
4	240,000
5	307,000
6	373,000
7	450,000
8	530,000

Con la información anterior, preparamos la tabla 1, (valores en miles de pesos).

AÑO (1)	DEPRECIACIÓN (2)	MANTENIMIENTO (3)	COSTO TOTAL ANUAL (4) = (2)+(3)	COSTO ACUMULADO (5)	COSTO ANUAL MEDIO (6) = (5) ÷ (1)
1	400	130	530	530	530
2	200	160	360	890	445
3	100	187	287	1,177	392
4	50	240	290	1,467	367
5	25	307	332	1,799	360
6	0	373	373	2,172	362
7	0	450	450	2,622	375
8	0	530	530	3,152	394

TABLA 1

Observando la tabla 1, vemos que el costo anual medio mínimo se presenta en el quinto año; la política óptima de reemplazo en estas condiciones será reemplazar nuestro camión cada cinco años.

No debemos referirnos al costo total mínimo (columna 4) para decidir sobre el reemplazo, ya que este valor corresponde exclusivamente al tercer año, y no toma en consideración la "historia completa" del camión.

Es interesante observar que en la solución del problema, -- estamos suponiendo que el costo de adquisición de un camión nuevo es constante en cualquier momento; si esto fuera cierto, en realidad nuestra política óptima de reemplazo estaría determinada por la combinación costo de adquisición-reventa-costo de utilización; esto es, en el ejemplo: si compramos un camión con dos años de uso pagaríamos por él - - $200,000.00 y lo podríamos vender al final de ese mismo año en $100,000.00, teniendo un costo de mantenimiento de - - - $187,000.00. El costo anual sería.

(200,000 - 100,000) + 187,000 = $287,000.00 valor que, además de ser el mínimo de la columna 4, es inferior a los - - $360,000.00, obtenidos en la columna 6.

Lo recomendable sería comprar camiones usados de dos años - y venderlos después de un año de utilización.

Una segunda posibilidad, es la de estudiar, además del momento óptimo de reemplazo, la alternativa de reemplazar por otra máquina de diferentes características a la que se ---- posee; ilustremos lo anterior a través del siguiente ejemplo.

Supongamos que un contratista tiene la necesidad de estar - utilizando continuamente, camiones de 10 toneladas de capacidad.

Los camiones tipo "A" que actualmente posee, tienen un costo de $ 35,000 dls. cada uno y un año de uso.

Sus registros de trabajos anteriores le indican que el mantenimiento y operación anuales son de $ 16,000 para el primer año, incrementándose después en $ 2,000 por cada año -- subsecuente.

Un nuevo tipo de camiones "B", cuestan $ 39,000 y sus costos de operación y mantenimiento son también de $ 16,000 para el primer año, pero debido a mejoras tecnológicas, el -- incremento posterior es de $ 1,200 por año.

Si los camiones se deprecian de acuerdo al criterio de cargos decrecientes; (recuerdese que, según el criterio de cargos decrecientes, el equipo se deprecia cada año el 40% de su valor remanente), planteemos las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuándo deben ser reemplazados los camiones tipo "A"?
2. ¿Qué tipo de camión debemos utilizar en el reemplazo?

La información requerida para resolver el problema, está -- contenida en las tablas 2 y 3, que muestran los costos anua

les medios acumulados para los camiones tipo "A" y tipo "B" respectivamente.

CAMIONES TIPO "A" (1 AÑO DE USO)

AÑO	AÑOS A PARTIR DEL PRIMERO	DEPRECIACION	RENTA Y OPERACION	COSTO ANUAL	COSTO ACUMULADO	COSTO ANUAL MEDIO
1	- -	- -	- -	- -	- -	- -
2	1	8,400	18,000	26,400	26,400	26,400
3	2	5,040	20,000	25,040	51,440	25,720
4	3	3.024	22,000	25,024	76,464	25,488
5	4	1,814	24,000	25,814	102,278	25,570
6	5	1,089	26,000	27,089	129,367	25,873
7	6	653	28,000	28,653	158,020	26,337

TABLA 2

CAMIONES TIPO "B"

AÑO	DEPRECIACION	MANTENIMIENTO Y OPERACION	COSTO ANUAL	COSTO ACUMULADO	COSTO ANUAL MEDIO
1	15,600	16,000	31,600	31,600	31,600
2	9,360	17,200	26,560	58,160	29.080
3	5,616	18,400	24,016	82,176	27,392
4	3,370	19,600	22,970	105,146	26,286
5	2,022	20,800	22,822	127,968	25,594
6	1,213	22,000	23,213	151,181	25,197
7	728	23,200	23,928	175,109	25,016
8	436	24,400	24,836	199,945	24,993
9	262	25,600	25,862	225,807	25,090

TABLA 3

Del análisis de las tablas 2 y 3, y según las consideraciones que hasta aquí se han expuesto, se desprende que lo más conveniente es reemplazar los camiones tipo "A" a la edad de 4 años, empleando para el reemplazo los camiones tipo "B".

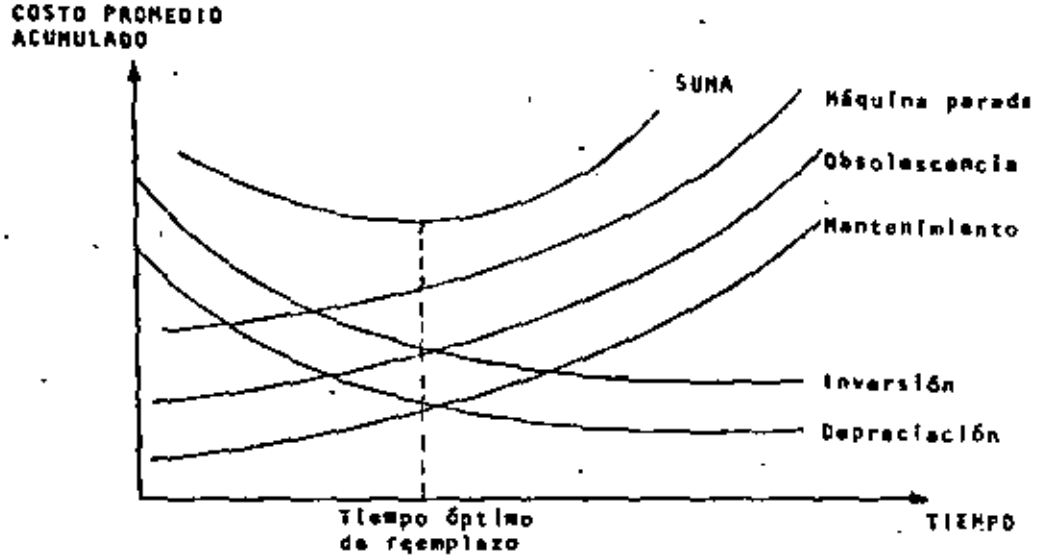
COSTO PROMEDIO ACUMULADO POR HORA

Para finalizar con la aplicación de este método, veamos un ejemplo donde intervengan tres factores adicionales que hasta ahora no se han considerado: costo de inversión, máquina parada y obsolescencia, realizando además el análisis por hora acumulativa trabajada. En resumen, consideraremos cinco factores por separado y su influencia en el costo acumulativo por hora:

1. Costo de depreciación y reposición
2. Costo de inversión
3. Costo de mantenimiento y reparación

4. Costo de máquina parada
5. Costo de obsolescencia

El criterio para determinar el tiempo de reposición más económico, consiste en saber si el costo acumulativo por hora se hace progresivamente mayor o menor, agregándole horas-máquina. (fig. 2).



En el ejemplo a desarrollar, vamos a suponer una máquina con precio original de $200,000 dólares y 2000 horas efectivas de trabajo al año.

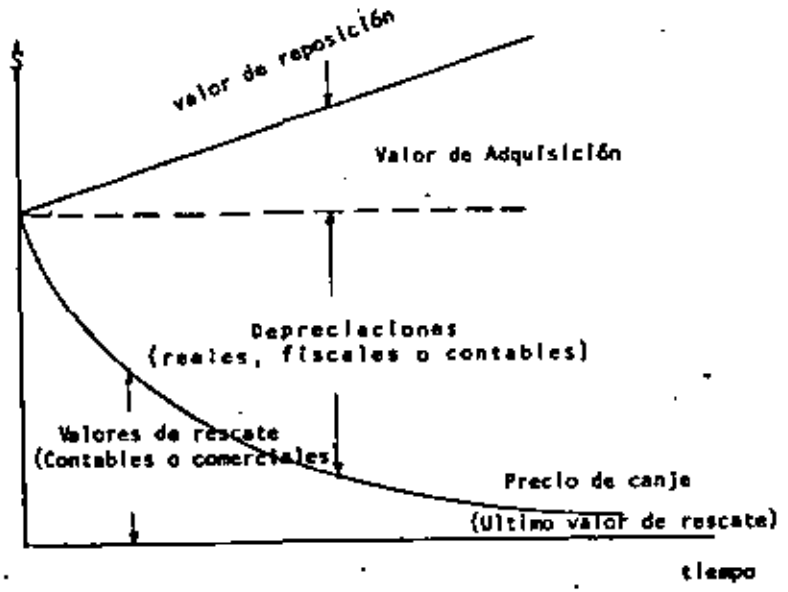
Antes de iniciar el análisis recordemos que tanto costo como horas son acumulativas, ésto es, si el costo acumulativo por hora fuera de $11.65 dólares en el cuarto año no significa que solamente las horas acumuladas durante el cuarto año han costado $11.65, sino que todas las horas acumuladas

durante el primero, segundo, tercero y cuarto años, han costado dicha cantidad por hora.

1. Costo de depreciación y reposición

Recordemos que el costo de depreciación es la pérdida debida a la baja del valor actual de una máquina causada por el uso y por su antigüedad. Es simplemente la diferencia entre el precio inicial de compra y el precio de reventa o canje (fig. 3).

El costo de reposición a su vez, es el resultado del aumento en precio de la nueva maquinaria.



Examinando el índice de precios de venta de equipo pesado de construcción, podemos determinar el porcentaje aproximado de incremento anual por este concepto, y extrapolar el resultado (en el ejemplo se tomó el 15% de incremento anual).

El cálculo correspondiente a la obtención del costo de depreciación y reposición se muestra en la tabla 4.

En el primer renglón se muestra el ritmo de depreciación seleccionado (depreciación real), expresado como un porcentaje del valor de adquisición; este porcentaje aplicado a una máquina con valor de $ 200,000 dólares, nos da los valores que aparecen en el segundo renglón.

Sobre la base de un 15% de incremento anual en los costos de reposición del equipo, obtenemos, a partir de los $100,000.00 actuales, el costo de reposición esperado en los próximos 8 años (renglón 3).

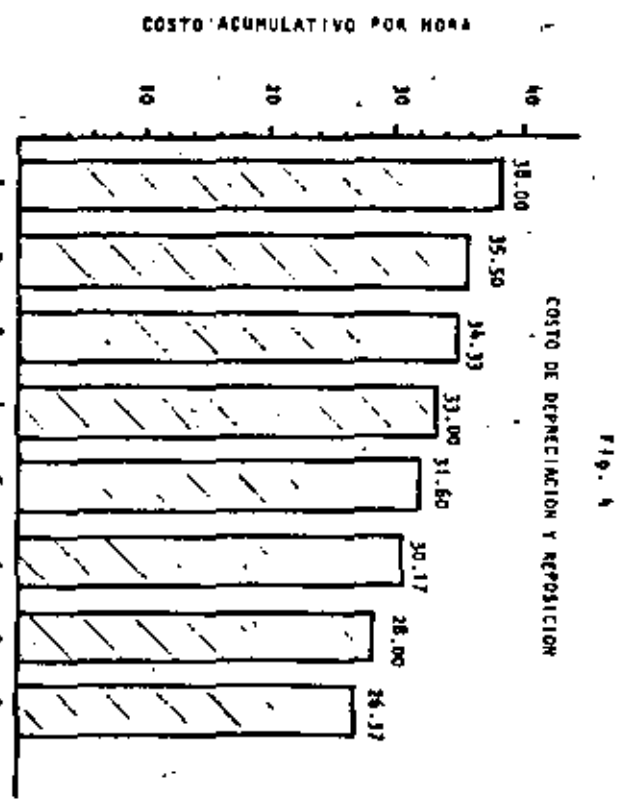
El costo de depreciación más reposición, será simplemente la diferencia de ordenadas entre el costo de reposición y el costo de depreciación, quedando el resultado en el renglón 4 ya acumulado; este resultado se divide entre las horas acumuladas del renglón 5, obteniéndose el costo de reposición y depreciación por hora acumulada (renglón 6).

Graficando los resultados observamos que si los únicos costos a considerar fueran los de depreciación y reposición, la política a seguir sería retener indefinidamente la máquina (fig. 4)

COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION

(200,000 COSTO INICIAL DE LA MAQUINARIA, 2000 HORAS DE TRABAJO ANUALES)

CONCEPTO	AÑO 1	2	3	4	5	6	7	8
VALOR DE RESCATE (% DEL PRECIO ORIGINAL)	77%	59%	42%	28%	17%	9%	9%	9%
VALOR DE RESCATE DE UNA MAQUINA DE $200,000 DLLS.	$154,000	$118,000	$ 84,000	$ 56,000	$ 34,000	$ 18,000	$ 18,000	$ 18,000
COSTO DE REPOSICION (15% AUMENTO POR AÑO)	$230,000	$260,000	$290,000	$320,000	$350,000	$380,000	$410,000	$440,000
PERDIDAS EN LA REPOSICION	$ 76,000	$142,000	$206,000	$264,000	$316,000	$362,000	$392,000	$422,000
HORAS DE TRABAJO ACUMULADAS	2000	4000	6000	8000	10 000	12 000	14 000	16 000
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION POR HORA ACUMULADA	$ 38.00	$ 35.50	$ 34.33	$ 33.00	$ 31.60	$ 30.17	$ 28.00	$ 26.37



COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION

Fig. 4

LOS COSTOS DE DEPRECIACION Y REPOSICION ACONSEJAN LA REEMPLACION DE LA MAQUINA.

2. Costo de Inversión

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

Se calcula como el promedio del valor de adquisición más el

valor de rescarte, multiplicado por la tasa de interés considerada, entre el número de horas acumuladas.

$$I = \frac{Va + Vr}{2 \quad Ha} \; I$$

Los cálculos correspondientes a este concepto, se muestran en la tabla 5.

En el primero y segundo renglones, se han obtenido los valores de la inversión al principio y al final de cada año respectivamente, a partir del ritmo de depreciación considerado.

Con estos valores calculamos la inversión promedio para cada año.

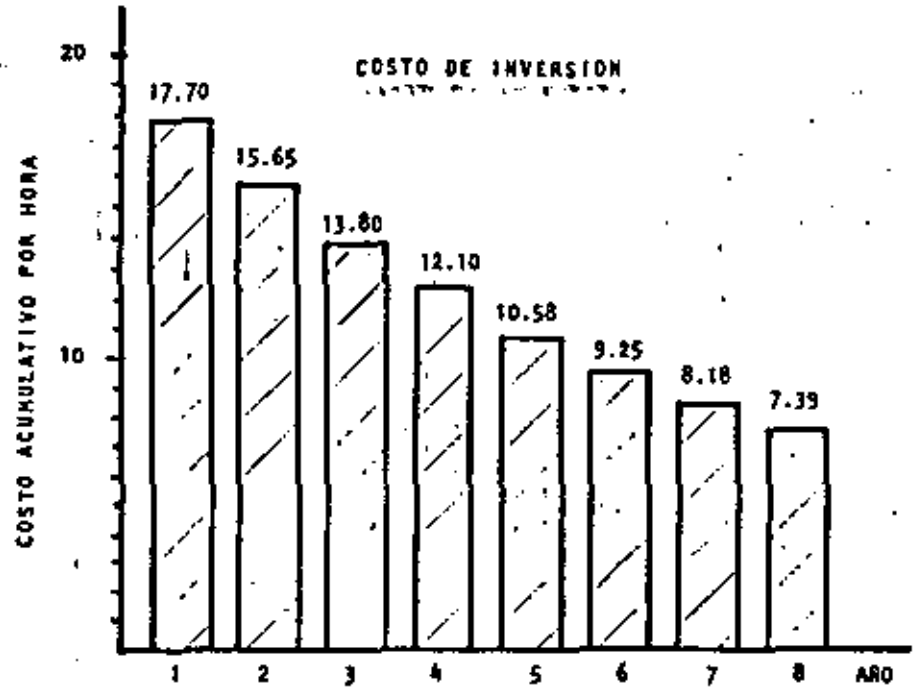
Sobre este valor, se consideró en el ejemplo una tasa de interés del 20%, dando por resultado los valores del renglón 4.

Finalmente, este costo de inversión se acumula y se divide entre las horas acumulativas de trabajo, para obtener el costo por inversión por hora acumulada (renglón 7).

Graficando los resultados (fig. 5) observamos que el costo de inversión por hora acumulativa disminuye a medida que la máquina envejece, lo que aconseja también, retener indefinidamente la máquina.

COSTO DE INVERSION

CONCEPTO	AÑO 1	2	3	4	5	6	7	8
INVERSION AL PRINCIPIO DE AÑO	$200,000	$154,000	$118,000	$ 84,000	$ 56,000	$ 34,000	$ 18,000	$ 18,000
INVERSION AL FIN DE AÑO	154,000	118,000	84,000	56,000	34,000	18,000	18,000	18,000
PROMEDIO ANUAL DE INVERSION	177,000	136,000	101,000	70,000	45,000	26,000	18,000	18,000
COSTO DE INVERSION (20%)	35,400	27,200	20,200	14,000	9,000	5,200	3,600	3,600
COSTO ACUMULATIVO DE LA INVERSION	35,400	62,600	82,800	96,600	105,800	111,000	114,600	118,200
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO DE LA INVERSION POR HORA ACUMULADA	17.70	15.65	13.80	12.10	10.58	9.25	8.18	7.39



EL COSTO DE INVERSION ACONSEJA RETENER LA MAQUINA

Fig. 5

3. Costos de Mantenimiento y Reparaciones

Constituyen uno de los costos más significativos; correspon den a las erogaciones realizadas para mantener la maquinaria en condiciones de trabajo.

A falta de información, podemos calcularlas aprovechando la estadística basada en promedios de clientes de máquinas; sin embargo, lo más conveniente es que cada propietario lleve sus propios registros de costos.

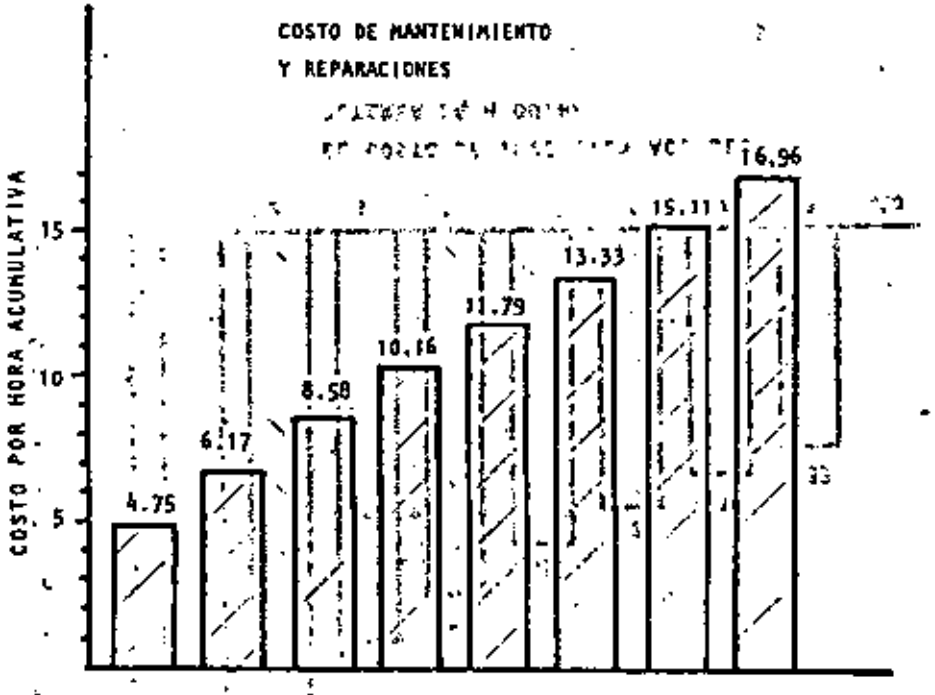
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION	9,500	17,600	24,400	29,800	36,600	42,100	51,600	59,700
COSTOS ACUMULATIVOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	9,500	27,100	51,500	81,300	117,900	160,000	211,600	271,300
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION POR HORA ACUMULADA	4.75	6.77	8.58	10.16	11.79	13.33	15.11	16.96

Los datos correspondientes a nuestro ejemplo se muestran en la tabla 6, en el renglón 1.

Estos valores se acumulan (renglón 2) y se dividen entre las horas acumulativas de trabajo (renglón 3), para obtener el costo de mantenimiento y reparación por hora acumulada.

Graficando los resultados vemos que si los únicos costos considerados fueran los de mantenimiento y reparaciones, habríamos de cambiar cada año nuestras máquinas (fig. 6).



LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES ACONSEJAN EL REEMPLAZO DE LA MAQUINA

Fig. 6

4. Costo de Máquina Parada

Conservadoramente, podemos considerar el valor de estos costos, como el equivalente al costo fijo de una máquina similar que sustituyera a la nuestra en caso de descompostura.

Decimos que es una manera conservadora, porque el hecho de que la máquina se pare por fallas mecánicas, ocasiona la mayoría de los casos que otras máquinas u otros frentes de producción se vean afectados. Por otra parte, es inoperante tener una máquina ociosa, exclusivamente para sustituir a la nuestra cuando esta falle.

Asimismo, no deben considerarse en este concepto, los tiempos en que la máquina se pare por factores ajenos a ella mismo, como pueden ser la falta de tramo, ó traslados de un frente a otro, o de una obra a otra.

En términos generales, se considera que la eficiencia de un equipo no es del 100%, y existe una regla empírica de considerar un 3% de diferencia para los dos primeros años y después una disminución del 2% durante seis años.

	1	2	3	4	5
Eficiencia o disponibilidad	97%	94%	92%	90%	88%
100% eficiencia	2000 hr	2000 hr	2000 hr	2000 hr	2000hr
Disponibilidad	1940	1880	1840	1800	1760

TABLA 7.

Los cálculos para la determinación del costo por máquina pa-

rada, se muestran en la tabla 8.

Considerando los porcentajes de disponibilidad descritos (renglón 1), se calculan las horas que tendríamos la necesidad de utilizar una máquina sustituto.

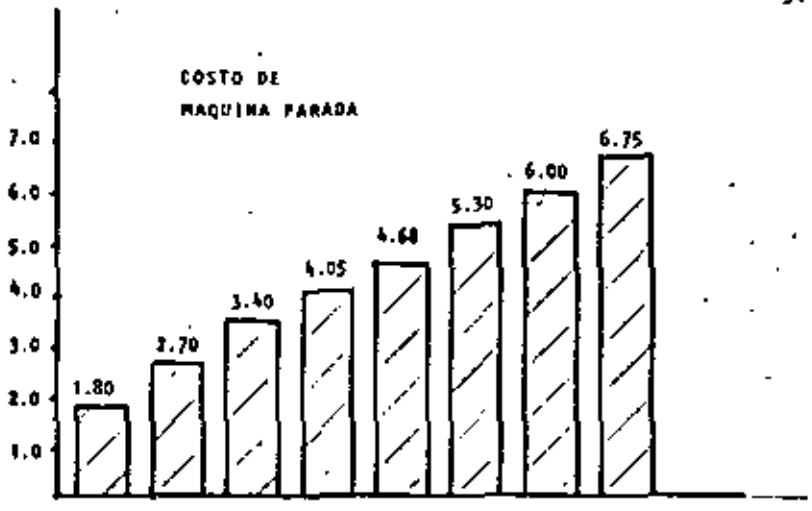
El costo de máquina parada, se calcula multiplicando las horas no trabajadas, por el costo de rentar una hora un equipo similar equivalente (renglón 4).

Estos costos se acumulan y se dividen entre las horas -- acumuladas, obteniendo el costo por hora acumulativa por concepto de máquina parada (renglón 7).

Al graficar los resultados, observamos que la recomendación sería cambiar la máquina cada año, si solamente tomásemos en cuenta este concepto (fig.7).

COSTO POR MAQUINARIA PARADA

CONCEPTO	AÑO 1	2	3	4	5	6	7	8
DISPONIBILIDAD	97%	94%	92%	90%	88%	86%	83%	80%
HORASIQUE SE - DEBENIRECOBRAR	60	120	160	200	240	280	340	400
COSTO POR CADA HORA	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00
COSTO DE TIEMPO PERDIDO	$3,600	$7,200	$9,600	$12,000	$14,400	$16,800	$20,400	$24,000
COSTO ACUMULATIVO DE TIEMPO PERDIDO	$3,600	10,800	20,400	32,400	46,800	63,600	84,000	108,000
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,[illegible]
COSTO ACUMULATIVO POR HORA DE TIEMPO PERDIDO	$1.80	$2.70	$3.40	$4.05	$4.68	$5.30	$6.00	$6.75



EL COSTO POR MAQUINA PARADA ACONSEJA
EL REEMPLAZO DE LA MAQUINA

Fig. 7

5. Costo por obsolescencia

Se considera en este factor, el efecto que producen las innovaciones tecnológicas; con el consecuente incremento en la capacidad de producción que puedan tener los equipos con mejoras de diseño.

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

Basándonos en lo anterior vamos a considerar 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 (tabla 9).

efectos adversos del equipo anticuado, son determinan-- como lo muestra la figura 8, que aconseja reemplazar el equipo año con año.

COSTO DE OBSOLESCENCIA

CONCEPTO	AÑO 1	2	3	4	5	6	7	8
INCREMENTO DE LA PRODUCCION				15%	15%	15%	30%	30%
HORAS QUE NECESITA PARA IGUALAR LA PRODUCCION DE UNA MAQUINA ULTIMO MODELO				300	300	300	600	600
COSTO POR HORA	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00	$60.00
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR AÑO				18,000	18,000	18,000	36,000	36,000
COSTO ACUMULATIVO DE OBSOLESCENCIA				18,000	36,000	54,000	90,000	126,000
HORAS DE TRABAJO ACUMULADAS	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR HORA ACUMULATIVA				$2.25	$3.60	$4.50	$6.43	$7.90

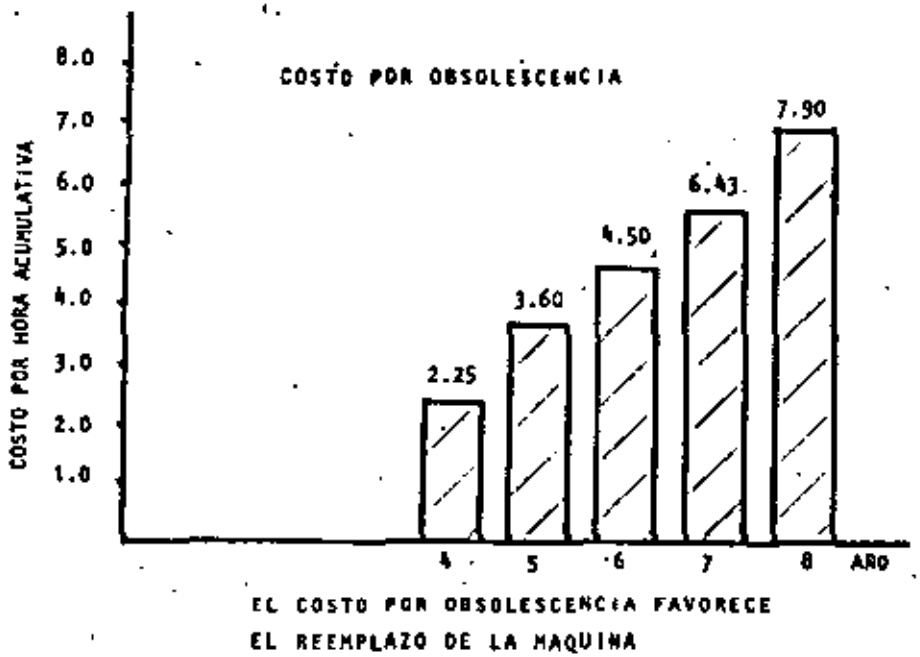


Fig. 8

S U M A R I O

Analizando el ejemplo, encontramos que algunos factores favorecen retener la máquina, mientras otros aconsejan reemplazarla cada año.

La tabla 10, muestra el resumen correspondiente a cada uno de los factores involucrados, mismos que se han graficado en la figura 9.

Del análisis de la gráfica, y el resumen correspondiente, se concluye que la máquina deberá ser reemplazada al final del tercer año. Esto no significa sino una guía en la política a seguir, pues habrá casos en que cambiar la máquina cada dos años sería más económico y otros en que el período pueda extenderse a más de tres.

S U M A R I O

F A C T O R E S	A Ñ O 1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION	$38.00	$35.50	$34.33	$33.00	$31.60	$30.17	$28.00	$26.37
COSTOS DE INVERSION	17.70	15.65	13.80	12.10	10.58	9.25	8.18	7.39
COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	4.75	6.77	8.58	10.16	11.79	13.33	15.11	16.96
COSTO POR TIEMPO PARADO DE LA MAQUINA	1.80	2.70	3.40	4.05	4.68	5.30	6.00	6.75
COSTOS DE OBSOLESCENCIA				2.25	3.60	4.50	6.43	7.90
TOTALES, COSTO ACUMULATIVO POR HORA	62.25	60.62	60.11	61.56	62.25	62.55	63.72	65.37

TABLA 10

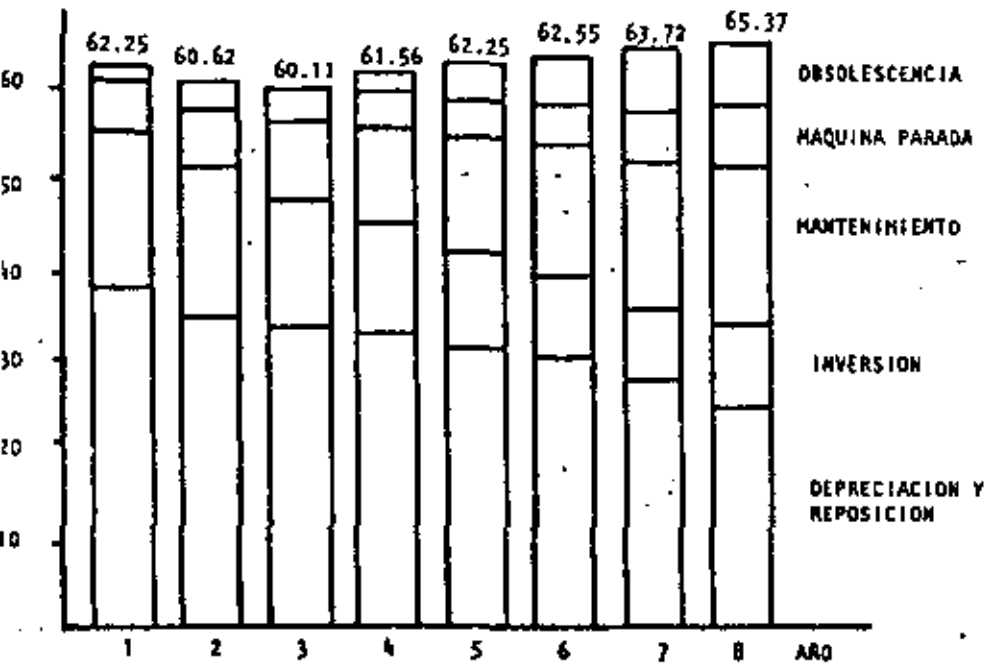


FIGURA 9

la tabla 11, muestra las pérdidas que ocasionaría el cam-
biar la máquina antes o después del año de reposición.

La diferencia en costo por hora de un año a otro puede -
parecer pequeña, pero debemos recordar que los costos ob-
tenidos son acumulativos, y que se acumulan 2000 horas p
cada año de operación; así que por ejemplo, los $1.45 dl
por hora que se pierden al reemplazar un año más tarde
máquina, en realidad significa una pérdida de $1.45 dlls
por 8000 horas acumuladas, que nos dan $8,700 dlls. de -
pérdida.

Asimismo, es posible incurrir en pérdidas si se reemplaz.
demasiado pronto, debido al efecto compuesto de los cos-
tos acumulativos por hora. Es importante hacer notar, -
que en términos generales, el propietario de una máquina
se verá afectado con pérdidas mayores si cambia su máqui
años más tarde que años antes. En conclusión, éstas pér
das se pueden evitar, llevando un registro de los costos
de cada máquina y aplicando los efectos de todos los fac
res ya descritos, correctamente.

AÑO DE REPOSICION	HORAS ACUMULADAS	COSTO ACUMULATIVO POR HORA	DIFERENCIA	PERDIDA
1er. AÑO	2,000 Hrs.	$ 62.25	$ 2.14	$ 4,280
2o. AÑO	4,000 Hrs.	60.62	0.51	2,040
3er. AÑO	6,000 Hrs.	60.11	AÑO MAS ECONOMICO PARA REPONER LA MAQUINARIA	
4o. AÑO	8,000 Hrs.	61.56	1.45	11,600
5o. AÑO	10,000 Hrs.	62.25	2.14	21,400
6o. AÑO	12,000 Hrs.	62.55	2.44	29,280
7o. AÑO	14,000 Hrs.	63.72	3.61	50,540
8o. AÑO	16,000 Hrs.	65.37	5.26	84,160

TABLA 11

METODO DEL VALOR ACTUALIZADO

En los ejemplos anteriores, hemos omitido tomar en cuenta el tiempo en que se gasta el dinero; lo cual no es correcto si pensamos que en algunas ocasiones habremos de pedirlo prestado y en otras nos abstendremos de utilizarlo en otro campo de actividad económica; en ambos casos, es necesario considerar un interés que represente "el costo del dinero".

Con el propósito de aplicar el método del valor actualizado al problema de reemplazo de equipo, desarrollemos primeramente las fórmulas que nos permitan actualizar las cantidades que intervienen, ya sea como ingresos o egresos, durante la vida útil del equipo de construcción que estamos analizando.

Es recomendable utilizar, en éste tipo de análisis, un diagrama E-R (egresos y recuperaciones) sobre el cual se señale el flujo de efectivos de una inversión propuesta, siguiendo la convención de asignar signo positivo o flecha ascendente a los ingresos, y signo negativo o flecha descendente a

los egresos, (esta consideración en algunos casos puede, por comodidad, invertirse) según se indica.

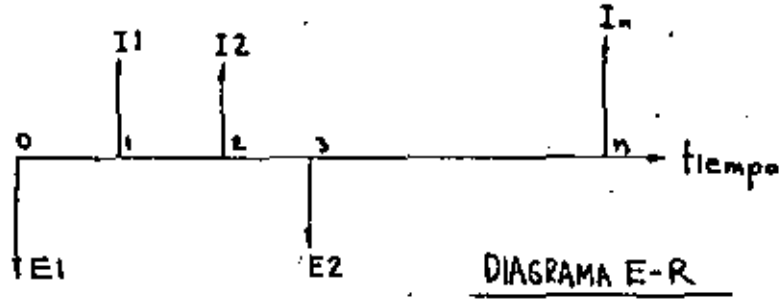
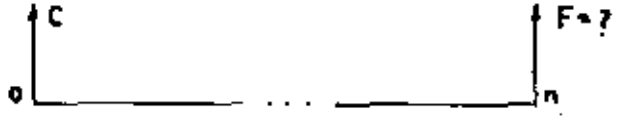


DIAGRAMA E-R

Atendiendo a lo anterior, podemos plantear la siguiente interrogante. ¿Cuál será el valor futuro "F" de una cantidad presente "C", al final de "n" períodos, a interés compuesto "i" ?



El valor cronológico de C, será:

Para el primer año $C_1 = C + iC = C(1 + i)$

Para el segundo año $C_2 = C_1 + i C_1 = C(1 + i) + iC(1 + i)$

$= C + iC + iC + i^2C$

$= C(1 + 2i + i^2) = C(1 + i)^2$

Por inducción, al final del enésimo período

$$C_n = C(1 + i)^n \quad , \quad \text{si } C_n = F$$

$$F = C(1 + i)^n \qquad (1)$$

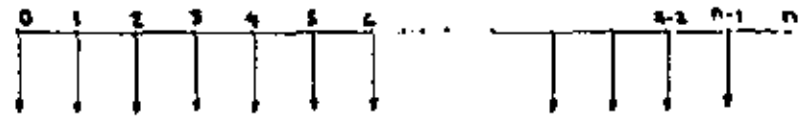
el factor $(1 + i)^n$ recibe el nombre de factor de valor futuro pago simple, y es el factor por el cual se multiplica un pago simple para obtener su monto capitalizado a una fecha futura específica.

Si de la ecuación 1, despejamos C:

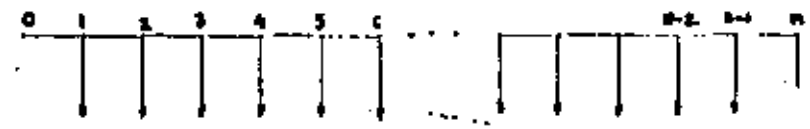
$$C = F \cdot \frac{1}{(1 + i)^n} \qquad (2)$$

El factor $\frac{1}{(1 + i)^n}$ recibe el nombre de factor de valor presente pago simple, y es el factor por el cual hay que multiplicar un pago futuro para obtener su valor actual. Obsérvese que, para tasas de interés mayores que cero, el valor presente siempre será menor que el valor futuro.

En algunos casos, es frecuente considerar lo que se conoce como serie uniforme de pagos; esto es, pagos de la misma magnitud que se realizan regularmente, ya sea al principio, o al final de cada uno de los períodos considerados:



SERIE UNIFORME DE PAGOS AL PRINCIPIO DE PERIODO



SERIE UNIFORME DE PAGOS AL FINAL DE PERIODO

Como veremos adelante, los gastos debido a mantenimiento y operación de la maquinaria, que en realidad se efectúan de manera irregular, pueden considerarse para efectos del estudio que nos ocupa, como realizados al final de cada período. El valor actual de una serie uniforme de pagos de final de período es, de acuerdo con la ecuación 2:

$$VA = X\left[\frac{1}{(1+i)}\right] + X\left[\frac{1}{(1+i)^2}\right] + \ldots\ldots + X\left[\frac{1}{(1+i)^n}\right]$$

Si llamamos $f = \frac{1}{1+i}$

$$VA = X\,f + f^2 + X\,f^3 + \ldots\ldots + X\,f^n \qquad (3)$$

Dividiendo la ecuación (3) entre f

$$\frac{VA}{f} = X + X\,f + X\,f^2 + \ldots\ldots + X\,f^{n-1} \qquad (4)$$

Restando (4) de (3)

$$\frac{VA}{f} - VA = X - X\,f^n$$

$$VA\left(\frac{1}{f} - 1\right) = X\,(1-f^n)$$

$$VA\left(\frac{1-f}{f}\right) = X\,(1-f^n)$$

$$VA = X\,\frac{f(1-f^n)}{1-f} \qquad (5)$$

El factor $\frac{f\,(1-f^n)}{1-f}$, se llama factor de valor actual serie uniforme, y es el factor por el cual habrá de multiplicarse la serie uniforme de pagos para obtener su valor presente.

Aplicando las consideraciones anteriores al problema de reemplazo de equipo, tenemos que si un equipo nuevo nos cuesta C y sus costos totales de utilización al cabo de 1,2,3, ..., n años es U, el costo total acumulado es:

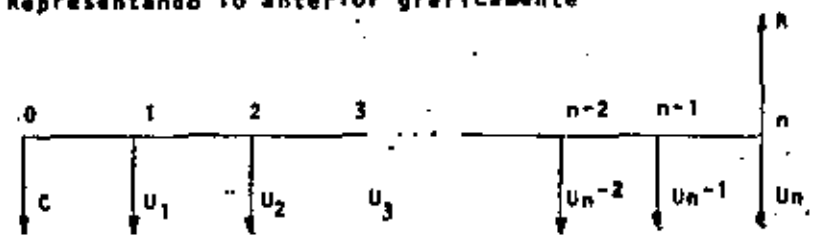
$C + U_1$ para el primer año

$C + U_1 + U_2$ para el segundo año

$C + U_1 + U_2 + U_3 + \ldots\ldots + U_n$ para el año n

Si el equipo se vende al cabo de "n" años, obtendremos por él un valor de rescate al que designaremos con R.

Representando lo anterior gráficamente



El valor actualizado de estas cantidades es:

$$VA = C + U_1 f^1 + U_2 f^2 + \ldots\ldots + U_n f^n - R\,f^n \quad \text{, o sea}$$

$$VA = C + \sum_{K=1}^{n} U_k f^k - R f^n$$

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

Dado que los costos erogados no se efectúan regularmente durante todos los años, sino de una manera irregular, el costo anual medio está dado en realidad por una cantidad X que habría que erogar durante n años para financiar este cargo VA, todo ello al final de cada período.

Esta cantidad X, será igual, según la fórmula (5) desarrollada anteriormente a:

$$X = VA \cdot \frac{1 - f}{f\ (1-f^n)}$$

Siendo $VA = C + \sum_{k=1}^{n} U_k\, f^k - R\, f^n$

El valor mínimo de éste cargo anual X es el que nos dará la selección conveniente del año económico de reemplazo.

Una manera práctica de aplicar lo anterior, es tabulando los valores involucrados, lo cual se presenta en la tabla 12, en la cual se ha considerado un interés del 10% . Al analizar los resultados, vemos que aun cuando los datos del ejemplo son semejantes al primer caso presentado en estas notas, el año económico de reemplazo se corre del quinto al sexto. Esto se explica si nos referimos a la figura 1, ya que al aplicar el valor actual del dinero las curvas de depreciación y mantenimiento cambian desplazando el punto de costo mínimo hacia la derecha.

Extrapolando este razonamiento; si aumentamos la tasa de interés, encontraremos que el año económico de reemplazo o sea la vida económica del equipo, se va alargando. Esto explica entre otros casos, la situación que se está dando actualmente: "Conservar casi indefinidamente la maquinaria de construcción".

METODO DE VALOR ACTUALIZADO

AÑO	C	R	U	f^k	Rf^n	$f^k u$	$\Sigma u f^k$	VP	t-f	$1-f^n$	$f(1-f^n)$	X
1	800	400	130	0.9091	364	118	118	554	0.0909	0.0909	0.0826	610
2	800	200	160	0.8264	165	132	250	885	0.0909	0.1736	0.1578	510
3	800	100	187	0.7513	75	140	390	1115	0.0909	0.2487	0.2261	448
4	800	50	240	0.6830	34	164	554	1320	0.0909	0.3170	0.2882	416
5	800	25	307	0.6209	15	191	745	1530	0.0909	0.3791	0.3446	403
6	800	25	373	0.5645	14	211	956	1742	0.0909	0.4355	0.3959	400
7	800	25	450	0.5132	13	231	1187	1974	0.0909	0.4868	0.4425	406
8	00	25	530	0.4665	12	247	1434	2222	0.0909	0.5335	0.4850	416

TABLA 12

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PRINCIPALES FACTORES EN LA SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

Ing Fernando Favela Lozoya

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

PRINCIPALES FACTORES EN LA SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

INTRODUCCION.- Durante el proceso de toma de decisiones para seleccionar de manera óptima el equipo de construcción, intervienen una serie de factores que, estando relacionados entre sí, nos obligan a un análisis cuidadoso y ponderado de cada uno de ellos.

En este período de selección, podemos distinguir claramente dos etapas: En la primera de ellas, habremos de seleccionar la máquina o conjunto de máquinas que desde el punto de vista técnico sean susceptibles de poder utilizarse. En este caso, los factores que deberán interesarnos son entre otros; volúmenes por ejecutar, calidad del material: (atacabilidad, propiedades volumétricas, estabilidad), geometría de la excavación, condiciones de la obra, etc.

Durante la segunda etapa, intervendrán importantemente factores tales como tipo de empresa, maquinaria con que cuenta, condiciones de mercado, costos de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, rendimientos, precio de reventa etc.

Cuando desde el punto de vista técnico dos o más equipos nos resuelven el problema, el análisis económico inclinará nuestra decisión hacia el empleo de alguno de ellos. Trataremos en esta parte, a manera de recordatorio, los factores relacionados con la primera etapa de selección.

VOLUMENES POR EJECUTAR

Los volúmenes por ejecutar, combinados con el plazo para la terminación de la obra, nos definirán la producción requerida.

Dicha producción dependerá de la capacidad de las máquinas empleadas y del programa para su utilización.

En la cuantificación de los volúmenes de material por mover, así como de las distancias económicas de acarreo, interviene el concepto de "Curva Masa", misma que explicaremos a continuación:

Curva Masa.- Es una gráfica dibujada en ejes cartesianos, donde las ordenadas representan volúmenes acumulados de excavación o relleno, según la línea sea ascendente o descendente, y las abscisas el cadenamiento sobre el eje del trazo.

La curva masa nos permite determinar la distribución económica de los volúmenes excavados y calcular el costo para llevar a cabo dicha distribución. Cuando el trazo no está obligado, (ya que si lo está este método no es de utilidad), el único impedimento para compensar rellenos y excavaciones, será la calidad de los materiales.

La curva se dibuja junto con el perfil del trazo, ya que el cadenamiento debe ir coincidiendo.

En la figura se muestra la forma típica de ordenar los datos antes mencionados, así como la curva masa resultante.

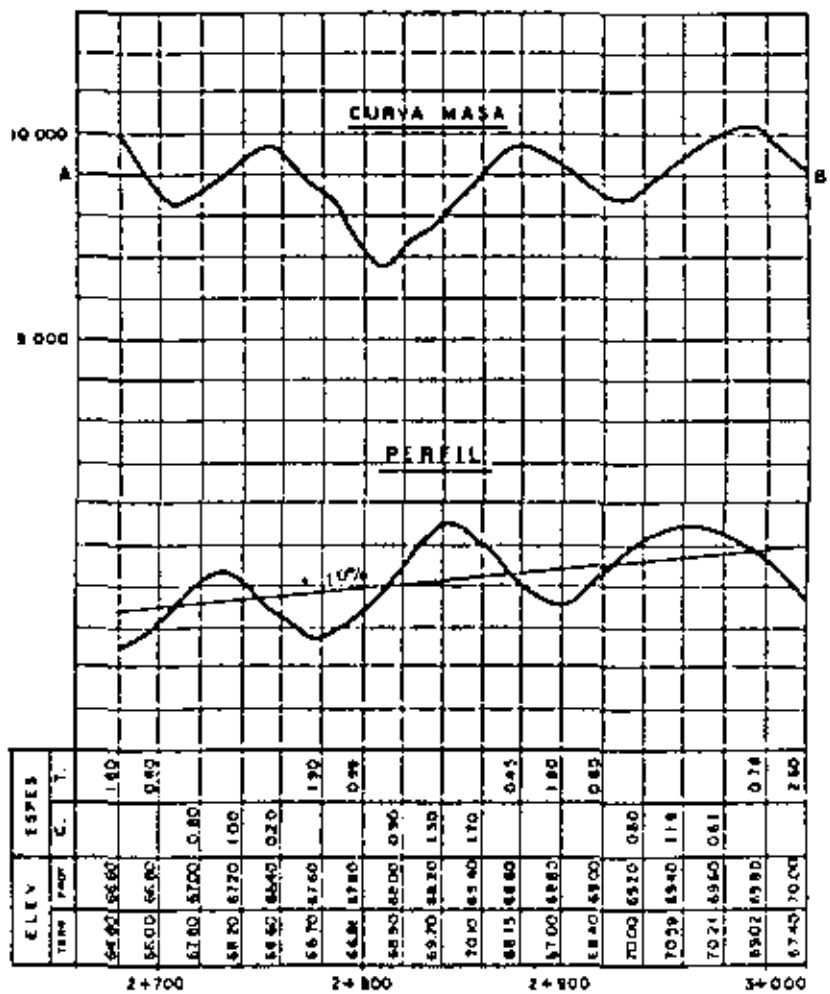
Camino _____

CURVA MASA _____ Residencia _____ 4

De Km _____ a Km _____ Campamento _____

De la hoja Núm. _____ Fecha _____ de 19 ____

ESTACION	ELEVACIONES		ESPESORES		AREAS		A1 + A2		Dist.	VOLUMEN		COEF. DE ABUL		VOLUMENES ACUMULADOS		SUMA ALGEBRAICA POR ARCOS		ORDENADA
	TERRENO	RASANTE	CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAP.		CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAP.	CORTE	TERRAPLEN	+ (C)	− (T)	CURVA MASA
2+680	64.60	66.60		1.80		18.2												10 000
700	66.00	66.80		0.80		8.5		27.1	100		271				271		271	9 729
720	67.80	67.00	0.80		4.5		4.5	8.9	100	45	89	1.2		54	89		35	9 694
734	66.55	67.14	1.41		7.1		11.6		70	81		1.2		97		97		9 791
740	66.20	67.20	1.00		5.2		12.3		30	37		1.2		44		44		9 835
760	66.60	66.40	0.20		1.4		6.6		100	66		1.2		79		79		9 914
780	65.70	67.60		1.90		22.0	1.4	22.0	100	14	220	1.2		17	220		203	9 711
800	66.81	67.80		0.99		6.4		28.4	100		284				284		284	9 427
820	66.50	68.00	0.90		5.2		5.2	6.4	100	52	64	1.2		62	64		2	9 425
840	69.70	68.20	1.50		8.3		13.5		100	135		1.2		162		162		9 587
850	70.92	68.30	2.62		14.8		20.1		50	100		1.2		120		120		9 707
860	70.10	68.40	1.70		9.7		20.5		50	103		1.2		124		124		9 831
880	69.15	68.40		0.45		2.4	8.7	2.4	100	87	24	1.2		104	24	80		9 911
900	67.00	68.60		1.60		6.5		6.7	100		67				67		67	9 844
920	68.40	69.00		0.60		2.8		9.1	100		91				91		91	9 753
940	70.00	69.20	0.80		4.1		4.1	2.8	100	41	28	1.2		49	28	21		9 774
960	70.59	69.40	1.19		5.7		9.8		100	98		1.2		118		118		9 892
980	70.21	69.60	0.61		5.4		9.1		100	91		1.2		109		109		9 981
3+000	69.02	69.60		0.78		5.1	3.4	5.1	100	34	51	1.2		41	51	10		9 991
020	67.40	70.00		2.60		11.4		14.5	100		145				145		145	9 846



PROPIEDADES DE LA CURVA MASA:

1).- Entre los límites de una excavación, la curva crece de izquierda a derecha: y decrece cuando hay terraplén.

2).- En las estaciones donde hay cambio de excavación a relleno (línea de paso), habrá un máximo, y viceversa; habrá un mínimo en los cambios de relleno a corte.

3).- Cualquier línea horizontal que corte a la curva masa, marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, que entre ellos el volumen de corte iguala al de terraplén.

4).- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representará el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.

5).- Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción, los acarreos de material se harán hacia adelante, y cuando la curva quede abajo, los acarreos serán hacia atrás.

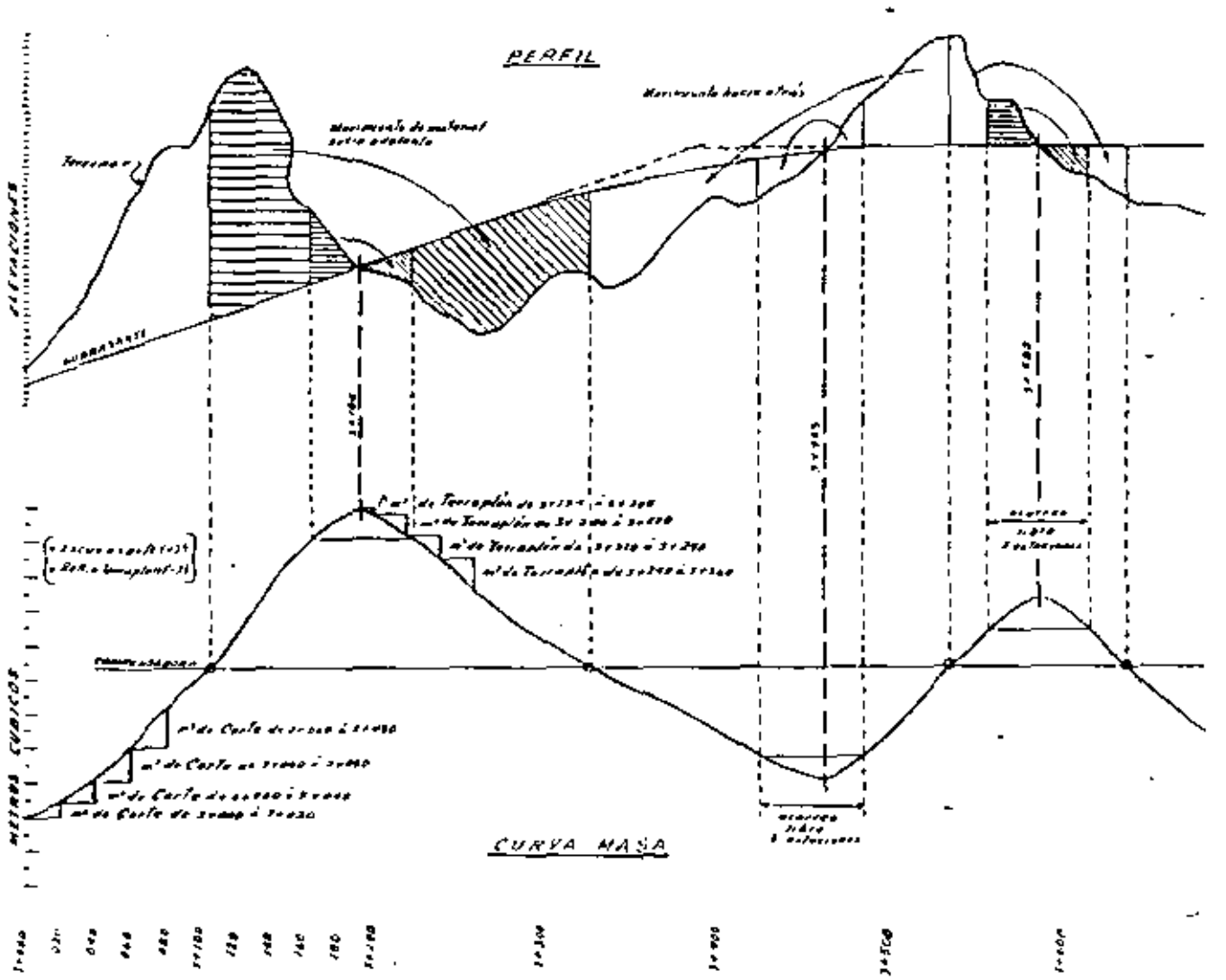
6).- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal cualquiera compensadora, es el producto de un volumen por una distancia, y nos representa el volumen por la longitud media de acarreo, lo que se expresa en metros cúbicos-estación (en éste caso,

el término "estación" no se refiere a un punto, sino al tramo de 20 metros entre estaciones consecutivas cerradas) pues en el lenguaje de vías de comunicación se dice por ejemplo, que un punto dista de otro ocho estaciones, o sea 160 metros, con el fin de facilitar la nomenclatura y los cálculos.

Al estudiar un tramo, pueden trazarse varias compensadoras según resulte la curva masa obtenida, y entre una y otra quedarán tramos sin compensación (es evidente que las mejores compensadoras serán las que corten mayor número de veces a la curva). En los tramos sin compensar; si la curva asciende, habrá un volumen de excavación excedente sin posibilidad de emplearlo para rellenar, esto es, un desperdicio; si la curva desciende, indicará que hace falta material para terraplén, que no podemos obtener de la excavación; en este caso debe traerse material de otro lado o sea: efectuar un préstamo.

Tanto los volúmenes de desperdicio como los de préstamo, se miden en el dibujo.

Teniendo como datos los volúmenes de cortes y terraplenes, las diversas distancias entre ellos y los costos de acarreo, se puede resolver cual es la forma óptima de los movimientos para que tengan el mínimo costo.


PERFIL
ELEVACIONES
CURVA MASA
METROS CUBICOS

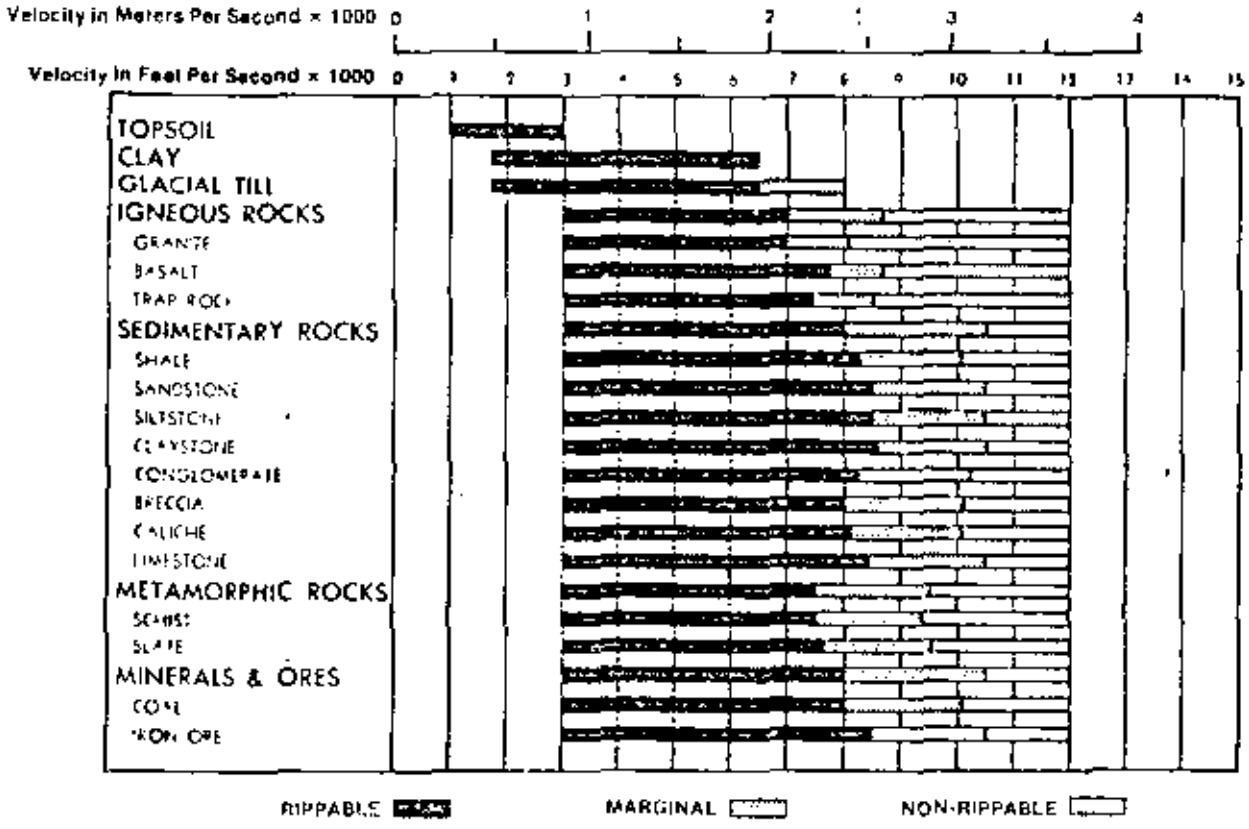
ATACABILIDAD:

Todo problema de movimiento de tierras, está condicionado esencialmente por la naturaleza del terreno por extraer, que determina entre otras cosas: el método de trabajo por adoptar, el tipo de máquinas a emplear, el rendimiento de las máquinas elegidas, y por tanto, el precio del movimiento de tierras.

Desde el punto de vista de las posibilidades de extracción, se distinguen dos grandes categorías de terrenos: Los terrenos sueltos, y los rocosos. Los terrenos sueltos, son aquellos que pueden extraerse sin disgregación previa; los rocosos, deben sufrir antes de su extracción, una disgregación, realizada algunas veces mediante explosivos, y otras mediante la acción de mazas rompedoras. A su vez, dentro de estas dos grandes categorías, se pueden establecer nuevas divisiones atendiendo a la consistencia y dureza del terreno.

En la literatura existente, se pueden encontrar diferentes clasificaciones de materiales en función de la mayor ó menor dificultad para excavarlos.

TYPICAL CHART OF RIPPER PERFORMANCE AS RELATED TO SEISMIC WAVE VELOCITIES



La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas por ejemplo contempla en sus Especificaciones -- Generales de Construcción la clasificación de los materiales para determinar la forma de pago.

En este sentido, se han realizado esfuerzos para tratar de definir de la mejor manera posible, la dificultad de extracción de los materiales, encontrándose que, a la fecha los mejores resultados se han logrado con la utilización de métodos geosísmicos que permiten elaborar gráficas de arabilidad como la que se muestra en la figura.

En otro orden de ideas, podemos señalar que la dificultad para excavar un material depende no solamente de su dureza, sino también de su formación estratigráfica, -- siendo las rocas en estratos gruesos y compactos más - duros y difíciles de extraer, que las rocas que se encuentran en capas delgadas y fisurables.

METODOS GEOSISMICOS PARA DETERMINAR LA ATACABILIDAD

Estos métodos, utilizan la velocidad de propagación de las ondas elásticas como parámetro característico de la naturaleza del terreno. Se llaman ondas elásticas o sísmicas, a aquellas que se transmiten cuando un punto del terreno sufre una sacudida.

Hay dos métodos: Método sísmico por reflexión, y método sísmico por refracción.

El primero, consiste en producir una sacudida en el suelo y medir el tiempo necesario para la propagación de la onda entre el punto en que ésta se ha producido y los captores superficiales próximos a este punto, después de su reflexión entre dos capas del terreno de diferente naturaleza. Como captores, se utilizan cierto número de sismógrafos.

Este método por reflexión, da resultados más exactos que el otro, pero exige que la sacudida se produzca a una profundidad considerable, siendo por tanto de utilidad en investigaciones petrolíferas; para estudios a pequeña profundidad, es más fácil el empleo del método sísmico por refracción, cuyo principio fundamental puede exponerse someramente como sigue:

Consideremos dos terrenos homogéneos horizontales separados por una superficie horizontal MN. Si se produce una sacudida en un punto 0 de la superficie, da lugar a un tren de ondas esféricas. Como en óptica, pueden considerarse rayos normales a las superficies de los puntos de ondas y que se propagan a una velocidad V_1 en el terreno superior de altura H, refractándose después en la línea de separación MN, y propagándose en el terreno inferior a una velocidad V_2. Aquí, se hace la hipótesis de que V_2 , es superior a V_1. Primeramente puede escribirse como en óptica:

$$\frac{\text{SEN } i_1}{\text{SEN } i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

También como en óptica, hay un ángulo de incidencia límite tal que:

$$\text{SEN } 1_o = \frac{V_1}{V_2}$$, a partir del cual hay reflexión total, pero en este caso el fenómeno sísmico no obedece ya a las leyes de óptica, sino que parece que el rayo límite se desplazara en la superficie de contacto entre los dos medios, dando lugar en todos los puntos de ésta, a rayos en reflexión total como -- A'A, B'B, etc. Este fenómeno, demostrado por la experiencia, puede al parecer demostrarse matemáticamente.

Siendo así, el tiempo exigido por la onda directa para recorrer el trayecto $\overline{OA} = x$, es igual a:

$$t = \frac{x}{v_1}$$

El tiempo invertido por el rayo que ha sufrido la reflexión total para recorrer el camino $\overline{OMA'A}$ vale:

$$t_2 = \frac{2\,\overline{OM}}{v_1} + \frac{\overline{MA'}}{v_2} = \frac{x}{v_2} + \frac{2H\cos i_0}{v_1}$$

Se comprueba que para:

$$x > 2H\sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} = x_0$$

Se tiene: $t_2 < t_1$

Es decir, que la onda refractada llega antes que la onda directa.

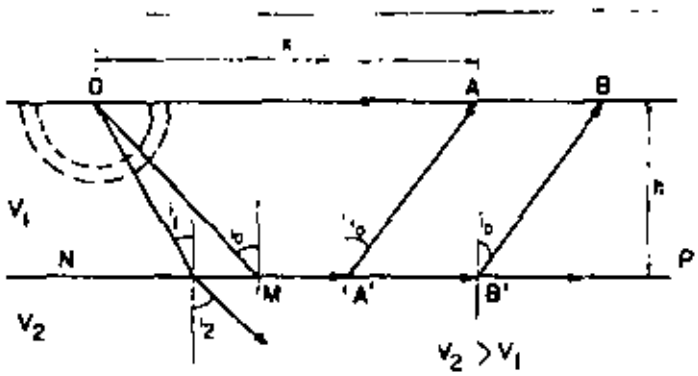
Para $x = x_0$ se tiene $t_1 = t_2$; de la relación procedente se obtiene:

$$H = \frac{x_0}{2}\sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

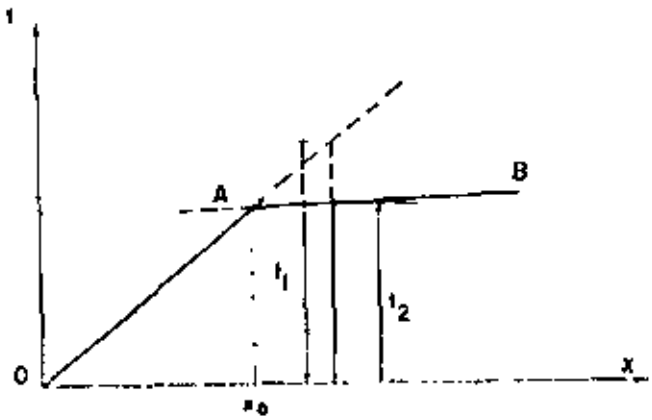
conociendo V_1 y V_2 y determinando experimentalmente x_0, se puede obtener H.

Esta teoría, es aplicable a varias capas, entendiéndose que las velocidades de las diferentes capas crecen desde la superficie hacia abajo. El método operatorio, puede resumirse de la forma siguiente: Sobre una misma alineación, se dispone cierto número de sismógrafos y se provoca en un punto la perturbación inicial mediante una carga de explosivos. Se registran en una misma banda las ondas recibidas por los diferentes simógrafos, así como el momento del impulso eléctrico que provoca la explosión para obtener el tiempo origen.

Se mide en los sismogramas el tiempo transcurrido hasta que el sismógrafo ha recibido la primera onda y se traza el gráfico de tiempos en función de las distancias de los sismógrafos a la perturbación inicial, gráfico que se aproxima mucho a una recta, ver figura anexa.



METODO SISMICO POR REFRACCION



GRAFICA DE LOS TIEMPOS DE PROPAGACION

La parte OA, corresponde para la primera onda a

$$X < X_o$$

La parte AB, corresponde para la primera onda percibida

a $$X > X_o$$

Las dos curvas se cortan en A, que da x_o.

La pendiente de OA, da V_1

La pendiente de AB, da V_2

Se observa que las velocidades de propagación tienen - valores poco variables de un lugar a otro para una misma roca compacta, aumentando la velocidad con la profundidad.

ABUNDAMIENTO

Cuando un suelo se excava, acarrea y se coloca o cuando se fragmenta roca, sufre cambios considerables en su volumen. Debido a estos cambios es necesario especificar si el volumen se mide en estado natural, en estado suelto o en rellenos después de su colocación.

El volumen en banco, es el volumen del material medido "in situ", o sea en estado natural antes de su explotación. El volumen en estado suelto es el volumen del material después de que ha sido quitado de su estado natural y depositado en montones, camiones o escrepas. El volumen de relleno es el volumen del material después de que ha sido colocado y compactado.

El incremento del volumen del material debido a su explotación, se define como Abundamiento (A) y se expresa como porcentaje del volumen en banco. Los valores de abundamiento varían considerablemente para diferentes tipos de materiales. Para convertir los m^3 en banco a m^3 sueltos, la medida se aumenta en el porcentaje de Abundamiento.

$$A(\%) = \left[\frac{\text{Vol. Banco}}{\text{Vol. Suelto}} - 1\right] 100$$

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el Abundamiento en función de pesos volumétricos, que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$A(\%) = \left[\frac{B-S}{S}\right]100 = \left[\frac{B}{S} - 1\right]100$$

donde:

B = peso volumétrico en banco

s = peso volumétrico suelto

Ejemplo: Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1780 kg/m^3 y su peso volumétrico suelto es de 1630 kg/m^3 su abundamiento será de:

$$A(\%) = \left[\frac{1780}{1630} - 1\right]100 = 0.092 \times 100 = 9.2\ \%$$

FACTOR DE ABUNDAMIENTO

Por la dificultad de cubicar el material en banco, se acostumbra hacer la conversión en el papel, de m^3 sueltos que se están acarreando a m^3 en banco.

$$FA = \frac{1\ m^3\ banco}{1\ m^3\ banco + \%\ Abundamiento}$$ ejemplo si el -

abundamiento es del 25%

$$FA = \frac{1}{1 + 0.25} = \frac{1}{1.25} = 0.8 \text{ o } 80\%$$

REDUCCION VOLUMETRICA

Cuando se coloca tierra en un relleno y se compacta con los métodos de construcción modernos, usualmente se tendrá un volumen menor que en su estado natural. Esta reducción en volumen es el resultado del incremento del peso volumétrico. Esta reducción del volumen a partir del volumen medido en banco se define como Reducción Volumétrica y se expresa como porcentaje de volumen original inalterado.

$$RV(\%) = \left[\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{Factor de Contracción (FC)} = \frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} \quad \text{ó}$$

$$\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en } m^3 \text{ sueltos} \times FA}$$

Porcentaje de Contracción (% C)=(1.00 - FC) x 100

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el coeficiente de Reducción Volumétrica en función de pesos volumétricos que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$RV(\%) = \left[\frac{T - B}{T}\right] 100 = \left[1 - \frac{B}{T}\right] 100$$

donde:

T = peso volumétrico en terraplén

B = peso volumétrico en banco

Ejemplo : Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1630 kg/m^3 y su peso volumétrico en terraplén es de 1820 kg/m^3 su Reducción volumétrica será de:

$$RV(\%) = \left[1 - \frac{1630}{1820}\right] 100 = (0.1043)\ 100 = 10.43\%$$

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

METODOS DE SELECCION DE EQUIPO

Ing Fernando Favela Lozoya

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

DESARROLLO DE UN PROBLEMA

EL PROBLEMA HA SIDO SIMPLIFICADO PARA FACILITAR SU USO DIDACTICO.

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE-- TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M^3, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3 1/2 YD^3, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PER-- FECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 370 METROS.

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX TS - 14

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO EN BANCO	1600 KG/M^3
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA	15 M^3
PESO DE LA MAQUINA VACIA	24.1 TON
PESO DE LA MAQUINA CARGADA	24.1 + 1.6 x 0.8 x 15 = 43.3 TON
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	$ 1,330.65

(VER LA SIGUIENTE HOJA)

MOTOESCREPAS DE TIRO Y EMPUJE

CONSTRUCTORA X	Máquina: Motoescrepa	Hoja No: 1/2
	Modelo: Terex TS-14	Calculó: DMS
	Datos Adic:	Revisó: F.F.L.
OBRA: Movimiento de Tierras		Fecha: Mayo 1979

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 5'195,830.00	Fecha cotización:	Mayo/79
Equipo adicional - Llantas	355,000.00	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2000 hr/año
		Motores Diesel de	160 HP.
Valor inicial (Va):	4'840,830.00	Factor operación:	0.70
Valor rescate (Vr): 10 %	=$ 519,583.00	Potencia operación:	2 x 0.70x160 HP. op.
Tasa interés (i): 18 %		Coeficiente almacenaje (K):	0.10
Prima seguros (s): 2 %		Factor mantenimiento (Q):	0.75

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{4840830 - 519583}{10\ 000} = \$\ 432.12$

b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{4840830 + 519583}{2 \times 2000} \times 0.18 = 241.22$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} s = \frac{4840830 + 519583}{2 \times 2000} \times 0.02 = 26.80$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.10 \times 432.12 = 43.21$

e) Mantenimiento: $M = QD = 0.75 \times 432.12 = 324.09$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 1,067.44

Hoja No. 2/2

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 224 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 44.80

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 2 x 16 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 224$ HP. op. = 1.1 lt/hr.

L = 1.1 lt/hr x $ 11.50 /lt. = 12.65

d) Llantas: $Ll = \frac{VII}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 2 500 horas

$Ll = \frac{355\ 000}{2\ 500 \text{ horas}}$ = 142.00

Suma Consumos por Hora $ 199.45

III. OPERACION.

Salario base : $ 240.00

Salario real - operador : 382.55

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 382.55

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 382.55}{6.00 \text{ horas}}$ =$ 63.76

Suma Operación por Hora $ 63.76

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 1,330.65

S O L U C I O N

A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO : 15 kg/por cada tonelada 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 deformación de llantas, fricciones internas, -- etc., tendremos :

RESISTENCIA AL RODAMIENTO = 30 + 20 = 50 kg/ton M

B. RESISTENCIA POR PENDIENTE: 10 kg/ton M por cada 1%

Para el tramo en estudio :

4% x 10 = 40 kg/ton M

C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA = 50 - 40 = 10 kg/ton M

D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO = 50 + 40 = 90 kg/ton M

E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA

a) Máquina cargada = 10 x 43.3 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 90 x 24.1 = 2.2 ton

F. CORRECION POR ALTITUD: $\frac{500 \text{ m} \times 1\% \text{ por cada } 100\text{m}}{100} = 5\%$

por tanto, habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

a) Máquina cargada = 0.4 x 1.05 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 2.2 x 1.05 = 2.3 ton.

Con estos datos, se entra a la gráfica proporcionada por el fabricante, la cual se anexa al final del problema. Anexo A

G. VELOCIDADES:

a) Máquina cargada = 37 km/h (6a. velocidad)

b) Máquina vacía = 26 km/h (5a. velocidad)

H. VELOCIDADES MEDIAS: 0.65 x VELOCIDAD

a) Máquina cargada = 25 km/h

b) Máquina vacía = 17 km/h

I. TIEMPOS :

a) Máquina cargada = 0.9 min

b) Máquina vacía = 1.3

Tiempo fijo = 1.3

Total = 3.5 min

J. COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO, EN BANCO :

Tiempo total = 3.5 min

Número de viajes por hora = $\frac{60}{3.5}$ = 17.1

Capacidad de la motoescrepa en banco = 15 x 0.8 = 12 m^3

Producción = 17.1 x 12 = 205.2 m^3/h

$$\text{Costo por } m^3 = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción real}} = \frac{1330.65}{205.2 \times 0.75} = \underline{\underline{8.65}}$$

CALCULO DEL COSTO POR M^3 DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL MICHIGAN MODELO 8-111-A Y CAMIONES

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M^3
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M
CAMION ALQUILADO A	\$ 4.50 + 3.00/M^3 ABUND.
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CUCHARON	3.5 YD^3
COSTO DIRECTO HORA-MAQUINA	\$ 851.66

(DESARROLLADO EN LA HOJA SIGUIENTE)

CONSTRUCTORA X	Máquina: Cargador Frontal	Hoja No: 1/2
	Modelo: Michigan	Calculó: RMS
OBRA: Movimiento de Tierras	Datos Adic: 3.5 yd^3	Revisó: F.F.L.
		Fecha: Mayo 1979

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 2'757,976.00	Fecha cotización:	Mayo/79
Equipo adicional - Llantas	163,143.00	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2000 hr/año
		Motores Diesel de	290 HP.
Valor inicial (Va):	2'594,833.00	Factor operación:	0.70
Valor rescate (Vr): 10%	=$ 275,797.60	Potencia operación:	203 HP. op.
Tasa interés (i): 18%		Coeficiente almacenaje (K):	0.10
Prima seguros (s): 2%		Factor mantenimiento (Q):	1.00

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2594833 - 275798}{10\ 000} = \$\ 231.90$

b) Inversión: $I = \frac{Va + Vr}{2Ha} i = \frac{2594833 + 275798}{2 \times 2000} \times 0.18 = 129.18$

c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2\ Ha} s = \frac{2594833 + 275798}{2 \times 2000} \times 0.02 = 14.35$

d) Almacenaje: $A = KD = 0.10 \times 231.90 = 23.19$

e) Mantenimiento: $M = QD = 1.00 \times 231.90 = 231.90$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 630.52

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

Diesel : E = 0.20 x 203 HP. op. x $ 1.00/lt. =$ 40.60

Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____/lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = 30 litros

Cambios aceite : t = 100 horas

$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times$ 203 HP. op. = 1.0 lt/hr.

L = 1.0 lt/hr x $ 11.50 /lt. = 11.50

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)

Vida económica: Hv = 1500 horas

$Ll = \frac{163\,143}{1\,500 \text{ horas}}$ = 108.76

Suma Consumos por Hora $ 160.86

II. OPERACION.

Salario base : $ 225.00

Salario real - operador : 361.65

_____ : _____

_____ : _____

Sal/turno-prom: $ 361.65

Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

Operación = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$\ 361.65}{6.00 \text{ horas}}$ =$ 60.28

Suma Operación por Hora $ 60.28

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 851.66

S O L U C I O N

CAPACIDAD DEL CUCHARON = 3.5 x 0.76 = 2.7 M^3

FACTOR DE CARGA = 1.0

VOLUMEN POR CICLO = 2.7 M^3 x 0.8 = 2.1 M^3/CICLO

TIEMPO DEL CICLO (CICLO BASICO) 35.0 SEG = 0.58 MIN

$$\frac{35 \text{ SEG}}{60 \text{ SEG}} = 0.58 \text{ MIN}$$

$$\text{CICLOS/HORA} = \frac{60 \text{ MIN/HORA}}{0.58 \text{ MIN/CICLO}} = 103 \text{ CICLOS/HORA}$$

PRODUCCION = 2.1 M^3/ CICLO x 103 CICLOS/HORA

= 216 M^3/H

$$\frac{851.66}{216 \times 0.75} = 5.26$$

COSTO ACARREO

$$\frac{4.50}{0.8} = 5.63$$

COSTO TOTAL

CARGA —— 5.26

ACARREO—— 5.63

10.89

QUINCE DIAS DESPUES, EL SUPERINTENDENTE LLEGA CON EL GERENTE A PLANTEARLE LA SOLUCION Y SE ENCUENTRA CON QUE EL GERENTE LE ENVIA LOS -- CARGADORES, A PESAR DE LA DEMOSTRACION DE LA BONDAD DEL USO DE LAS - MOTOESCREPAS Y EL FUERTE AHORRO EN DINERO. A INSISTENCIA DEL SU - - PERINTENDENTE CONFIESA QUE SE COMPROMETIO 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 :

GANANCIA NETA DE MOTOESCREPA/MES = 20,000

TIEMPO DE EJECUCION : 2 x 6 x 2 x 25 x 1 62 = 97,200 M^3/MES

$$\frac{800\ 000}{97,200} = 8.2 \text{ MESES}$$

GANANCIA TOTAL = 8.2 x 6 x 20,000 = 984,000

GANANCIA / M^3 = $\frac{984,000}{800,000}$ = 1.23

RESTANDO AL COSTO DE CARGADOR + CAMIONES 1.23 TENDREMOS COMO COSTO NETO, TOMANDO EN CONSIDERACION LA UTILIDAD DE LA RENTA :

$$10.89 - 1.23 = 9.66$$

LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI :

MOTOESCREPAS	8.65
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66

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 DURA -- CION DE LA OBRA, PUES NO HA CONSIDERADO TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO DE EJE-- CUCION.

No. DE HORAS TRABAJADAS	FACTOR EFICIENCIA	COSTO REAL	TIEMPO DE EJECUCION (MESES)
300	0.75	9.66	8.2
* 280	0.75	9.57	8.8
260	0.75	9.47	9.5
240	0.75	9.34	10.3
220	0.75	9.21	11.2
200	0.75	9.04	12.3
180	0.75	8.83	13.7
160	0.75	8.58	15.4

* Ejemplo de cálculo :

2 x 280 x 162 =90,720

$$\frac{800\ 000}{90\ 720} = 8.8 \text{ MESES}$$

$$8.8 \times 6 \times 20\ 000 = 1'056,000$$

$$\frac{1\ 056\ 000}{800\ 000} = 1.32$$

$$10.89 - 1.32 = 9.57$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVENGA EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 15.4 MESES O SEA 7 MESES MAS (88% MAS DEL TIEMPO PLANEADO).

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLINARA POR SU DECISION ORIGINAL.

AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTA OBLI - GADO A OCUPAR CAMIONES ¿QUE SUCEDE SI COMPRA LA EMPRE- SA LOS CAMIONES?

HACE EL SIGUIENTE ANALISIS.

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

DATOS :

MATERIAL	LIMO ARENOSO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M^3
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CAMION	6 M^3
COSTO DIRECTO HORA-CAMION	187.84
VELOCIDAD PROMEDIO DE IDA	15 KM/H
VELOCIDAD PROMEDIO DE REGRESO	30 KM/H

TIEMPO DEL CICLO

DE IDA : $t = \frac{370 \times 60}{15000} = 1.5$ MIN

DE REGRESO : $t = \frac{370 \times 60}{30000} = 0.74$MIN

TOTAL = 2.24MIN

CONSTRUCTORA X	Máquina: Camión Volteo	Hoja No: 1/2
	Modelo:	Calculó: EMS
OBRA: Movimiento de Tierras	Datos Adic: Cap. =6.00 m^3	Revisó : F.F.L.
		Fecha : Mayo 1979

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	$ 375,000.00	Fecha cotización:	Mayo/79
Equipo adicional - Llantas (6)	23,364.00	Vida económica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2000 hr/año
		Motores Diesel de	210 HP.
Valor inicial (Va):	351,636.00	Factor operación:	0.70
Valor rescate (Vr):	% =$	Potencia operación:	147 HP. op.
Tasa interés (i) :	18 %	Coeficiente almacenaje (K):	0.10
Prima seguros (s):	2 %	Factor mantenimiento (Q):	0.90

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{351\,636 - 0}{10\,000} = \$\ 35.16$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha}\,i = \frac{351\,636 + 0}{2 \times 2000} \times 0.18 = 15.82$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2\,Ha}\,s = \frac{351\,636 + 0}{2 \times 2000} \times 0.02 = 1.76$

d) Almacenaje : $A = KD = 0.10 \times 35.16 = 3.52$

e) Mantenimiento : $M = QD = 0.90 \times 35.16 = 31.64$

Suma Cargos Fijos por Hora $ 87.90

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc
Diesel : E = 0.20 x 147 HP. op. x $ 1.00 /lt. =$ 29.40
Gasolina: E = 0.24 x _____ HP. op. x $ _____ /lt. =

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe
Capacidad carter: C = 6 litros
Cambios aceite : t = 70 horas

$$a = C/t + \begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases} \times 147 \text{ HP. op.} = 0.60 \text{ lt/hr.}$$

L = 0.60 lt/hr x $ 11.50 /lt. = 6.90

d) Llantas: $Ll = \frac{Vll}{Hv}$ (valor llantas) / (vida económica)
Vida económica: Hv = 1500 horas

$$Ll = \frac{23,364}{1\,500 \text{ horas}} = 15.58$$

Suma Consumos por Hora $ 51.88

II. OPERACION.

Salario base : $ 180.00
Salario real - operador : 288.36
_____ : _____
_____ : _____
Sal/turno-prom:$ 288.36
Horas/turno-prom.: (H)

H = 8 horas x 0.75 (factor rendimiento) = 6.00 horas

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$\ 288.36}{6:00 \text{ horas}} = \$\ 48.06$$

Suma Operación por Hora $ 48.06

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) $ 187.84

TIEMPO DEL CICLO DEL CARGADOR $\frac{35 \text{ SEG}}{60 \text{ SEG}} = 0.58$ MIN

PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M^3 SON NECESARIOS 3 CICLOS DE - OPERACION DEL CARGADOR; ES DECIR, SON NECESARIOS ---------- 0.58 MIN x 3 = 1.74 MIN PARA CARGAR 6.0 M^3 .

TIEMPO DE DESCARGA = 30 SEG = 0.5 MIN

TIEMPO TOTAL DEL CICLO DEL CAMION =2.24 + 1.74 + 0.5 = 4.48 MIN

NUMERO DE VIAJES POR HORA

$$\frac{60 \times 0.75}{4.48} = \frac{45}{4.48} = 10.04$$

VOLUMEN POR HORA 10.04 x 6.0 = 60.24 M^3

COSTO POR M^3 $\frac{187.84}{60.24 \times 0.8} = 3.90$

NUMERO DE CAMIONES

PRODUCCION DEL CARGADOR 216 x 0.75 = 162 M^3

$$\frac{162}{48.19} = 3.36 = 4 \text{ CAMIONES}$$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$\frac{4}{3.36} = 1.19$$

3.90 x 1.19 =$4.64

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA

ACARREO = 4.64

CARGA = 5.26

TOTAL =$9.90

LE RESULTAN PUES LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS

A) MOTOESCREPAS	8.65
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
C) IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS	9.90
E) IGUAL A D) RENTANDO MOTOESCREPAS	8.67

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 DESPUES. EL SUPERINTENDENTE QUE TRATA DE USAR SUS CONOCIMIENTOS EN ESTADISTICA ANALIZA LOS DATOS DE CAMIONES QUE USO 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	0.16
27	2	.34
15	3	.20
12	4	.15
12	5	.15
79		1.00

ENCUENTRA TAMBIEN QUE SE HAN VENDIDO EN LA FORMA SIGUIENTE

	% VALOR DE ADQUISICION
1	50
2	35
3	25
4	20

CON ESTO ENCUENTRA LOS VALORES DE DEPRECIACION REAL POR HORA DEL CA - MION

SI SE VENDE AL FINAL DEL AÑO	VALOR DEPRECIADO	No. HORAS	DEPRECIACION POR HORA
1	175,818	2000	87.91
* 2	228,563	4000	57.14
3	263,727	6000	43.95
4	281,309	8000	35.16
5	351,636	10 000	35.16

* 351,636 x 0.65 = 228,563

COSTO DE HORA MAQUINA

AÑO	COSTO/HORA	COSTO ACARREO	PROBABILIDAD	
1	240.59	5.94	.16	0.95
2	209.82	5.18	.34	1.76
* 3	196.63	4.86	.20	0.97
4	187.84	4.64	.15	0.70
5	187.84	4.64	.15	0.70
		VALOR ESPERADO		5.08

(NO SE HA TOMADO EN CUENTA EL AUMENTO EN INTERESES DE LA INVERSION)

* 187.84 - 35.16 + 43.95 = 196.63

ACARREO ESPERADO	- 5.08
CARGA	5.26
	10.34
- UT. MOTOESCREPAS	1.23
	9.11

LAS ALTERNATIVAS SON

A)	MOTOESCREPAS	8.65
B)	CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	10.89
C)	IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.66
D)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	9.90*
E)	IGUAL A D) RENTANDO MOTOESCREPAS	8.67*
F)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADISTICO)	10.34
G)	IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.11

* CONDICIONADOS.

EL GERENTE POR FIN ACEPTA LA PROPOSICION DEL SUPERINTEN

DENTE. 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 INVERSION

EN LA COMPRA DE 8 CAMIONES.

CONSIDERA QUE LOS CAMIONES SE AMORTIZARAN TOTALMENTE EN

LA EMPRESA.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO

PAVIMENTADO

VELOCIDAD DE IDA 20 KM/H

VELOCIDAD DE REGRESO 35 KM/H

DE IDA : $t = \frac{370 \times 60}{20\ 000} = 1.11$ MIN

DE REGRESO: $t = \frac{370 \times 60}{35\ 000} = 0.63$

TOTAL = 1.74 MIN

TIEMPO TOTAL DEL CICLO = 1.74 + 1.74 + 0.5 = 3.98 MIN

NUMERO DE VIAJES POR HORA $\frac{45}{3.98} = 11.31$

VOLUMEN POR HORA $11.31 \times 6 = 67.86\ M^3$

COSTO POR M^3 $= \frac{187.84}{67.86 \times 0.8} = \$\ 3.46$

NUMERO DE CAMIONES $= \frac{\text{PRODUCCION DEL CARGADOR}}{\text{VOL. POR HORA X COEF. DE ABUNDAMIENTO}}$

$\frac{162\ M^3}{54.29} = 2.98 = 3$ CAMIONES

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES :

$$\frac{3}{2.98} = 1.01$$

$$3.46 \times 1.01 = 3.49$$

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA

ACARREO	=	3.49
CARGA	=	5.26
		$ 8.75

- UT. MOTOESCREPAS	$ 1.23
	$ 7.52

AL COTIZAR EL PAVIMENTO ENCUENTRA QUE UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A ESE TIPO DE TRABAJO LE PLANTEA UN PRESUPUESTO DE $ 600,000.00. EL COSTO POR M^3 ES DE

$$\frac{600,000}{800,000} = 0.75$$

EL COSTO TOTAL ES PUES

	7.52
+	0.75
	$ 8.27

LA ALTERNATIVAS SON

A)	MOTOESCREPAS	8.65
B)	CARGADOR Y CAMION ALQUILADO	10.89
C)	IGUAL A B) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	9.66
D)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	9.90
E)	IGUAL A D) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	8.67
F)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADISTICO)	10.34
G)	IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	9.11
H)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS PAVIMENTADO EL CAMINO Y RENTANDO MOTOESCREPAS	8.27

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, $ 600,000 QUE NO RECUPERA- RA SINO HASTA LA TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA- EN EL CONTRATO.

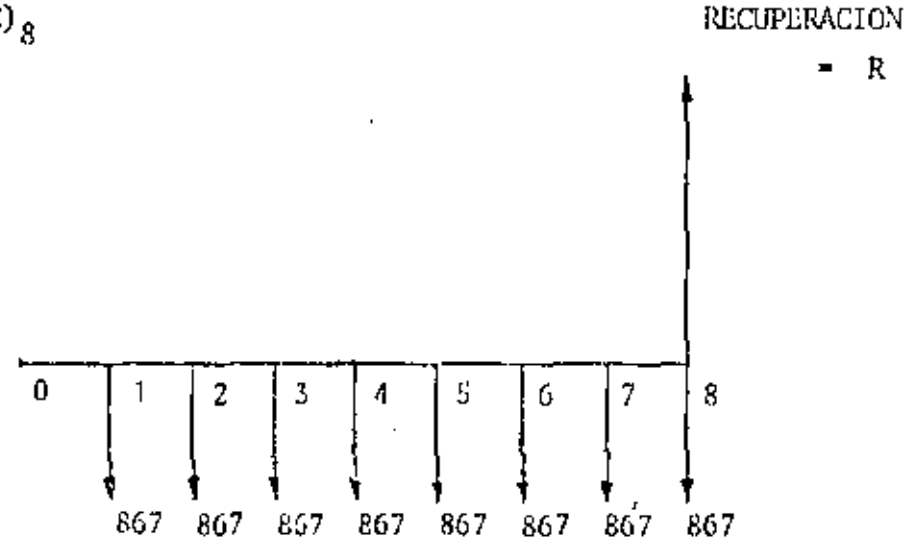
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN -- LOS DOS SISTEMAS DE EGRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR - UN ESTUDIO DE VALOR ACTUALIZADO.

HACE UNA COMPARACION ENTRE LAS ALTERNATIVAS E Y H HACIENDO USO DEL METODO DE VALOR ACTUALIZADO.

COMO LA RECUPERACION ES AL FINAL Y ES LA MISMA EN EL TIEMPO Y EN SU VALOR, NO LA CONSIDERA PARA FINES DE COMPARACION.

SUPONE QUE LA OBRA DURARA 8 MESES Y QUE LOS EGRESOS POR COSTO DIRECTO SERAN LINEALES; LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES GRAFICAS DE INGRESOS-EGRESOS.

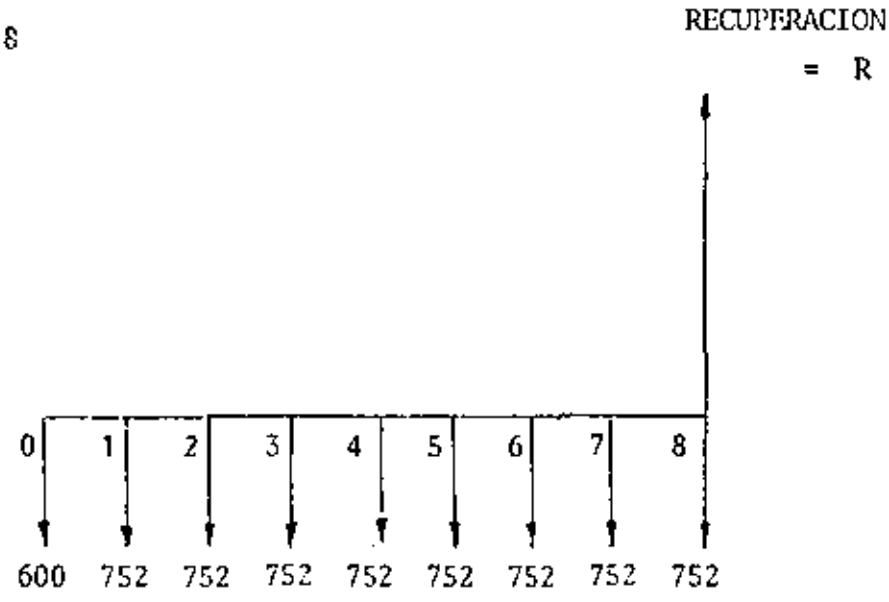
CASO $(E)_8$



EN MILES DE PESOS

$$\text{COSTO/MES} = \frac{8.67 \times 800,000}{8} = 867,000$$

CASO $(H)_8$



$$\text{COSTO/MES} = \frac{7.52 \times 800{,}000}{8} = 752{,}000$$

EL SUPERINTENDENTE SUPONE UNA TASA DE INTERES MINIMA ACEPTABLE DE - 1% MENSUAL. USANDO LA TABLA DE LOS APUNTES OBTIENE LOS SIGUIENTES- VALORES ACTUALIZADOS.

CASO $(E)_8$ INTERES 1%

867,000 x 7.652 = 6'634,284.00

CASO $(H)_8$ INTERES 1%

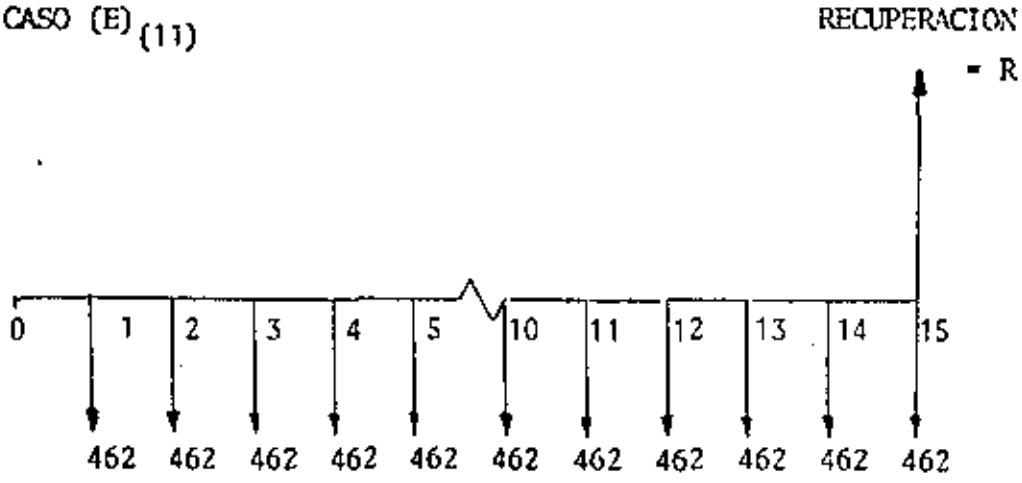
600,000 + 752,000 x 7.652 = 6'554,304.00

LE CONVIENE SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE COSTO ACTUALIZADO MINIMO, QUE SIGUE SIENDO LA (H).

EL GERENTE LE RECUERDA QUE EL PIENSA QUE SE VA A TARDAR 15 MESES -- EN EL TRABAJO.

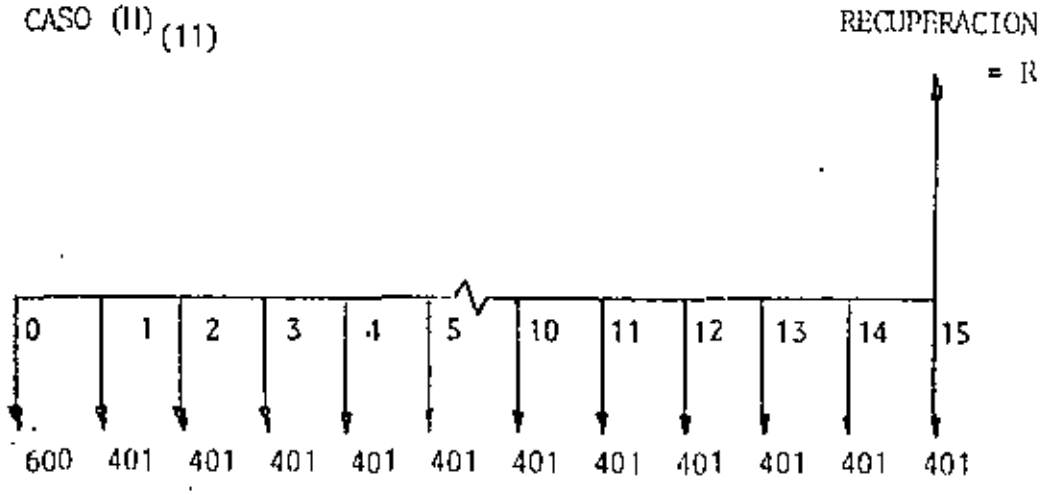
EL SUPERINTENDENTE SUPONE LOS 15 MESES Y OBTIENE LO SIGUIENTE -----

CASO $(E)_{(11)}$



$$\text{COSTO/MES} = \frac{8.67 \times 800{,}000}{15} = 462{,}400.00$$

CASO $(II)_{(11)}$



$$\text{COSTO/MES} = \frac{7.52 \times 800{,}000}{15} = 401{,}066.66$$

SUPONIENDO EL MISMO INTERES 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 $(E)_{11}$ 1% MENSUAL

$$462{,}400 \times 13.865 = 6'411{,}176.00$$

CASO $(H)_{11}$ 1% MENSUAL

600,000 + 401,066.66 x 13.865 = 6'160,789.00

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 QUE SUCEDERIA SI SE OBLIGA A PAGAR 18% DE INTERES ANUAL: 1 1/2% MENSUAL.

EN EL CURSO DE DURACION 8 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS.

CASO E_8 INTERES 1 1/2% MENSUAL

867,000 x 7.846 = 6'490,362.00

CASO H_8 INTERES 1 1/2% MENSUAL

600,000 + 752,000 x 7.486 = 6'229,472.00

EN EL CASO DE DURACION 15 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES

CASO E_{11} INTERES 1 1/2% MENSUAL

462,400 x 13.344 = 6'170,266.00

CASO H_{11} INTERES 1 1/2% MENSUAL

600,000 + 401,066.66 x 13.344 = 5'951,833.00

CON TODOS ESTOS DATOS EL SUPERINTENDENTE HACE LA SIGUIENTE TABLA.

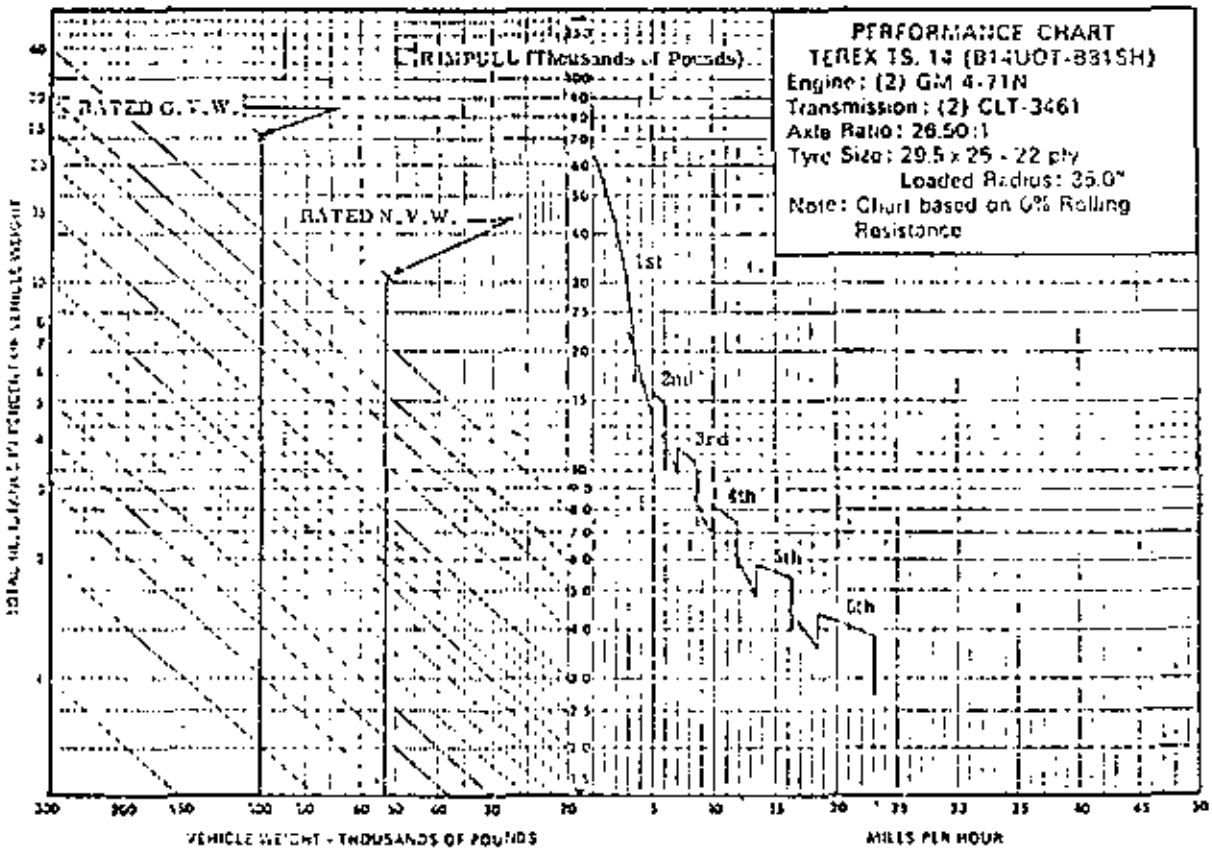
	COSTO ACTUALIZADO		
	CASO E	CASO H	E - H
DURACION 8 MESES INTERES 1%	6'634,284.00	6'354,304.00	279 980
DURACION 8 MESES INTERES 1 1/2%	6'490,362.00	6'229,472.00	260 890
DURACION 15 MESES INTERES 1%	6'411,176.00	6'160,789.00	250 387
DURACION 15 MESES INTERES 1 1/2%	6'170,266.00	5'951,833.00	218 433

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.

ATENCION. AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE HAN CONSIDERADO DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.

Anexo A



INSTRUCTIONS:

1. FIND VEHICLE WEIGHT ON LOWER LEFT HORIZONTAL SCALE
2. READ UP TO SLANTED TOTAL RESISTANCE
3. FROM INTERSECTION READ HORIZONTALLY TO THE RIGHT TO INTERCEPTION WITH PERFORMANCE OR RETARDER CURVE
4. READ DOWN FOR VEHICLE SPEED

1 Ton = 2200 lb

$1 \frac{\text{Milla}}{\text{h}} = 1.609 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$

TEREX

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

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 ambito 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

	1%		12%	
No.	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	0.6355	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	4.968
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	0.0738	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	39.196	0.0035	8.305
75	0.4741	52.587		
100	0.3697	63.029		

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 dignificativas, 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 encuenta 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 si 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 [illegible] tos probabilistas, pero sus características (la más importante es [illegible] distribución de probabilidad) se conocen; mientras que la incerti[illegible] bre existe en aquellos casos en que no se conocen las caracte[illegible] probabilistas de un fenómeno.

A N E X O II

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:

Supóngamos 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:

$$0 \leqslant P(A) \leqslant 1$$

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: $\overline{P(A)} = 1 - P(A)$.

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:

$$x = \left[2,\ 3,\ 4,\ 5,\ 6,\ 7,\ 8,\ 9,\ 10,\ 11,\ 12\right]$$

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 $x_1, x_2, x_3, \ldots, x$ y se conoce la probabilidad de que se verifiquen cada uno de ellos $P(x_i)$, con la condición de que $\sum P(x) = 1$, 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 $h(x_1), h(x_2), \ldots, h(x_n)$. La esperanza matemática de h(x) se define como:

$$E\left[h(x)\right] = \sum_{i=a}^{b} h(x_i)\ P(x_i)$$

Momento respecto al origen:

Se establece cuando $h(x) = x^n$, entonces:

$$E\left[x^n\right] = \sum_{i=a}^{b} x_1^n\ P(x_i)$$

Si $n = 1$, se obtiene la media de la v.a.d. y se representa por:

$$\mu x = E \quad x = \sum_{i=a}^{b} x_i P(x_i)$$

Ejemplo 12.- Para el caso de los dados (problema 8) se tiene:

$$\mu x = 2(1/36) + 3(2/36) + 4(4/36) + 6(5/36) + 7(6/36) + \\ + 8(5/36) + 9(4/36) + 11(2/36) + 12(1/36) = 252/36 = 7$$

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:

$$O_x^2 = (2-7)^2(1/36) + (3-7)^2(2/36) + (4-7)^2(3/36) + \\ + (5-7)^2(4/36) + (6-7)^2(5/36) + (7-7)^2(6/36) + \\ + (8-7)^2(5/36) + (9-7)^2(4/36) + (10-7)^2(3/36) + \\ + (11-7)^2(2/36) + (12-7)^2(1/36) = 35/6$$

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. :

$$E\left[h(x)\right] = \int_{-\infty}^{\infty} h(x)\, f(x)\, dx$$

Momento de orden n:

$$E\left[x^n\right] = \int_{-\infty}^{\infty} x^n f(x)\, dx$$

Si n = 1, se define la media de la v.a.c. x

$$_x = E\left[x\right] = \int_{-\infty}^{\infty} x\, f(x)\, dx$$

Momento de orden n con respecto a la media:

$$E\left[(x-\mu_x)^n\right] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu_x)^n f(x)\, dx$$

Si n = 2, se define la variancia de la v.a.c.x

$$E\left[(x-\mu_x)^2\right] = \int_{-\infty}^{\infty} (x-\mu_x)^2 f(x)\, dx$$

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:

$$\overbrace{\underbrace{pppp....p}_{x}\underbrace{qqq...q}_{nx}} = p^x q^{n-x} \qquad (1)$$

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 :

$$P(x) = {}_nC_x\, p^x q^{n-x}$$

que recibe el nombre de distribución de Porbabilidad Binomial.

La media en esta distribución de probabilidad es:

$$\mu_x = E\left[x\right] = \sum x P(x) = \sum x\, {}_nC_x\, p^x q^{n-x} = np$$

$$\mu_x = np$$

La variancia queda definida por :

$$\sigma_x^2 = E\left[(x-\mu_x)^2\right] = \sum (x-\mu_x)^2 P(x)$$

$$= \sum (x-\mu_x)^2\, {}_nC_x\, p^x q^{n-x} = npq$$

$$\sigma_x^2 = npq$$

2. Distribución de Paisson.

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.

$$np = \lambda \qquad n \geqslant 50 \qquad p \leq 0.10$$

$$f(x) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x}$$

expresión que define la d.p. de Poisson.

La media y la variancia son :

$$\mu_x = E\left[x\right] = \sum \left(e^{-\lambda} \frac{\lambda^x}{x}\right) x = \lambda$$

$$\sigma_x^2 = E \quad (x - \mu_x)^2 = \sum_{i=o} (x - \lambda)^2 \; e^{-\lambda} \frac{\lambda_x}{x} = \lambda$$

b) Variables Continuas.

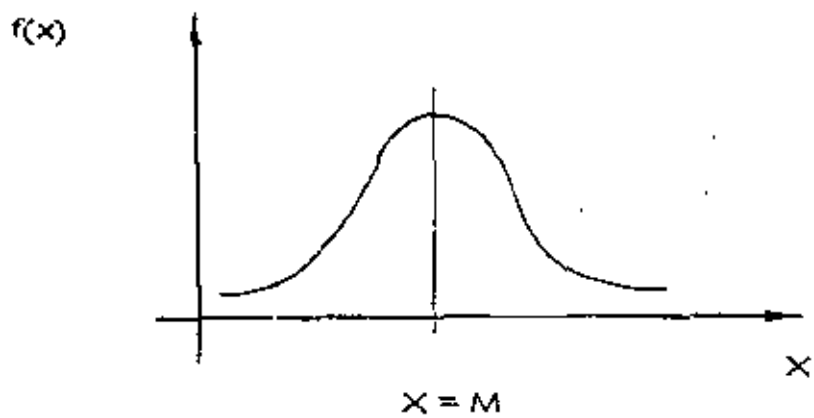
1. Distribución Normal.

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 $\mu_x = m$

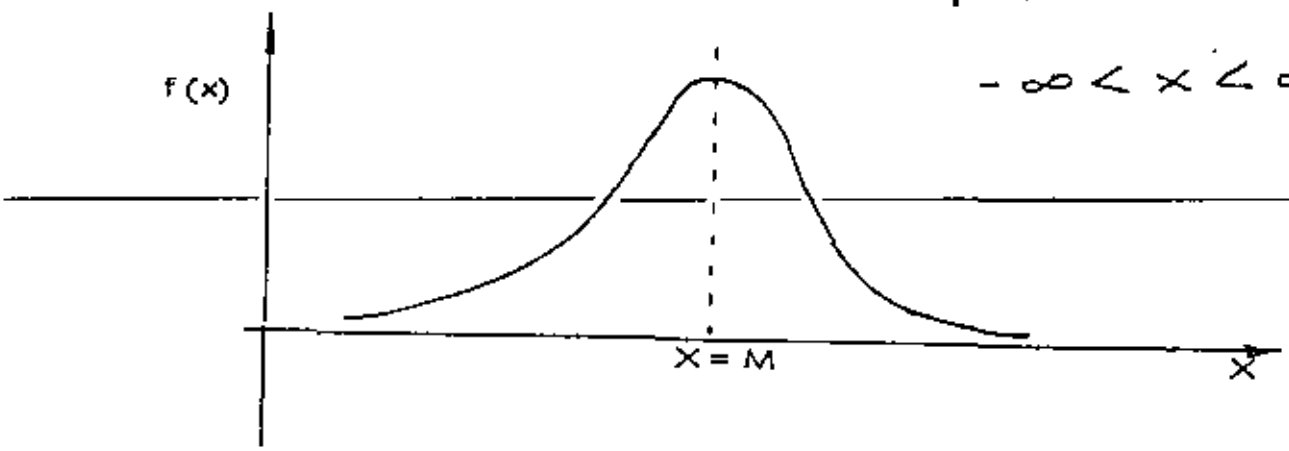
La variancia de la distribución es $\sigma_x^2 = S^2$

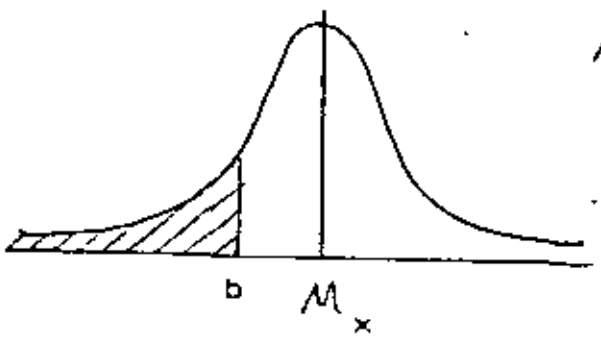
Dadas m y S^2 es posible calcular que x tome valores menores o mayores que un cierto número o bien que quede comprendida entre dos valores, por ejemplo :

DISTRIBUCION NORMAL

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\ S} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\ S^2}}$$

$$-\infty < x < \infty$$

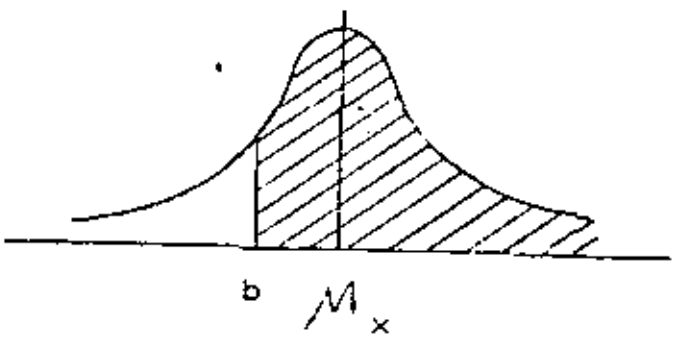




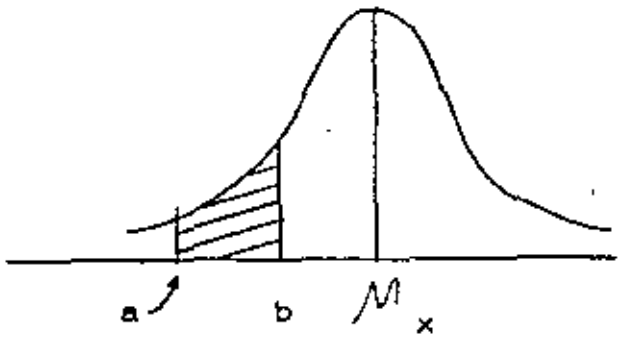
$M_x = m$

$T^2 = S^2$

$$P(x < b) = \int_{-\infty}^{b} f(x)\, dx$$



$$P(x > b) = \int_{b}^{\infty} f(x)\, dx$$



$$P(a \leq X \leq b) = \int_a^b f(x)\,dx$$

2.- Distribución Gamma y Exponencial.

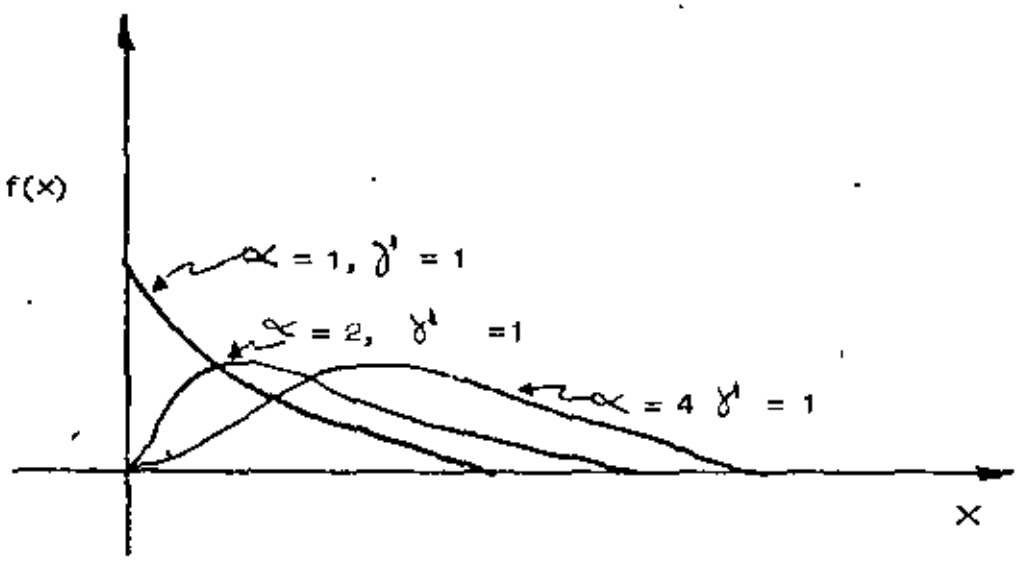
Se dice que la v.a.x. tiene distribución gamma si su d.p. es de la forma :

$$f(x) = \frac{1}{\gamma \alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha - 1} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$x > 0, \alpha < 0, \gamma > 0$$

$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha - 1} e^{-x} dx$ recibe el nombre de función gamma.

$$\mu_x = \alpha \gamma \quad \sigma_x^2 = \alpha \gamma$$



Si = 1 a la función gamma se le llama distribución exponencial.

$$f(x) = \frac{1}{\gamma} e^{-\frac{x}{\gamma}}$$

$$x = \gamma \quad \sigma_x^2 = \gamma^2$$

NOTA: Sacado del libro Ingeniería de Sistemas de la Cámara Nacional de la Industria de la Construcción.

A N E X O III

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 influencian 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 separado 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

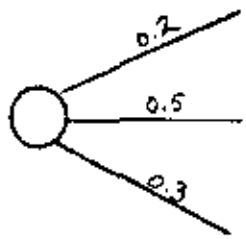
cas para la alternativa. A esta distribución de probabilidad del beneficio, se le llama la lotería del beneficio para la alternativa.

3. Ahora se considerará la manera de elegir entre las alternativas con diferente lotería de beneficio. Para ello combiene 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.



= 0.2,00; 0.0,-20; 0.3, 10

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 $A > B$

A indiferente a B se presenta mediante $A \sim B$

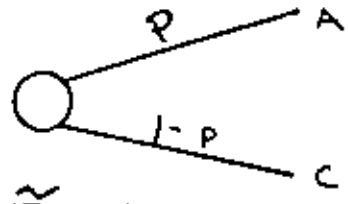
A no preferido a B se representa mediante $B \gtrsim A$

B preferido a A se representa mediante $A > \propto B$

b) La ley de la transitividad expresa que si $A > B$, $B > C$ entonces $A > C$.

c) La ley de la continuidad expresa que si para una lotería se tiene que A B C, entonces

$B \sim [p, A; (1-p), C$ $\quad B =$



En particular para algún p si $B \sim \tilde{B}$ ($\tilde{B}$ es el equivalente de la certeza para dicha lotería).

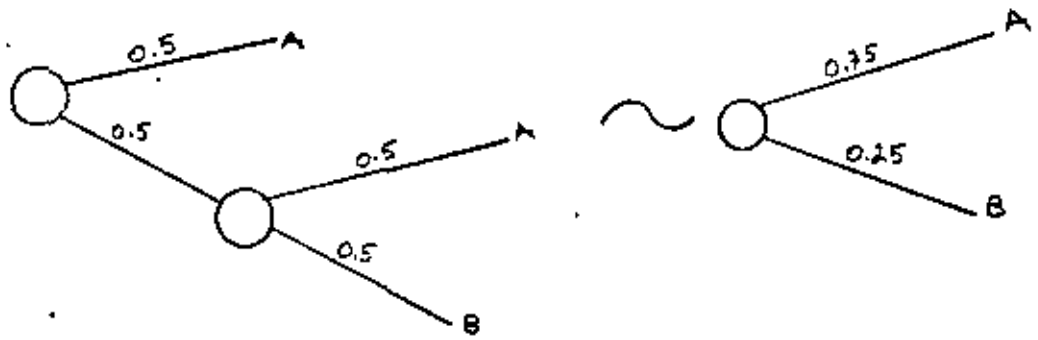
d) La ley de la sustitutabilidad expresa que en cualquier lotería B puede ser sustituído por $\tilde{B}$.

e) La ley de la monotonocidad expresa que si $A > B$ entonces

$$[p, A; (1-p), B] > [p^1, A; (1-p^1), B]$$

Si y sólo sí $p > p^1$

f) La ley de decomposición 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.

Sea $u^1(x) = \alpha + \beta u(x)$

a) Puesto que

$u(L_1) > u(L_2)$ cuando $L_1 > L_2$

entonces

$u^1(L_1) > u^1(L_2)$ cuando $L_1 > L_2$

b) Puesto que

$u(L_3) = (1-p)\ u(L_1) + p\ u(L_2)$

cuando $L_3 \sim \left[(1-p),\ L_1;\ p,\ L_2\right]$

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) si $X_3 \sim \left[p,\ X_1;\ (1-p),\ X_2\right]$

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.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PROBLEMA

Ing Fernando Favela Lozoya

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

PROBLEMA No. 1

ANALISIS DEL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

MOVIMIENTO DE 1 000 000 m^3 DE UN BANCO A UN TIRADERO

DATOS:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO	1600 kg/m^3
ALTITUD S.N.M.	2000 mts
LONGITUD DE ACARREO	704 METROS (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 6 SU RECIPROCO 0.80

ALTERNATIVAS:

1.- MOTOESCREPAS CON TRACTOR COMO EMPUJADOR

2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL

3.- CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS

COSTOS HORARIOS (VER ANALISIS APARTE)

MOTOESCREPA TEREX TS-14	$ 1,517.20/HORA
MOTOESCREPA TEREX TS-14 C/PUSH-PULL	$ 1,617.51/HORA
TRACTOR D-8K	$ 1,278.52/HORA
CARGADOR 3 1/2 yd^3	$ 821.05/HORA
TARIFA FLETEROS	$ 8.00/m^3 1er. KM.
	$ 4.00/m^3 KM SUBSECUENTES

LA EMPRESA CUENTA CON 4 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y UN TRACTOR D-8K, AMORTIZADOS 75% - EN BUENAS CONDICIONES.

ADITAMENTOS PUSH-PULL Y CARGADORES, DEBERAN ADQUIRIRSE.

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR EMPUJADOR

MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y TRACTOR CAT D-8K

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA 15 m^3

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA REFERIDA A BANCO = 15x0.8 = 12 m^3

PESO DE LA MAQUINA VACIA 24.1 TON

PESO DE LA MAQUINA CARGADA 24.1+1.600x12= 43.3 TON

COSTO HORA MAQUINA $ 1,517.20

A.- RESISTENCIA AL RODAMIENTO = 15 Kg/POR CADA TONELADA DE MAQUINA POR CADA 2.5 cm. DE PENETRACION

PENETRACION EN CAMINOS REVESTIDOS = 5 cm.

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ KG/TON-M.}$$

AGREGANDO 20 KG/TON M. POR DEFORMACIONES DE LLANTAS, FRICCIONES - INTERNAS, ETC. SE TIENE:

RESISTENCIA AL RODAMIENTO = 30 + 20 = 50 KG/TON.M.

B.- RESISTENCIA POR PENDIENTE = 10 KG/TON.M. POR CADA 1%

PARA EL TRAMO EN ESTUDIO : 4% X 10 = 40 KG/TON.M.

C.- RESISTENCIA TOTAL DE IDA:

50 - 40 = 10 KG/TON.M.

D.- RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO

50 + 40 = 90 KG/TON.M.

E.- RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA:

MAQUINA CARGADA = 0.010 X 43.3 = 0.4 TON

MAQUINA VACIA = 0.090 X 24.1 = 2.2 TON

F.- CORRECCION POR ALTITUD

(1% POR CADA 100 METROS ADICIONALES A 1500 M.S.N.M.)

$$\frac{(200 - 1500) \times 1\%}{100} = 5\%$$

POR TANTO, HABRA QUE MULTIPLICAR LAS RESISTENCIAS TOTALES, POR 1.05

MAQUINA CARGADA = 0.4 X 1.05 = 0.4 TON.

MAQUINA VACIA = 2.2 X 1.05 = 2.3 TON.

CON ESTOS DATOS, SE ENTRA A LA GRAFICA PROPORCIONADA POR EL FABRICANTE, LA CUAL SE ANEXA.

G.- VELOCIDADES:

MAQUINA CARGADA = 23 MI/H = 37 KM/H (6a)

MAQUINA VACIA = 16 MI/H = 26 KM/H (5a)

H.- VELOCIDADES MEDIAS = 0.65 X VELOCIDAD

MAQUINA CARGADA = 25 KM/H

MAQUINA VACIA = 17 KM/H

I.- TIEMPOS

MAQUINA CARGADA (TIEMPO IDA) $= \frac{0.704 \times 60}{25} = 1.69$ MIN

MAQUINA VACIA (TIEMPO REGRESO) $= \frac{0.704 \times 60}{17} = 2.48$ MIN

TIEMPO FIJO = 1.30 MIN

TOTAL 5.47 MIN

J.- PRODUCCION

TIEMPO DEL CICLO = 5.47 MIN

NUMERO DE VIAJES POR HORA $= \frac{60}{5.47} = 10.97 = 11.0$

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA MATERIAL EN BANCO = 12 m^3

PRODUCCION = 11.0 X 12 = 132 m^3/HORA

K.- COSTO

A).- POR CONCEPTO DE MOTOESCREPAS

COSTO MOTOESCREPA POR HORA = $1,517.20

COEFICIENTE DE EFICIENCIA = 0.75

COSTO $= \frac{1,517.20}{132 \times 0.75} = 15.32$

B).- POR CONCEPTO DE TRACTOR EMPUJADOR

CONSIDEREMOS 4 ESCREPAS TRABAJANDO:

VIAJES POR ESCREPA = 11.0/HORA

PRODUCCION DEL TRACTOR = 4 X 11.0 X 12 = 528 m^3/HORA

COSTO TRACTOR POR HORA = 1,278.52/HORA

COEFICIENTE DE EFICIENCIA = 0.75

$$\text{COSTO} = \frac{\$\ 1{,}278{,}52}{528 \times 0.75} = \frac{1{,}278.52}{396} = \$\ 3.23$$

c).- COSTO TOTAL

COSTO MOTOESCREPA	=	$ 15.32
COSTO TRACTOR	=	$ 3.23
COSTO TOTAL		$ 18.55

ALTERNATIVA 2. MOTOESCREPAS PUSH-PULL

MOTOESCREPAS TEREX TS-14 PUSH-PULL

COSTO HORARIO DE LA MAQUINA = $1,617.51

DADO QUE LAS CARACTERISTICAS DE LAS MOTOESCREPAS SON IGUALES A LAS CALCULADAS PARA LA ALTERNATIVA (1), SOLO ANALIZAREMOS LA PRODUCCION Y EL COSTO.

A.- PRODUCCION:

TIEMPO TOTAL DE CICLO

TIEMPO FIJO	1.60 MIN.	
TIEMPO IDA	1.69 MIN.	(VER ALTERNATIVA 1)
TIEMPO REGRESO	2.48 MIN.	(VER ALTERNATIVA 1)
	5.77 MIN.	

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{60}{5.77} = 10.4$$

CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA CON MATERIAL EN BANCO = 12 m^3

PRODUCCION = 10.4 X 12 = 124.8 m^3/HORA

B.- COSTO:

CONSIDERAREMOS UN COEFICIENTE DE EFICIENCIA = 0.75

$$\text{COSTO} = \frac{\$\ 1{,}617.51}{124.8 \times 0.75} = 17.28$$

ALTERNATIVA 3.- CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES ALQUILADOS

CARGADOR FRONTAL MICHIGAN CON CUCHARON DE 3 1/2 YD^3

COSTO HORARIO DEL CARGADOR	$ 821.05
TARIFAS DE CAMIONES ALQUILADOS DE 6 m^3 DE CAPACIDAD	$ 8.00 1er. Km.

A.- PRODUCCION DEL CARGADOR:

CAPACIDAD DEL CUCHARON = 3.5 YD^3 X 0.76 M^3/YD^3 = 2.7 M^3

FACTOR DE LLENADO = 0.85

VOLUMEN POR CICLO = 0.85 X 2.7 = 2.3 M^3/CICLO MATERIAL SUELTO

TIEMPO DEL CICLO BASICO	0.50 MIN.
MATERIAL EN BANCO	+ 0.04
CAMIONES ALQUILADOS	+ 0.04
	0.58 MIN.

$$\text{CICLOS POR HORA} = \frac{60}{0.58} = 103.4$$

PRODUCCION = 103.4 X 2.3 X 0.75 EFIC. = 178.4 M^3/H MATERIAL SUELTO

B.- COSTO DE LA CARGA:

SE NECESITAN: $\frac{6.0\ M^3}{2.3} = 2.61 = 3$ CICLOS PARA CARGAR UN CAMION

FACTOR = $\frac{2.3 \times 3}{6.0} = 1.15$

COSTO = $\frac{\$821.05/H}{178.4\ M^3/H} \times 1.15 = \$5.29/M^3$ MATERIAL SUELTO

COSTO = $5.29 \times 1.25 = \$6.61/M^3$ MATERIAL DE BANCO

C.- COSTO ACARREO:

1er. KILOMETRO $8.00

COSTO ACARREO = $\$\ 8.00/M^3 \times 1.25 = 10.00/M^3$ MATERIAL EN BANCO

D.- COSTO CARGA MAS ACARREO:

COSTO CARGA	$\$\ 6.61/M^3$
COSTO ACARREO	$\$\ 10.00/M^3$
COSTO TOTAL	$\$\ 16.61/M^3$

EN RESUMEN SE TIENE:

ALTERNATIVA 1 (MOTOESCREPAS Y TRACTOR)	$ 18.55
ALTERNATIVA 2 (MOTOESCREPA PUSH-PULL)	$ 17.28
ALTERNATIVA 3 (CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS)	$ 16.61

AHORA ANALICEMOS LAS NECESIDADES DE EQUIPO

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR

TIEMPO DE CARGA DE UNA MOTOESCREPA	0.6 MIN
TIEMPO REGRESO DEL TRACTOR Y ACOMODO	0.5 MIN
	1.1 MIN

CICLO DE LAS MOTOESCREPAS = 5.47 MIN

No. DE MOTOESCREPAS NECESARIAS $= \frac{5.47}{1.1} \times 0.75$ EFIC. = 3.73

CONSIDERAREMOS 4, QUE SON CON LAS QUE CUENTA LA EMPRESA:

PRODUCCION = 4 X 132 M^3/H X 8 H/TURNO X 2 TURNOS/DIA X 0.75 EFIC.

= 6336 M^3/DIA

TIEMPO DE EJECUCION $= \frac{1\ 000\ 000\ M^3}{6336\ M^3/DIA \times 25\ DIAS/MES}$ 6.31 MESES

ALTERNATIVA 2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL

DADO QUE YA SE DEFINIO EMPLEAR LAS 4 MOTOESCREPAS CON QUE CUENTA LA EMPRESA, VEAMOS EL TIEMPO DE EJECUCION:

PRODUCCION = 4 X 124.8 X 8 X 2 X 0.75 = 5990 M^3/DIA

TIEMPO DE EJECUCION $= \frac{1\ 000\ 000}{5990 \times 25}$ = 6.68 MESES

ALTERNATIVA 3.- CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS

1.- CICLO DE UN CAMION:

CARGA $\frac{6\ M3}{178.4\ M3/H} = 0.034 = 2.02$ MIN

IDA $\frac{0.704 \times 60}{15\ KM/H} =$ 2.82 MIN

REGRESO $\frac{0.704 \times 60}{30\ KM/H} =$ 1.48 MIN

DESCARGA Y ACOMODOS 0.50 MIN

6.75 MIN

NUMERO DE VIAJES POR HORA:

$\frac{60}{6.75} \times 0.75$ EFIC. = 6.67 VIAJES

PRODUCCION = $6.67 \times 6\ M^3 = 40.02\ M^3$/HORA MATERIAL SUELTO

No. DE CAMIONES: $\frac{178.4}{40.02} = 4.46 = 5$ CAMIONES

ES DECIR, UN CARGADOR PUEDE ALIMENTAR A 5 CAMIONES

FACTOR DE ESPERA = $\frac{5.00}{4.46} = 1.12$

PRODUCCION = $\frac{40.02\ M^3/HORA \times 5 \times 16\ HS/DIA}{1.25\ ABUND. \times 1.12} = 2286.8\ M^3/DIA$

TIEMPO DE EJECUCION = $\frac{1\ 000\ 000}{2286.8 \times 25}$ = 17.5 MESES

PARA ESTAR EN IGUALDAD DE CONDICIONES SERAN NECESARIOS:

$\frac{17.5}{\frac{(6.31 + 6.68)}{2}}$ = 2.7 CONJUNTOS DE CARGADOR Y 5 CAMIONES

CONSIDERAREMOS 3 CARGADORES Y 15 CAMIONES

RENTABILIDAD DE LA INVERSION:

PRECIO UNITARIO QUE PODRIA DARSE:

COSTO	$ 16.61/M^3
INDIRECTOS	$ 4.15/M^3
	20.76/M^3
UTILIDAD 10%	$ 2.08/M^3
PRECIO UNITARIO	$ 22.84/M^3

ALTERNATIVA 1.- MOTOESCREPAS Y TRACTOR

ESTE EQUIPO ES PROPIEDAD DE LA EMPRESA

INVERSION EQUIPO:

A).- MOTOESCREPAS $\frac{4 \times 5'895,424.08 \times 0.25}{2}$ =$2'947,712.04

B).- TRACTOR $\frac{1 \times 5'101,634.00 \times 0.25}{2}$ =$ 637,704.25

INVERSION EN ESTIMACION OBRA (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\ 000\ 000\ M^3 \times \$22.48/M^3}{6.31} = \$\ 5'343,898.57$$

INVERSION $ 8'929,314.86

UTILIDAD ESPERADA = 22.84 - (18.55 + 4.15) = 0.14

$$\text{RENDIMIENTO INVERSION} = \frac{0.14 \times 1\ 000\ 000}{8'929,314.86} = 0.0157$$

ALTERNATIVA 2.- MOTOESCREPAS PUSH-PULL

EN ESTE CASO ES NECESARIO ADQUIRIR LOS ADITAMENTOS PUSH-PULL.

INVERSION EQUIPO:

A).- MOTOESCREPAS $\frac{4 \times 5'895,424.08 \times 0.25}{2} = \$2'947,712.04$

B).- ADITAMENTOS PUSH-PULL $\frac{4 \times 442,156.72 \times 0.875}{} = \$1'547,548.52$

INVERSION EN ESTIMACIONES DE OBRA (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\ 000\ 000 \times 22.84/M^3}{6.68\ \text{MESES}} = \$\ 5'128,742.51$$

INVERSION = $9'624,003.07

UTILIDAD ESPERADA = 22.84 - (17.28 + 4.15) = $1.41/M^3

RENDIMIENTO INVERSION = $\frac{\$\ 1.41 \times 1\ 000\ 000}{9'624,003.07}$ = 0.1465

ALTERNATIVA 3.- CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS

EN ESTE CASO ES NECESARIO ADQUIRIR 3 CARGADORES

INVERSION EQUIPO:

CARGADORES 3 X 3'038,760.00 X 0.875 = $ 7'976,745.00

INVERSION EN ESTIMACIONES (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\ 000\ 000\ M^3 \times 22.84}{5.83\ \text{MESES}} = \underline{\$\ 5'876,500.86}$$

INVERSION $13'853,245.86

UTILIDAD ESPERADA = $2.08/M^3

RENDIMIENTO INVERSION = $\frac{2.08 \times 1\ 000\ 000}{13'853,245.86}$ = 0.1505

AL PRESENTARLE ESTOS DATOS AL GERENTE, ESTE OBSERVA QUE AUN CUANDO EL CARGADOR ES UNA INVERSION MAS RENTABLE, SE ENFRENTA CON EL PROBLEMA DE QUE AL TERMINAR LA OBRA, TENDRA UNAS MAQUINAS QUE NO SABE SI PODRA USAR.

ANTE ESTO, SE INCLINA POR LA SOLUCION DEL EMPLEO DE MOTOESCREPAS - CON PUSH-PULL.

EL SUPERINTENDENTE TRATA DE PROFUNDIZAR EN EL PROBLEMA Y SE ENCUENTRA QUE CON LOS DATOS HISTORICOS DE LA EMPRESA PUEDE DEFINIR LAS SIGUIENTES PROBABILIDADES:

1.- LA PROBABILIDAD DE SEGUIR EMPLEANDO LOS CARGADORES ES DE 40%.

2.- EN CASO DE TENER QUE VENDERLOS, DE LOS MISMOS DATOS HISTORICOS DEDUCE QUE:

A).- TIENE 40% DE PROBABILIDAD DE VENDER LOS CARGADORES EN 70% DE SU VALOR.

B).- TIENE 60% DE PROBABILIDAD DE VENDERLOS EN EL 50% DE SU VALOR.

CON ESTOS DATOS SE PUEDE DEFINIR EL VALOR ESPERADO DE LA VENTA PROBABLE DE LOS CARGADORES, QUE ES DE:

$$0.40 \times 0.70 + 0.60 \times 0.50 = 0.58$$

LA DEPRECIACION DE LOS CARGADORES DURANTE EL TRABAJO POR EJECUTAR SERIA:

$$\frac{\$\ 258.81/H}{178.4M3/H} \times 1.15 \times 1.25 = \$2.08/M^3$$

$$\frac{2.08 \times 1\ 000\ 000}{3 \times 3'038,760.00} = 0.23$$

ENTONCES LA DEPRECIACION ESPERADA SERIA:

$$(1.00 - 0.58) \times 0.60 + 0.23 \times 0.4 = 0.34$$

LA DEPRECIACION ESPERADA QUE DEBERA CARGARLE SERIA DE:

$$3 \times 3'038,760.00 \times 0.34 = 3'099,535.20$$

AHORA BIEN, LA DEPRECIACION QUE SE TIENE CONSIDERADA ES DE:

2.08 X 1 000 000 = 2'080,000.00

POR LO TANTO, EL COSTO POR ESTE CONCEPTO SE INCREMENTARA EN:

$$\frac{3'099,535.20 - 2'080,000.00}{1\ 000\ 000} = \$1.01/M^3$$

POR LO CUAL, EL COSTO DE UTILIZAR LOS CARGADORES Y CAMIONES ALQUILADOS SERIA DE:

$ 16.61 + 1.01 = 17.62/M^3

COMO PUEDE APRECIARSE, ESTE ULTIMO COSTO ES SUPERIOR AL DE - $17.28/$M^3$ DE LAS MOTOESCREPAS CON PUSH-PULL Y POR LO TANTO LA DECISION QUE TOMO EL GERENTE ES CORRECTA.

EL SUPERINTENDENTE QUERIENDO IR MAS A FONDO SE PLANTEA LA NECESIDAD DE ESTUDIAR UNA CUARTA ALTERNATIVA QUE SERIA LA DE EJECUTAR EL TRABAJO, CON CARGADORES Y CAMIONES PROPIOS, ADQUIRIENDO PARA ELLO EL EQUIPO NECESARIO.

ALTERNATIVA 4.- CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES DE VOLTEO PROPIOS.

CARGADOR FRONTAL MICHIGAN CON CUCHARON DE 3 1/2 YD^3

CAMIONES FORD F-600 DE 6 M^3

COSTO HORARIO DEL CARGADOR	$ 821.05
COSTO HORARIO DEL CAMION	$ 230.74

1.- PRODUCCION DEL CARGADOR
CAPACIDAD DEL CUCHARON = 3.5 YD^3 X 0.76 M^3/YD^3 = 2.7 M^3
FACTOR DE LLENADO = 0.85
VOLUMEN POR CICLO = 0.85 X 2.7 = 2.30 M^3 MAT. SUELTO

TIEMPO DEL CICLO BASICO	=	0.5 MIN
MATERIAL EN BANCO	=	0.04 MIN
POSESION COMUN DE CARGADOR Y CAMIONES	=	-0.04 MIN
TOTAL	=	0.50 MIN

CICLOS POR HORA: $\frac{60 \text{ MIN./HORA}}{0.50 \text{ MIN/CICLO}}$ = 120 CICLOS/HORA

PRODUCCION = 2.30 M^3/CICLO X 120 CICLOS/HORA X 0.75 EFIC.

= 207 M^3/HORA DE MATERIAL SUELTO

2.- COSTO DE LA CARGA A CAMIONES SERIA:

COSTO = $\frac{\$ \ 821.05/\text{HORA}}{207 \ M^3/\text{HORA}}$ x 1.25 ABUND. = 4.96/M^3

3.- ACARREO CON CAMIONES DE 6 M^3

VELOCIDAD CARGADO	15 KM/H
VELOCIDAD DE VACIO	25 KM/H

TIEMPO DE IDA = $\frac{704 \text{ X } 60}{15000}$ = 2.82 MIN

TIEMPO DE REGRESO = $\frac{704 \text{ X } 60}{25000}$ = 1.69 MIN

TOTAL = 4.51 MIN

PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M^3, SON NECESARIOS 3 CICLOS DEL CARGADOR:

$$\frac{6}{2.30} = 2.6 \doteq 3$$

TIEMPO DEL CICLO = 0.50 MIN.

TIEMPO DE CARGA DE UN CAMION DE 6 M^3 = 0.50 x 3 = 1.5 MIN.

TIEMPO DEL CICLO DEL CAMION:

TIEMPO DE CARGA	1.50 MIN.
TIEMPO DE ACARREO	4.51 MIN.
TIEMPO DE DESCARGA	0.50 MIN.
TOTAL	6.51 MIN.

NUMERO DE VIAJES POR HORA:

$$\frac{60 \text{ MIN./HORA}}{6.51} \times 0.75 \text{ EFIC.} = 6.91 \text{ VIAJES}$$

PRODUCCION DEL CAMION: 6.91 x 6 M^3 = 41.46 M^3/HORA MAT. SUELTO

$$\text{COSTO POR } M^3 = \frac{230.74}{41.46} \times 1.25 \text{ ABUND.} = 6.96/M^3$$

4.- NUMERO DE CAMIONES NECESARIOS:

PRODUCCION DEL CARGADOR = 207 M^3/HORA DE MATERIAL SUELTO

$$\frac{207}{41.46} = 4.99 \doteq 5 \text{ CAMIONES}$$

$$\text{FACTOR DE ESPERA} = \frac{5}{4.99} = 1.00$$

COSTO DE ACARREO = \$ 6.96 x 1.00 = \$ 6,96

5.- CORRECCION DEL COSTO DE CARGA:

SON NECESARIOS 3 CICLOS DE CARGADOR PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M^3.

$$3 \times 2.3\ M^3/CICLO = 6.9$$

$$FACTOR\ DE\ CORRECCION = \frac{6.9}{6.9} = 1.15$$

COSTO REAL DE CARGA = $ 4.96 x 1.15 = $ 5.70/M^3

6.- COSTO TOTAL CARGA Y ACARREO.

A).-	COSTO CARGA	5.70/M^3
B).-	COSTO ACARREO	6.96/M^3
	COSTO TOTAL	$12.66/$M^3$

EL TIEMPO DE EJECUCION DEL TRABAJO SERIA:

$$\frac{41.46\ M^3/HORA \times 5\ CAMIONES \times 16\ HS/DIA}{1.25 \times 1.00} = 2653\ M^3/DIA$$

$$\frac{1\ 000\ 000}{2653 \times 25} = 15.08\ MESES$$

SERAN NECESARIOS 2 CARGADORES Y 10 CAMIONES PARA EJECUTAR EL TRABAJO EN 7.54 MESES.

LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION SERA DE:

INVERSION EQUIPO:

A) CARGADORES 2 X 3'038,760.00 X 0.875 = $ 5'317,830.00

B) CAMIONES 10 X 436,420.45 X 0.875 = $ 3'818,678.94

INVERSION ESTIMACIONES DE OBRA (1.5 MESES)

$$1.5 \times \frac{1\ 000\ 000\ M^3 \times 22.84}{7:54} = \$\ 3'029,177.72$$

$$\$12'165,686.66$$

UTILIDAD ESPERADA = 22.84 - (12.66 + 4.15) = $6.03/M^3$

$$\text{REDITO DE INVERSION} = \frac{6.03 \times 1\ 000\ 000}{12'165,686.66} = 0.4956$$

SIN EMBARGO, HAY QUE CONSIDERAR, COMO EN EL CASO DE LOS CARGADORES, QUE LA DEPRECIACION ESPERADA SERA SUPERIOR A LA DEPRECIACION LINEAL.

LA DEPRECIACION DEL CARGADOR SERA:

$$\frac{258.81}{207}/H \times 1.25 \times 1.15 = \$\ 1.80/M^3$$

$$\frac{1.80 \times 1\ 000\ 000}{2 \times 3'038,760.00} = 0.30$$

TENIENDO EN CUENTA LAS PROBABILIDADES MENCIONADAS ANTERIORMENTE, SE TIENE QUE LA DEPRECIACION ESPERADA DEBERA SER:

$$(1.00 - 0.58)\ 0.60 + 0.30 \times 0.4 = 0.372$$

LA DEPRECIACION QUE DEBERA CARGARSE DEBERA SER DE:

0.372 X 2 X 3'038,760 = 2'260,837.44

POR LO TANTO EL COSTO DE CARGA DEBERA INCREMENTARSE EN:

$$\frac{2'260,837.44 - 1'800,000.00}{1\ 000\ 000} = \$\ 0.46/M^3$$

LA DEPRECIACION DE LOS CAMIONES SERA:

$$\frac{\$37.17/H}{41.46} \times 1.25 \times 1.00 = \$\ 1.12/M^3$$

$$\frac{1.12 \times 1\ 000\ 000}{10 \times 436,420.45} = 0.26$$

CONSIDERANDO LAS MISMAS PROBABILIDADES DE LOS CARGADORES:

(1.00 - 058) 0.60 + 0.26 X 0.4 = 0.356

LA DEPRECIACION QUE DEBERA CARGARSE DEBERA SER DE:

0.356 X 10 X 436,420.45 = 1'553,656.80

POR LO TANTO EL COSTO DE ACARREO DEBERA INCREMENTARSE EN:

$$\frac{1'553.656.80 - 1'120,000.00}{1\ 000\ 000} = \$\ 0.43/M^3$$

EL COSTO REAL DE LA EJECUCION DE LOS TRABAJOS CON CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS SERA DE:

$$12.66 + 0.46 + 0.43 = \$\ 13.55/M^3$$

CON LO CUAL EL RENDIMIENTO DE LA INVERSION SERA:

$$22.84 - (13.55 + 4.15) = \$\ 5.14/M^3 = \text{(utilidad esperada)}$$

$$= \frac{5.14 \times 1\ 000\ 000}{12'165,686.66} = 0.4225$$

SI TENGO EL CRITERIO DE FIJAR SIMPLEMENTE LA UTILIDAD COMO UN PORCENTAJE DEL COSTO DIRECTO TENDRIA LA POSIBILIDAD DE DAR COMO P.U. EN UN CONCURSO.

$$(13.55 + 4.15)\ 1.10 = 19.47$$

LA RENTABILIDAD SERIA

$$\frac{1.77 \times 1\ 000\ 000}{12'165,686.66} = 0.1455$$

ES PUES CONVENIENTE ANALIZAR SIEMPRE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION Y OTRO CRITERIO PARECIDO EN LUGAR DE CONSIDERAR LA UTILIDAD COMO UN SIMPLE PORCENTAJE DE LOS COSTOS.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

C O N T R O L

Ing. José Carreño Romani

JUNIO, 1981.

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

I N D I C E

INSTRUCCIONES

La primera parte de estos apuntes utiliza el sistema denominado EDUCACIÓN 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 pasa 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 requiera.

...(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 valorizándola y si es necesario aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado.

(sin respuesta)

2.- La comparación entre lo planeado y lo ejecutado 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 realiza 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 trabajo a realizar en una jornada, es lo que constituye la determinación de un _____ para la valuación del desempeño del trabajador. La definición de un modelo de comportamiento o acción es lo que constituye un estándar (sí/no) ____.

estándar

sí

6.- La valorización de lo ejecutado y lo planeado, crea 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 funcionamiento planeado. Es decir se debe buscar y lograr que la actividad se está realizando de acuerdo 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, al 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.

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 _____.

18.- La determinación de los sitios donde existe una _____ es básica para lograr un buen control, ya que al incluir todas las facetas de una empresa en él, consume demasiado tiempo y esfuerzo, por lo que resulta muy costoso.

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.

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

estándar

punto estratégico

correctiva

excepción

puntos

excepción

excepción

excepción

estándares

punto estratégico

acción

DISPOSITIVOS DE CONTROL.

21.- Una vez establecidos los estándares y que se van midiendo y comparando éstos con los resultados para poder llevar a cabo la acción _____ se utilizan varios _____ de control que son:

- Presupuesto
- Informes estadísticos de control
- Análisis del punto no pérdida-no ganancia
- Reportes especiales de control
- Auditoría Interna

corrective

dispositivos

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 _____.

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 _____.

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) _____.

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 _____.

26.- El hecho de que los informes _____ de control sirven de base para que se les compare con otros informes previos, significa que es importante que se elaboren en forma (continua/no 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 _____.

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 _____

dispositivo

control

planeación

presupuesto

presupuesto

calidad

informes estadísticos

estadísticos

continua

dispositivos de control

no pérdida - no ganancia

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 tiempo y lugar definido. — control, reportes 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 directa 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 investigaciones acerca de los procedimientos, funcionamiento de un área específica de trabajo se usan para elaborar _____. — informes estadísticos — 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 control, análisis del punto no pérdida-no ganancia, reportes especiales de control y auditoría interna. — 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 ganancia

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 externas 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 necesario 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 correctamente. Dichos sistemas se auxilian de los _____ de control para cumplir su cometido. — planeación — dispositivos

39.- El control centralizado es el _____ de control que se lleve a cabo en áreas específicas de una empresa. Así el control de presupuestos departamentales a cargo del staff de finanzas es lo que constituiría un _____. — sistema — control centralizado.

40.- El control personal es el que incluye el chequeo y correcciones que realiza un supervisor a un trabajador o grupo de ellos. Así el sistema de control que se realiza en áreas más específicas 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 niveles superiores/los niveles más bajos) _____. — control centralizado — personal — los niveles superiores

42.- El tercer sistema es el auto-control. El individuo que instituye cambios en sus propios métodos 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 externas de trabajo es lo que implica un _____ control centralizado.
_____. El perfeccionamiento del individuo hacia a un supervisor que checa su trabajo constituye la meta a alcanzar del _____ control personal.
_____. El deseo de superación personal, la automotivación y la iniciativa del individuo para ir perfeccionando sus métodos de trabajo son consecuencia del _____ auto-control.
_____.

44.- Desde el punto de vista de la Teoría Y (unidad anterior) el sistema de control mejor es el _____ auto-control.
_____. Según la Teoría X que establece que el hombre es incapaz de lograr nada por sí mismo, sería necesario el uso de los controles _____ centralizado y 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 _____ sistemas 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), _____ rechaza los sistemas de control.

47.- Los sistemas de control producen en el hombre un rechazo que se traduce en un incumplimiento del deber. El _____ rechazo o resistencia a dichos sistemas se debe generalmente a las siguientes causas:

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.

46.- El hecho de que la mayoría de los reportes o informes de control, acusen sólo las deficiencias en la actuación de la persona, hacen que sean (aceptados/rechazados) _____ rechazados ya que tienden a _____ romper la imagen de la propia persona.

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 _____ objetivos de la persona y los de la organización.

51.- Si un empleado siente que lo que le están exigiendo es demasiado para sus aptitudes o habilidades, puede deberse a que los _____ estándares _____ son muy altos y por ello (admite/no admite) _____ no admite que se le controle.

52.- Por ejemplo la fijación de volúmenes de venta a un vendedor basados en su desempeño anterior es más fácilmente (aceptada/rechazada) _____ aceptada que si se aplica un volumen estándar sin tener en cuenta la experiencia.

53.- Se establecio que un individuo rechaza los _____ sistemas de control cuando no le gusta, que para tal efecto, hayan asignado a un determinado _____ grupo. Es de esperarse que un control ejercido por los mismos compañeros se (acepta/rechaza) _____ acepta en tanto que un control proveniente de un staff de "afuera" sea aceptado/rechazado) _____ rechazado.
_____.

54.- Se han visto hasta ahora, las razones por las que se _____ rechaza un sistema de control, que trae como consecuencia un incumplimiento del deber. Un individuo no cumple con su _____ debar ante la percepción del peligro.

55.- Cuando aquellos a quienes se aplica un sistema de control sienten que éste constituye una amenaza para ellos, se dice que hay _____ _____.

56.- La percepción del _____ raco 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 líneas, etc.

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.

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 _____.

59.- Desgraciadamente la ausencia del peligro no garantiza el cumplimiento del _____. El cumplimiento del deber puede lograrse con sentido de dedicación a la causa.

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 logren las metas y los ---- _____ organizacionales.

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.

percepción del peligro

peligro

objetivos

subordinados
percepción del peligro
cumplimiento

cumplimiento del deber

confianza
peligro

deber

estándar

rechazados

objetivos

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 logre la _____ de las metas u objetivos.

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.

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.

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.

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.

67.- Esto puede parecer engorroso y lento, pero se basa 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.

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.

dedicación

percepcion

dedicación
metas
objetivos

dedicación

orgánico

dedicación

objetivos
normas

establecimiento

planeación

fácil

69.- El sistema orgánico de control basado en lo antes expuesto tendría una aplicación ------- (igual/muy distinta) _____ muy distinta
a los sistemas convencionales, ya que si se ha logrado la entera _____ al logro dedicación
de los _____, lo primero, para objetivos
realizar un _____ efectivo, será control
proporcionar ayuda a los subsistemas (departamentos) en su esfuerzo por alcanzar los niveles acordados en común.

70.- La función de las unidades administrativas en el sistema _____ orgánico de
será la de proporcionar a cada uno de los niveles control
de la empresa la información relativa a su funcionamiento para que pueda utilizarla a este fin.

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 nacen (más caro/más barato) _____ más caro
el control.

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 _____ objetivos
propuestos.

73.- Así el sistema _____ orgánico de
_____, motiva al empleado a corregirse control
sus errores y a ejercer sobre sí mismo un
_____ control de sus movimientos. El auto
auto-control es la mejor manera de responsabilizar al individuo y lograr el _____ cumplimiento
de su deber y su mayor _____ a dedicación
tratar de alcanzar los objetivos de la empresa.

74.- El _____ control desarrollado en base al estudio de situaciones particulares, productos, a su vez de las necesidades e inquietudes del individuo y que se ejerce por medio de informes de subsistemas al sistema superior, a base de confianza y seguridad es lo que constituye el ---- auto
_____ de control. sistema orgánico

CONTROL DE CANTIDADES

El control de las cantidades es muy usual en la industria de la Construcción. Conocimiento de 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 ven 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 fácil 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 recibirá un informe condensado de producción semanal y el superintendente general este mismo informe pero mensual. Estos 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 el 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, replantear 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, esto es, 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 dividirlas 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) Acarreos

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 presupuestar 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 m3 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 m3 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 van desde sistemas manuales hasta computadoras electrónicas, en general el uso de computadoras está reservado 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 :

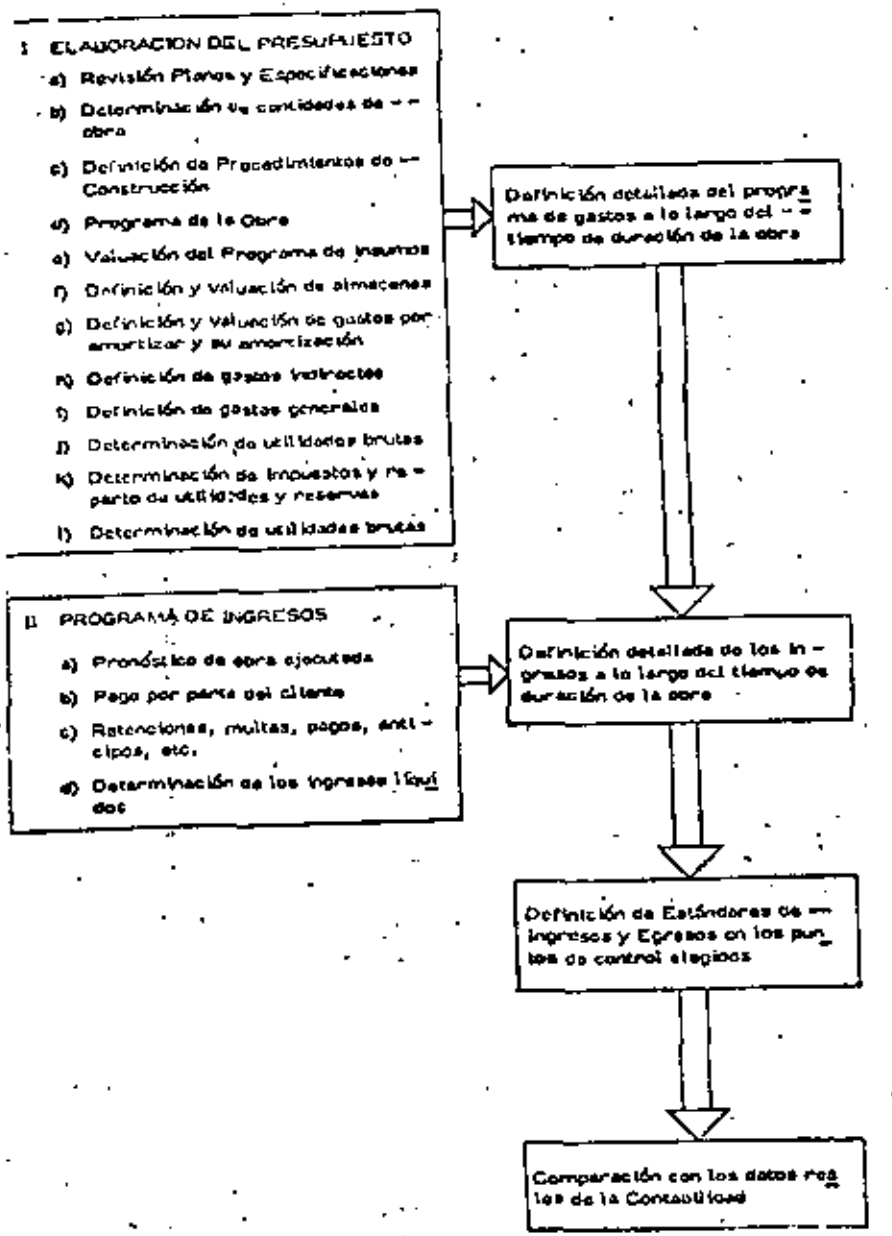
a) Los presupuestos deben modificarse continuamente debido a las variaciones en programas y volúmenes que tienen la mayor parte de las obras de construcción en nuestro país.

b) Al implantar el sistema no se deben esperar resultados completos a corto plazo.

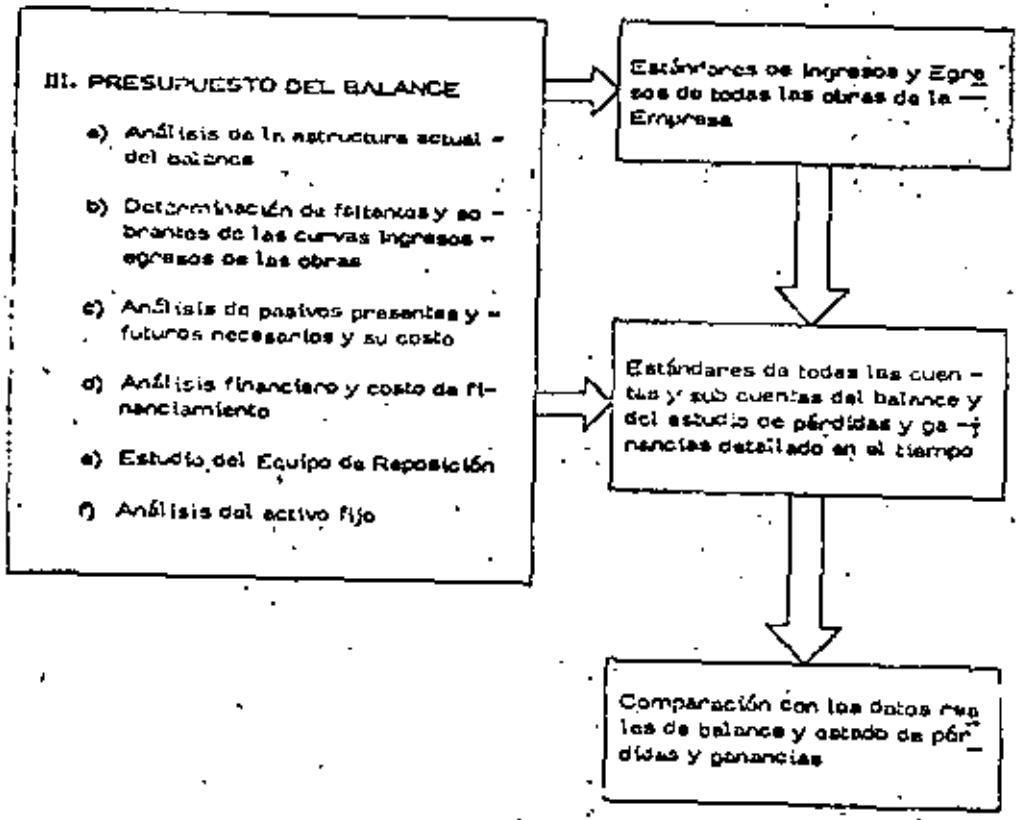
c) Existen obstáculos psicológicos importantes, pues el cambio de sistema significa una modificación en los hábitos del personal.

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 de una obra podría definirse como sigue:



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 devidamente 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 individualmente distinto del que se usa 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 ordenadamente 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 la 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 prefijada, 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 adoptado y se elaboren mediante un análisis de las frecuencias 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 estimado 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 C.P.M. 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.

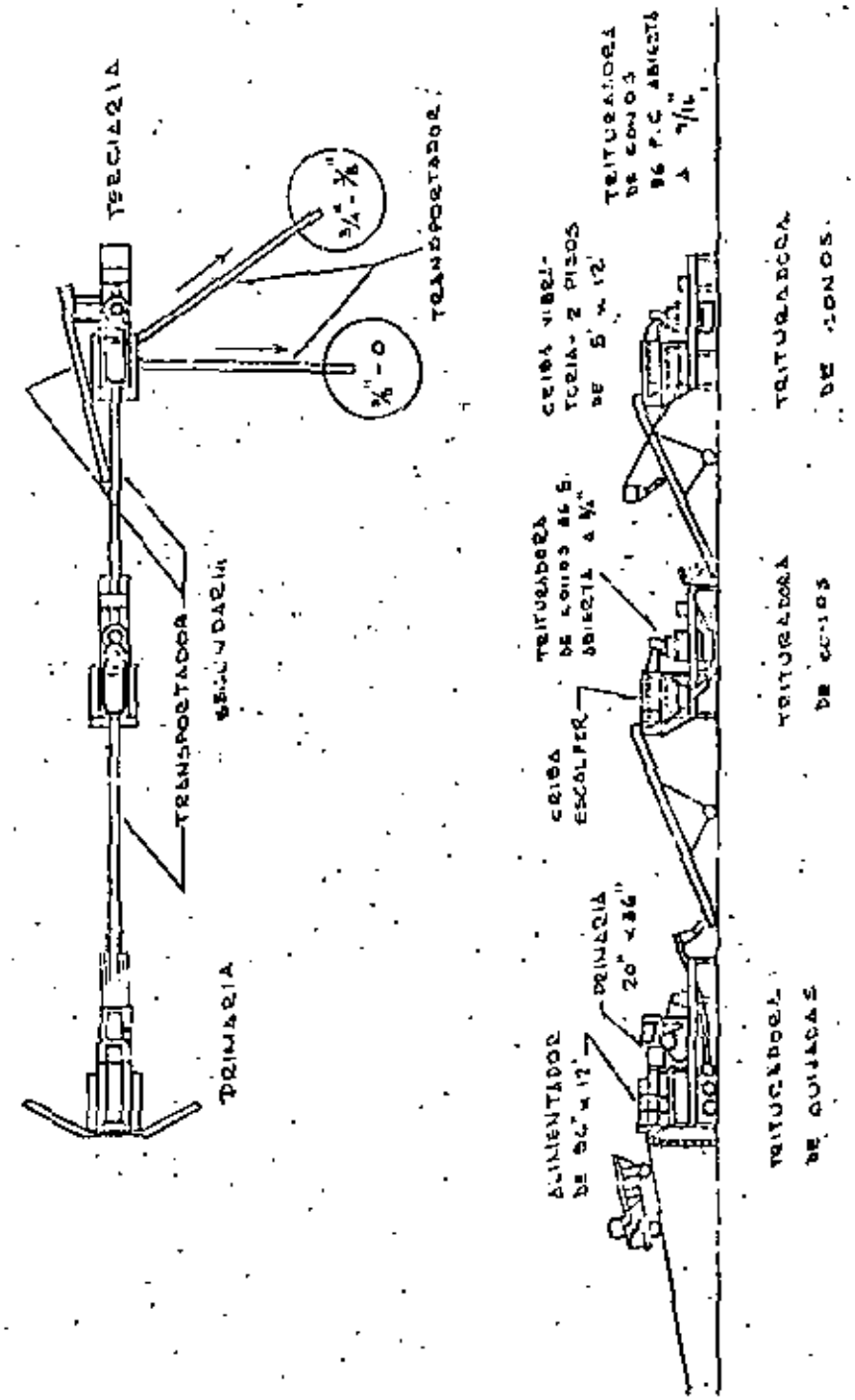
8. Los controles deben ser económicos. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Un mayor número de datos no significa necesariamente mejorar la información; por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e 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 alcancen 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.

INSTALACION PORTATIL



2/

PRODUCCION REAL ESPERADA

90 TON. CORTAS.

$$90 \text{ Ton. C.} = 0{,}454 \times 2000 \times 90$$

$$= 81720 \text{ kg}$$

$$= 81{,}72 \text{ ton.}$$

a) HORARIA :

$$Ph = \frac{81{,}72 \text{ ton/hr}}{1{,}5 \text{ ton/m}^3} \times 0{,}70 = 38 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

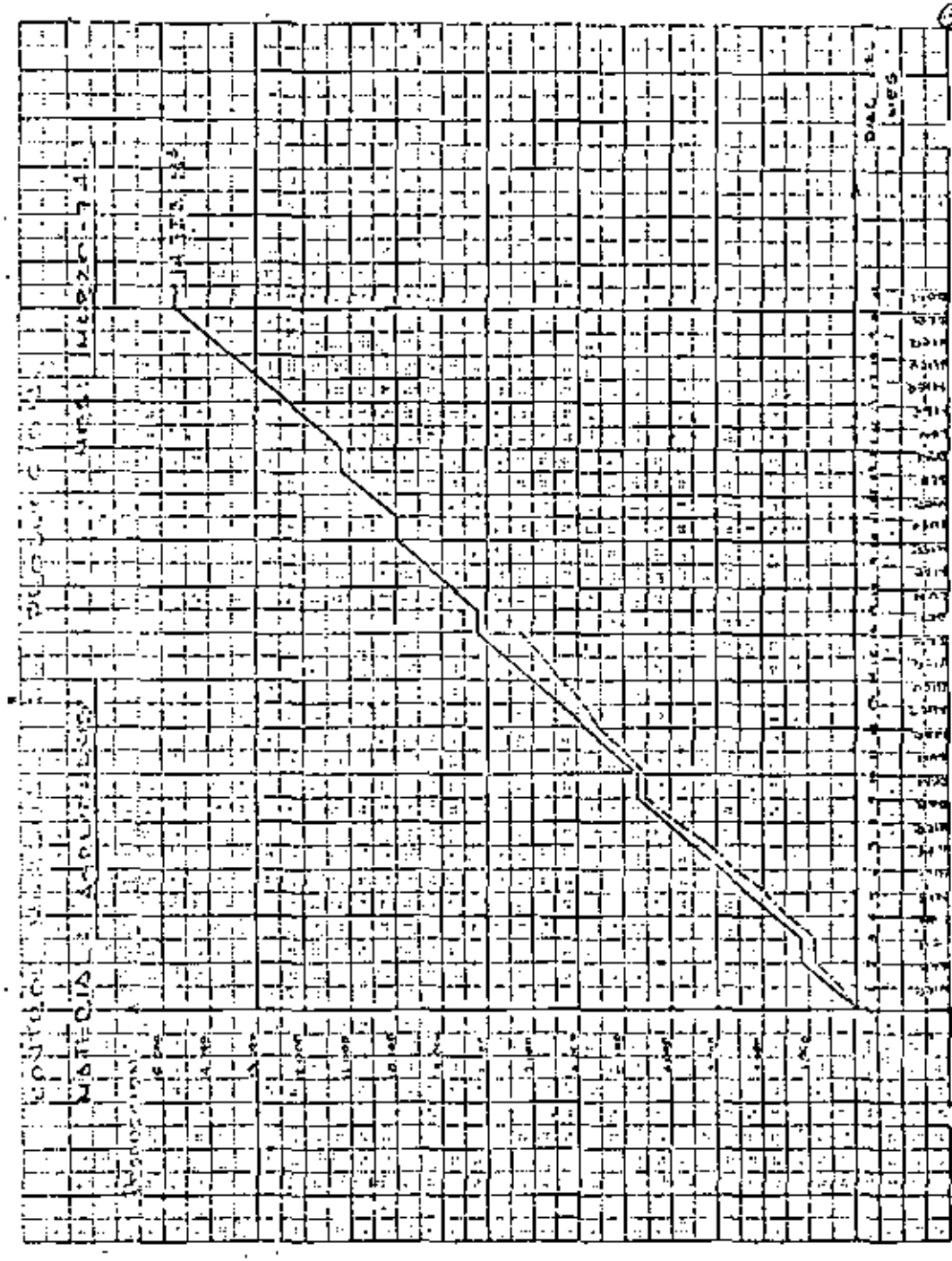
b) MENSUAL :

$$Pm = 38 \frac{M^3}{Hr} \times 15{,}5 \frac{Hr}{Día} \times 25 \frac{Día}{mes}$$

$$= 14725 \text{ M}^3/\text{mes}$$

c) DIARIA :

$$Pd = \frac{14725 \text{ M}^3/\text{mes}}{25 \text{ Día/mes}} = 589 \text{ M}^3/\text{día}$$



(29)

INFORME DIARIO DE PRODUCCION DE AGREGADOS

OBRA : 28 FECHA: VIER.-15-III-74

TIEMPO TEORICO OPERACION : 15:30 HRS.

TIEMPO REAL DE OPERACION : 7:20 HRS.

NUMERO DE DEMORAS : 8

EFICIENCIA : 47.5 %

PRODUCCION REAL : 400 M^3

CAUSA DE DEMORAS	HORAS PERDIDAS	% EFIC. PERDIDA
FALTA DE MATERIAL	0:30	3.2 %
PIEDRAS ATORADAS	2:00	12.9
REPARACION PLANTA LUZ	1:10	7.5
REPARACION TRIPLE	1:30	9.7
SOLDANDO MALLA	1:10	7.5
FALTA ENERGIA ELECT.	0:35	3.7
REPARACION CRIBA	0:40	4.3
FALTA DE MATERIAL	0:35	3.7
TOTAL	8:10	52.5 %

(30)

INFORME DE PRODUCCION SEMANAL

OBRA : 28

PERIODO DEL : 11-III-74 AL 16-III-74

PRODUCCION ESPERADA : 3554 M^3

PRODUCCION OBTENIDA : 2600 M^3

EFICIENCIA : 51.2 %

DIAS	PRODUCCION EN M^3	% EFICIENCIA
LUNES	500 M^3	59.0 %
MARTES	525	62.0
MIERCOLES	300	35.5
JUEVES	425	50.2
VIERNES	400	47.4
SABADO	450	53.1
TOTAL	2600 M^3	51.2 %

CAUSA DE DEMORAS	% HRS. PERDIDAS.
FALTA DE MATERIAL	2.1
PIEDRAS ATORADAS	23.1
REPARACION PLANTA DE LUZ	5.2
REPARACION TRIPLE	6.1
SOLDANDO MALLA	5.2
FALTA ENERGIA ELECT	1.4
REPARACION CRIBA	1.8
REPARACION VIBRADOR	3.5
REPARACION MOTOR	0.4
	47.8

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Ing León Roberto León Rendón

Junio, 1981

io de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

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 sugestiones 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. Utiles 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, cuándo 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 5oa.

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 interrelacione de los componentes.

d) Es una colección de observaciones permamentes 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 tiene validez por estar básados 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 tripié.

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 megnética, 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 blance chart)

Es un conjunto de barras verticales que parten de un mismo eje horizontal, construídas a escala y expresadas en del 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 el 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 desbiancear

Es necesario, al construir las barras, indentificar el % de cada tipo de actividad o tiempo ocioso con un determinado color 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:

Símbolos Usados	Nombre	Resultados	
○	Operación	Producción	Generalmente las más
⇒	Transporte	Movimientos	costosas en construcción
□	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 movi--- mientos tienen un gran valor en le 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 H. 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.- Schiader R. Charles. "Motivation of Construction Craftsmen", Jounal 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 factor a Hecting Site productivity". Building Technology and Management, Abril-1972

8.- Sprinkle B. Howard. "Analysis of Time-Lapse Construction Films", Jounal of Construction Division ASCE. Septiembre-1972.

9.- Fonjahl W. John. "Photographic Analysis for Construction Operations". Journal of the Construction Division ASCH Mayo-1960

10. Shahuma Akiyuki. "Video Time Study", Industrial Engineering, Febrero-1975

11. Halpin W. Daniel, R. W. Woodhead, Design of Construction and Precoss Operation. J. Wiley and Sons, - 1976

Figura 1 METODO ORIGINAL

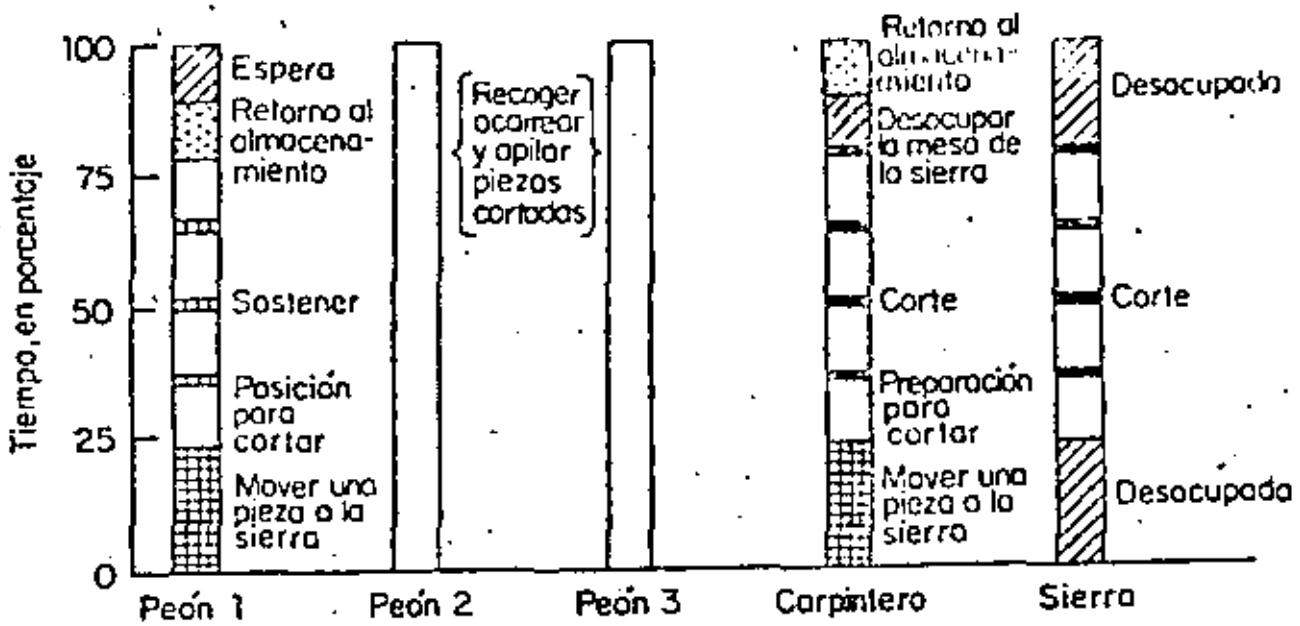


Diagrama de balance de recursos

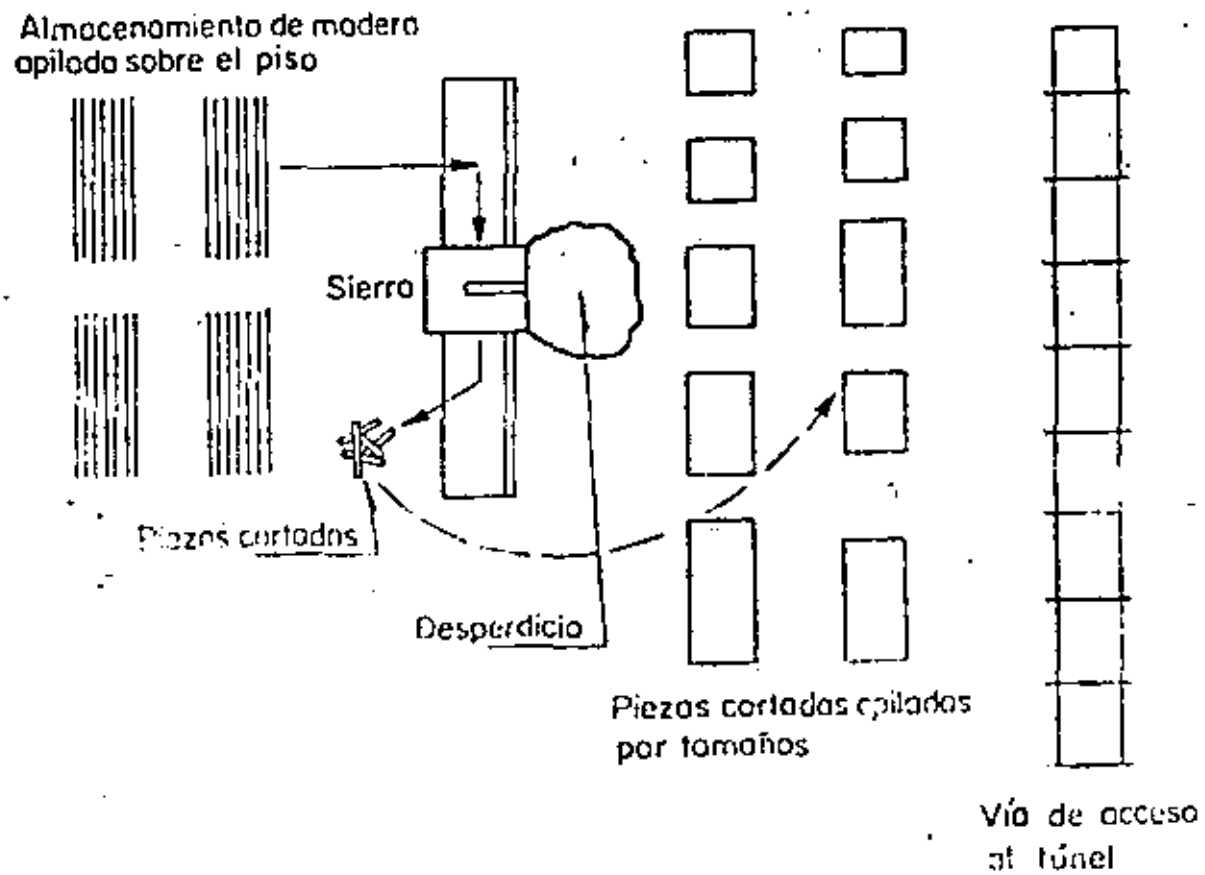


Diagrama de flujo

Figura 2 METODO PROPUESTO (alternativa a)

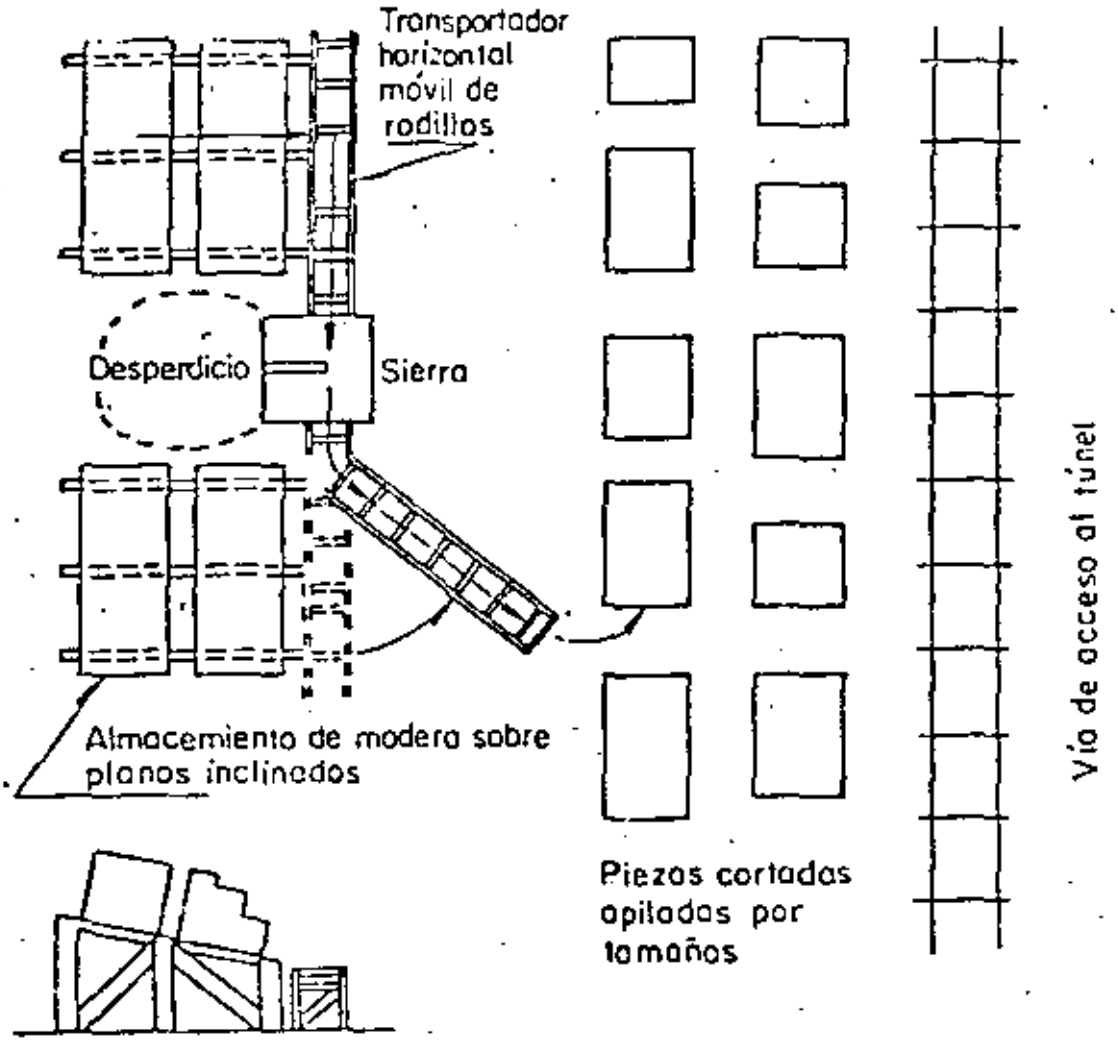


Diagrama de flujo

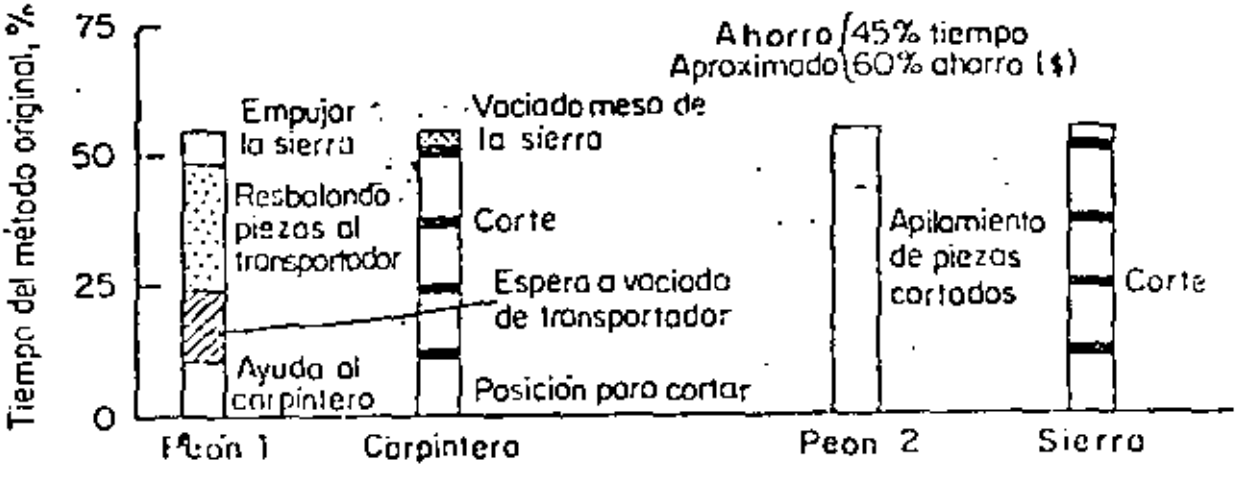
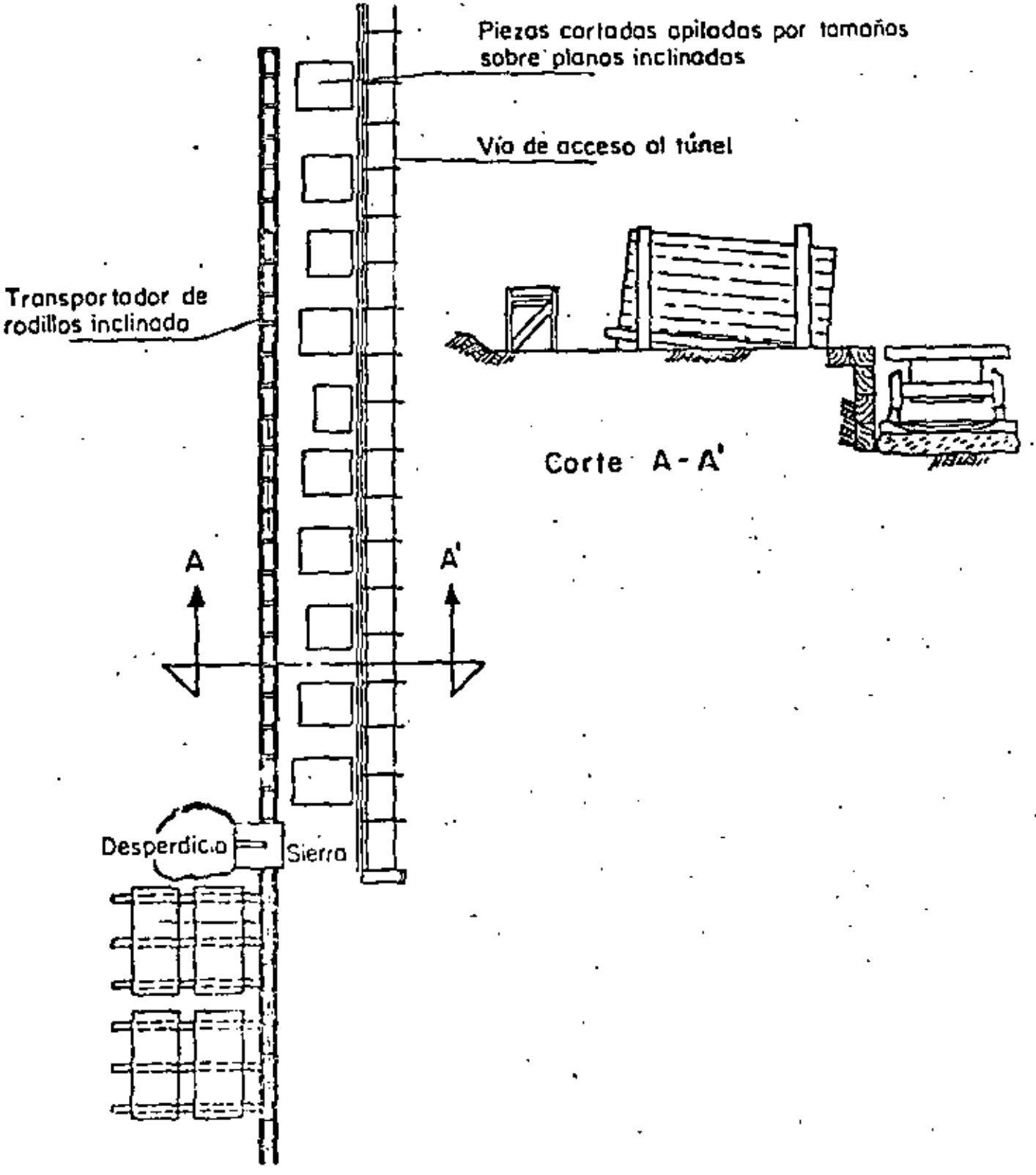


Diagrama de balance de recursos

Figura 3 METODO PROPUESTO (alternativa B)



DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

Ing. José Piña Garza

JULIO, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

Ing. José Piña Garza

El proceso inflacionario que atraviesa nuestro país desde hace algunos años incide directamente en la Industria de la Construcción ocasionando alteraciones importantes en los precios de adquisición de maquinaria, en los costos unitarios y, consecuentemente, en los criterios de operación y selección de equipo.

El objetivo de este tema es la presentación de algunos conceptos que conviene tomar en cuenta para la determinación de costos en el uso del equipo de construcción ante este proceso inflacionario.

De hecho todos en nuestro medio percibimos los efectos de la inflación. Un ejemplo concreto en equipos de construcción lo tenemos en el tractor D-8 cuyas características no han variado en los últimos años; podemos afirmar, por tanto, que se trata de un mismo producto. Los precios de adquisición con el transcurso del tiempo se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1.

AÑO	PRECIO U.S. DLLS.	PRECIO $ MEX.	INDICE DE PRECIOS
1972	72,000	900,000	20.49
1973	73,000	913,000	20.78
1974	113,000	1'413,000	32.16
1975	125,000	1'563,000	35.58
1976	127,000	1'588,000 (1)	36.15
		2'489,000 (2)	56.66
1977	143,000	3'218,000 (3)	73.25
1978	145,000	3'335,000 (4)	75.92
1979	166,000	3'818,000	86.91
1980	191,000	4'393,000	100.00

Tipo de cambio (1) 1 U.S. DLLS. = 12.50 $ Mex.
(2) 1 U.S. DLLS. = 19.60 $ Mex.
(3) 1 U.S. DLLS. = 22.50 $ Mex.
(4) 1 U.S. DLLS. = 23.00 $ Mex.

Es evidente la pérdida del valor adquisitivo con el transcurso del tiempo; además observamos que dicha pérdida es diferente si se mide en pesos o en dólares, lo que pone de manifiesto una mayor pérdida del valor adquisitivo en México con respecto a Estados Unidos.

Por lo que se refiere a nuestra moneda, el Banco de México elabora periódicamente los índices de precios al consumidor (tabla 2) que pretenden medir la pérdida en el valor adquisitivo, revaluando el precio de adquisición de una canasta representativa de bienes y servicios a los precios de mercado y dividiendo el importe así obtenido entre el que resulte de aplicar los precios constantes de un determinado año base. Observamos que dicha pérdida es también diferente de la que se aprecia para el caso concreto del tractor D-8.

A fin de lograr una comprensión respecto a las causas del fenómeno, es pertinente plantear el diagrama de circulación económica (fig. 1) que esquematiza los principales componentes del sistema de economía mixta vigente en nuestro país. Muestra en primer término a los <u>organizadores de la producción</u> (empresas o personas) que se encargan de producir los <u>bienes</u> o proporcionar los <u>servicios</u> que se <u>ofrecen</u> en el <u>mercado de bienes y servicios</u>.

Para producir tales bienes y servicios, los organizadores de la producción requieren de <u>mano de obra</u> y de <u>capital</u> que los obtienen a cambio de un <u>salario</u> y de una <u>renta</u>; además requieren de los <u>insumos</u> y <u>bienes de capital</u> que adquieren de otros productores, que a su vez requirieron de mano de obra y capital para producirlos.

La mano de obra y el capital son los <u>factores de la producción</u> que <u>ofrecen</u> sus propietarios, las familias de una sociedad, en el <u>mercado de factores</u>.

(El análisis clásico considera a los recursos naturales, cuando son susceptibles de apropiación, como un tercer factor de la producción; para

Tabla 2

B A N C O D E M E X I C O, S.A.
SUBDIRECCION DE INVESTIGACION ECONOMICA Y BANCARIA
SISTEMA CENTRAL DE INFORMACION-SISCEI-BANXICO

TITULO DE LA SERIE...SD2981 INDICE GENERAL DE PRECIOS AL MAYOREO 211 ARTICULOS EN LA CD.DE MEXICO
BASE 1929 = 1.0

FUENTE DE INFORMACION...

HOJAS DE TRABAJO DEL
INDICE GENERAL DE PRECIOS AL MAYOREO
211 ARTICULOS EN LA CIU. DE MEXICO

SERIE DE TIEMPO CON PERIODICIDAD MENSUAL

AÑO.	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1930	3.303	3.372	3.423	3.354	3.120	3.372	3.303	3.303	3.303	3.354	3.251	3.096
1931	3.234	3.200	3.146	3.073	2.976	2.670	2.656	2.604	2.624	2.580	2.529	2.546
1932	2.563	2.460	2.477	2.512	2.560	2.735	2.642	2.635	2.770	2.604	2.838	2.873
1933	2.787	2.773	2.804	2.821	2.787	2.755	2.810	2.856	2.642	2.924	2.924	2.976
1934	3.010	3.045	3.062	3.146	3.062	3.010	3.045	3.010	3.045	2.993	2.976	3.028
1935	3.062	3.028	3.045	3.010	2.976	2.973	3.028	3.028	3.079	3.045	3.028	3.010
1936	3.010	3.010	3.045	3.114	3.131	3.148	3.217	3.236	3.404	3.406	3.440	3.372
1937	3.561	3.612	3.630	3.723	3.714	3.774	3.691	3.622	3.622	3.622	3.925	3.794
1938	3.905	4.008	4.058	4.025	4.037	4.077	4.090	4.042	4.156	4.146	4.111	3.991
1939	4.042	4.006	3.991	4.025	4.025	4.060	4.077	4.126	4.170	4.215	4.111	4.025
1940	4.060	4.124	4.197	4.197	4.180	4.146	4.163	4.077	4.025	4.042	4.025	4.042
1941	4.146	4.197	4.232	4.266	4.287	4.436	4.404	4.421	4.455	4.507	4.524	4.493
1942	4.559	4.645	4.731	4.799	4.885	4.885	4.868	4.817	4.851	4.903	4.989	5.040
1943	5.109	5.315	5.436	5.694	5.914	6.104	5.711	6.024	6.055	6.072	6.210	6.279
1944	6.330	6.537	6.743	7.016	7.122	7.225	7.397	7.320	7.449	7.517	7.552	7.517
1945	7.517	7.535	7.636	7.694	7.985	7.999	8.068	8.137	8.119	8.119	8.274	8.343
1946	8.377	8.498	8.721	8.825	8.497	9.117	9.134	9.255	9.599	9.736	9.657	9.822
1947	9.994	9.893	9.736	9.771	9.773	9.633	9.444	9.461	9.599	9.666	9.771	9.719
1948	9.736	9.994	10.012	9.994	10.156	10.373	10.424	10.751	10.620	10.941	10.837	10.751
1949	10.803	10.837	11.009	11.233	11.371	11.405	11.594	11.525	11.766	11.852	11.773	11.749
1950	11.525	11.063	12.179	12.294	12.242	12.294	12.273	12.449	12.667	13.074	13.297	13.435
1951	13.776	14.344	15.025	15.413	15.774	16.232	15.640	15.551	15.740	15.604	16.136	16.084
1952	16.101	16.015	16.170	16.292	16.237	16.217	16.615	16.015	15.757	15.895	15.926	15.740

Continúa Tabla 2

1953	15.499	15.379	15.455	15.516	15.740	15.473	15.675	15.826	15.946	16.067	15.643	15.843
1954	15.243	15.895	16.650	16.443	17.271	17.495	17.512	17.649	17.598	18.031	18.200	18.423
1955	18.561	18.750	19.109	19.335	19.371	19.421	19.714	19.620	19.970	20.126	20.212	20.161
1956	20.470	20.660	20.642	20.763	20.625	20.451	20.220	20.241	20.241	20.344	20.350	20.505
1957	20.625	20.642	20.763	21.055	21.279	21.245	21.527	21.656	21.743	21.751	21.743	21.778
1958	22.053	21.944	22.102	22.246	22.518	22.446	22.419	22.311	22.031	22.173	22.466	22.569
1959	22.609	22.596	22.727	22.727	22.500	22.518	22.500	22.569	22.278	22.397	22.569	22.638
1960	22.793	22.610	23.300	23.642	23.756	23.729	23.611	23.997	24.117	23.642	23.756	23.659
1961	23.924	23.894	23.842	23.997	23.997	24.014	23.945	23.773	23.724	23.722	23.842	23.859
1962	23.773	23.911	24.117	24.307	24.272	24.307	24.444	24.476	24.518	24.533	24.513	24.410
1963	24.358	24.461	24.451	24.496	24.565	24.451	24.532	24.444	24.427	24.341	24.324	24.496
1964	24.758	25.253	25.238	25.335	25.477	24.425	25.146	25.541	25.579	25.545	25.633	25.655
1965	25.719	25.638	25.924	26.244	26.261	26.096	25.975	25.926	26.010	25.992	25.936	25.906
1966	25.992	25.975	25.924	26.375	26.278	26.192	26.354	26.504	26.508	26.594	26.629	26.696
1967	26.852	27.024	27.076	27.042	26.870	26.732	26.621	27.024	27.231	27.317	27.265	27.130
1968	27.179	27.179	27.401	27.609	27.515	27.592	27.523	27.661	27.747	27.661	27.713	27.661
1969	27.781	27.816	27.535	27.926	27.902	28.322	28.297	28.315	28.245	28.699	28.676	28.779
1970	28.899	29.106	29.347	30.069	30.276	30.310	30.256	30.276	30.430	30.000	30.128	30.344
1971	30.603	30.669	30.861	31.170	31.136	31.304	31.273	31.291	31.256	30.952	31.099	31.170
1972	31.187	31.359	31.531	31.669	31.275	31.927	31.996	32.262	32.202	32.258	32.323	32.439
1973	33.475	33.928	34.267	34.359	36.124	36.159	37.076	37.696	39.170	39.720	39.892	41.130
1974	42.487	43.969	44.915	45.155	45.155	45.276	45.675	45.756	45.644	46.033	46.138	46.618
1975	47.055	47.615	47.656	48.349	49.226	50.438	51.021	50.967	51.273	51.520	52.243	52.692
1976	54.174	55.021	55.693	56.168	57.024	57.507	58.952	56.762	62.426	67.656	75.212	77.117
1977	78.872	80.231	81.761	84.118	85.959	86.745	87.367	89.629	90.294	90.105	90.172	91.066
1978	92.158	94.355	96.263	97.519	99.695	101.327	102.490	102.266	101.973	102.593	103.901	105.590
1979	109.216	111.571	112.914	113.444	116.136	117.593	118.518	120.627	122.496	124.784	125.842	126.539
1980	133.368	136.507	138.615	139.594	142.24							

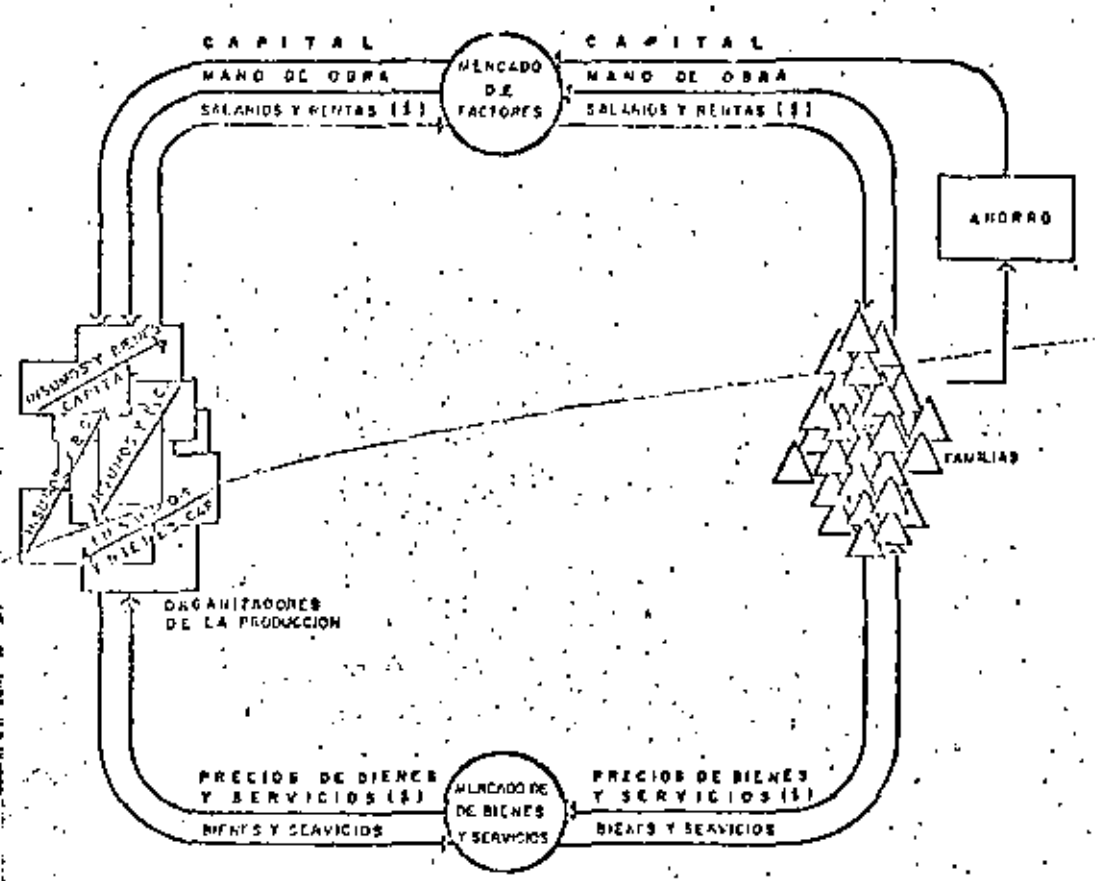


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 1 CIRCUITO BASICO

efectos de esta presentación se los considera incorporados al capital suponiendo la intercambiabilidad entre los elementos que lo forman).

Con el ingreso logrado a cambio de los factores de producción, las familias adquieren en el mercado de bienes y servicios los que requieren para satisfacer sus necesidades, pagando por ellos el precio fijado en el mercado, importe que finalmente reciben los organizadores de la producción por haber proporcionado tales bienes y con el cual pagan a su vez los factores utilizados.

No todo el ingreso de las familias se destina a la adquisición de bienes y servicios, parte de él se destina al ahorro que es la base de la formación de nuevo capital. Con ello se cierra el circuito básico de circulación económica.

El diagrama se complementa (fig.2) con la intervención del Estado, que recibe ingresos vía impuestos, tanto de los organizadores de la producción como de las familias, con los cuales ocupa factores y adquiere bienes para proporcionar servicios institucionales que, por sus características, por su naturaleza o por su redituabilidad, no deben o no pueden ser proporcionados por las empresas privadas.

El sistema debe permanecer en equilibrio; esto es, el total del ingreso logrado por las familias en un cierto período (una vez descontado el ahorro) tiende a ser igual al importe total de los bienes y servicios producidos en el mismo período.

El diagrama permite comprender las causas y efectos del proceso inflacionario si se considera que el sistema tiende a mantener el equilibrio entre el ingreso y el gasto. Las leyes de oferta y la demanda mantienen este equilibrio, toda vez que si se presenta un excedente en el ingreso, las familias demandan más bienes y servicios de los que los productores proporcionaron, logrando con ello la escasez de productos y el correspondiente incremento en los precios, de manera que el total del

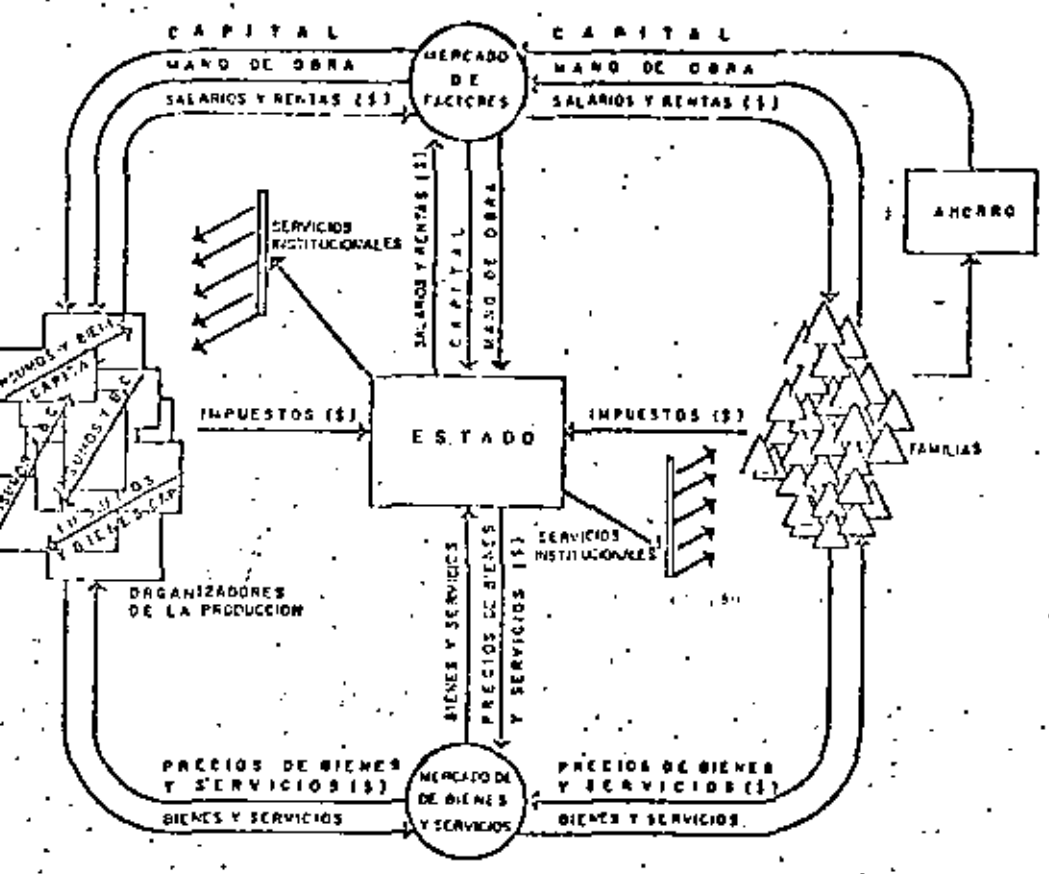


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 2 INTERVENCION DEL ESTADO

ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibra con el valor de los productos disponibles en el mercado. De manera semejante, si los productores ofrecen más bienes y servicios de los que las familias pueden adquirir normalmente, se presenta un fenómeno de abundancia con el respectivo abatimiento de precios, que origina por una parte, la disminución del ritmo de producción, y por otra, que nuevamente el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibra con el valor de los productos disponibles en el mercado.

Cuando se presenta un desequilibrio temporal en el mercado de bienes y servicios, ya sea por exceso de gasto público no soportado por el correspondiente incremento en producción (emisión de moneda por arriba de lo razonable), o bien cuando con el mismo esfuerzo se obtiene menor producción (como ocurrió en 1973 en el sector agropecuario a nivel mundial aunado a la crisis petrolera) se origina un claro fenómeno de escasez, el cual motiva la elevación de precios.

Ante la elevación de precios, los propietarios de los factores demandan y generalmente obtienen un mayor pago con la intención de satisfacer las necesidades que venían cubriendo con su ingreso anterior. Los organizadores de la producción se ven precisados a transferir al precio de venta el importe adicional que pagaron por los factores utilizados, con lo que se cierra el circuito y nuevamente se produce una elevación de precios originando que los propietarios de los factores exijan un nuevo incremento de salarios y rentas, estableciéndose el circulo elevación de salarios-elevación de precios. Es importante observar que la inflación puede continuar a pesar de haber desaparecido el detonante que la motivó inicialmente.

El sistema económico es un producto de la evolución sociológica; sin embargo, la administración pública ha intentado controlarlo con el propósito de modificar su comportamiento, de manera que puedan cumplirse con algunos objetivos de carácter socioeconómico.

Es preciso reconocer que, entre otros aspectos, el proceso inflacionario limita la inversión en organizaciones de producción y, en consecuencia, limita el crecimiento económico y las oportunidades de empleo, dificulta las relaciones con economías externas por la falta de consistencia monetaria en el mercado internacional, de ahí que la administración pública intervenga para estabilizar el proceso con diversas medidas, entre las que se pueden mencionar: la reducción del gasto público y su orientación al fomento de actividades productivas, la modificación de la política impositiva para evitar la especulación con bienes raíces, la creación de nuevos impuestos sobre ingresos extraordinarios, las restricciones y controles sobre precios, etc.

No todas las medidas tienen el efecto deseado por lo que generalmente se presenta en forma simultánea un proceso de recesión, que se manifiesta en un alto grado de desempleo motivado por el cierre de entidades productivas que no pueden transferir al precio de venta los incrementos de costo, ya sea por las restricciones de precios o por la falta de demanda ocasionada a su vez por lo reducido del ingreso.

Con la reducción de la demanda de bienes y servicios por los trabajadores sin empleo, otras empresas se ven obligadas a cerrar sus líneas de producción generando más desempleo y nuevamente se tiene un círculo por falta de demanda-abatimiento de producción-desempleo-falta de demanda.

Se deben considerar adicionalmente las relaciones con economías externas (fig. 3) a las cuales recurren los organizadores de la producción y las familias para adquirir insumos y bienes de capital, así como bienes y servicios, cuyo intercambio debe compensarse con la exportación de otros bienes para que el sistema permanezca en equilibrio, con la posibilidad de que, como ocurre en nuestro país, el déficit en la balanza de pagos se tenga que cubrir con empréstitos del exterior, aunados a la aceptación de inversiones extranjeras.

Ahora bien, cuando el proceso inflacionario de un país presenta índices

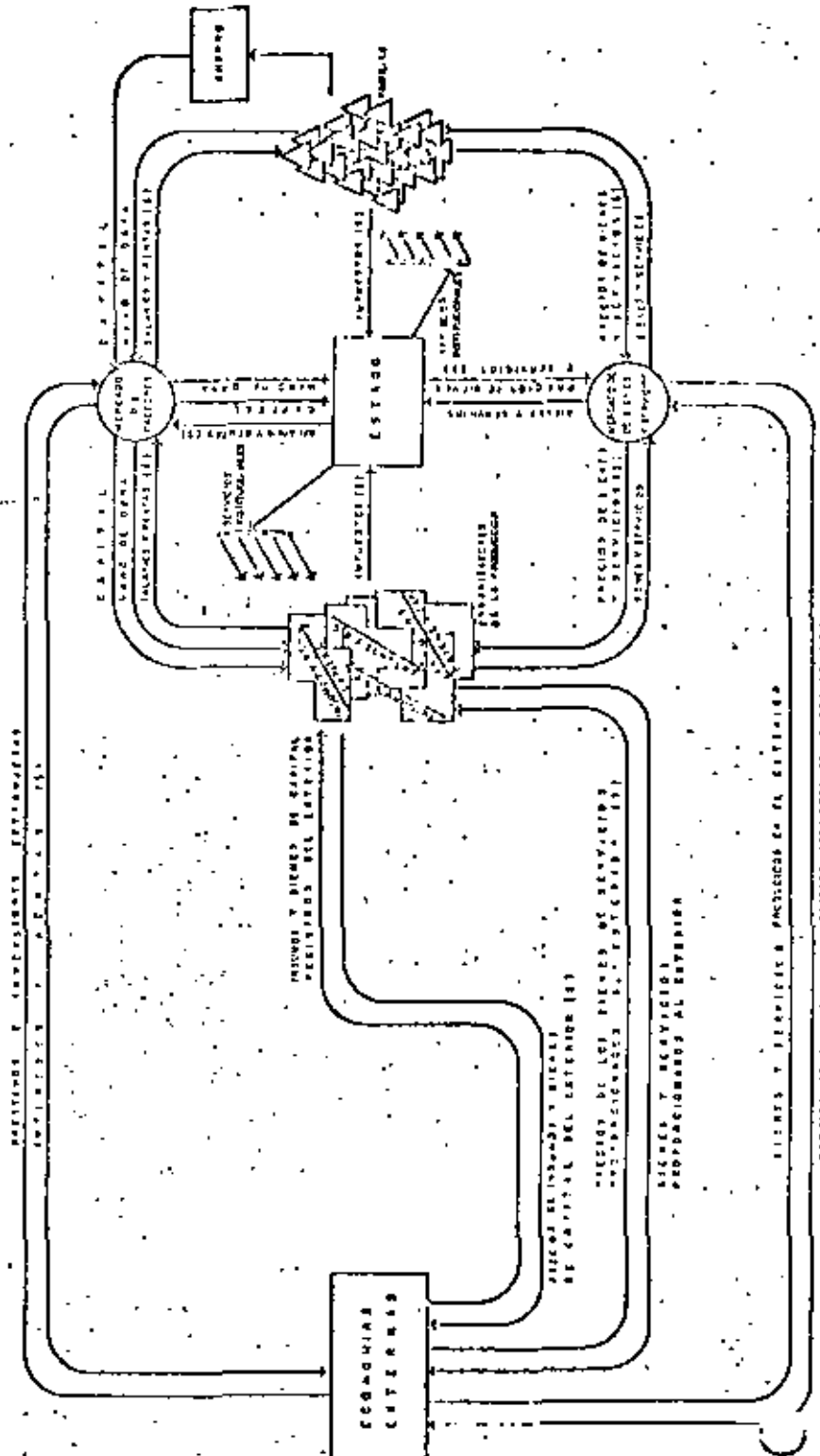


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig. 3

superiores al promedio de los países con los que intercambia bienes y servicios, esto es, cuando sus precios se incrementan con mayor rapidez, dicho país se ve obligado a cambiar la paridad de su moneda (devaluaría) con respecto a la escala monetaria vigente en el mercado internacional, ya que de no hacerlo, los productos elaborados dentro del sistema productivo del país serán cada vez más costosos que en otros sistemas, ocasionando con ello la cada vez menor venta de productos al exterior y simultáneamente la cada vez mayor adquisición (legal e ilegal) de productos del exterior por parte de personas y empresas del propio sistema, acelerando el equilibrio en la balanza de pagos que sólo puede ser compensado con mayores inversiones extranjeras y empréstitos. Si por otro lado, por razones políticas (a veces inexplicables) se sostiene artificialmente la paridad cambiaria, además de acelerar el proceso de desequilibrio por adquisición de bienes del exterior, se llega rápidamente al límite del endeudamiento y se suspenden las inversiones por falta de competitividad, presentándose entonces el derrumbe económico del país en cuestión con repercusiones que resultan profundamente negativas. (Ejemplo: México en septiembre de 1976).

No es fácil detener la inflación, puesto que existen elementos distorsionantes que crean profundas confusiones, y que mantienen la tendencia inflacionaria.

A título ilustrativo se presenta un ejemplo de lo que ocurre en los precios de una organización de producción que con la misma tecnología produce, en dos épocas distintas, igual cantidad de un mismo producto.

La distribución del ingreso en 1970 ($50') se destina en 30% a la mano de obra, 60% al capital y 10% en impuesto de ventas, mientras que en 1981, suponiendo un costo de mano de obra equivalente a siete veces el de 1970 y un capital de sólo seis veces el de 1970, implica una distribución de 16% para el factor trabajo y de 74% para el capital, y resultando un precio 13 veces mayor que el de 1970, (fig. 4).

De este análisis simplista cabría suponer el abuso de los organizadores

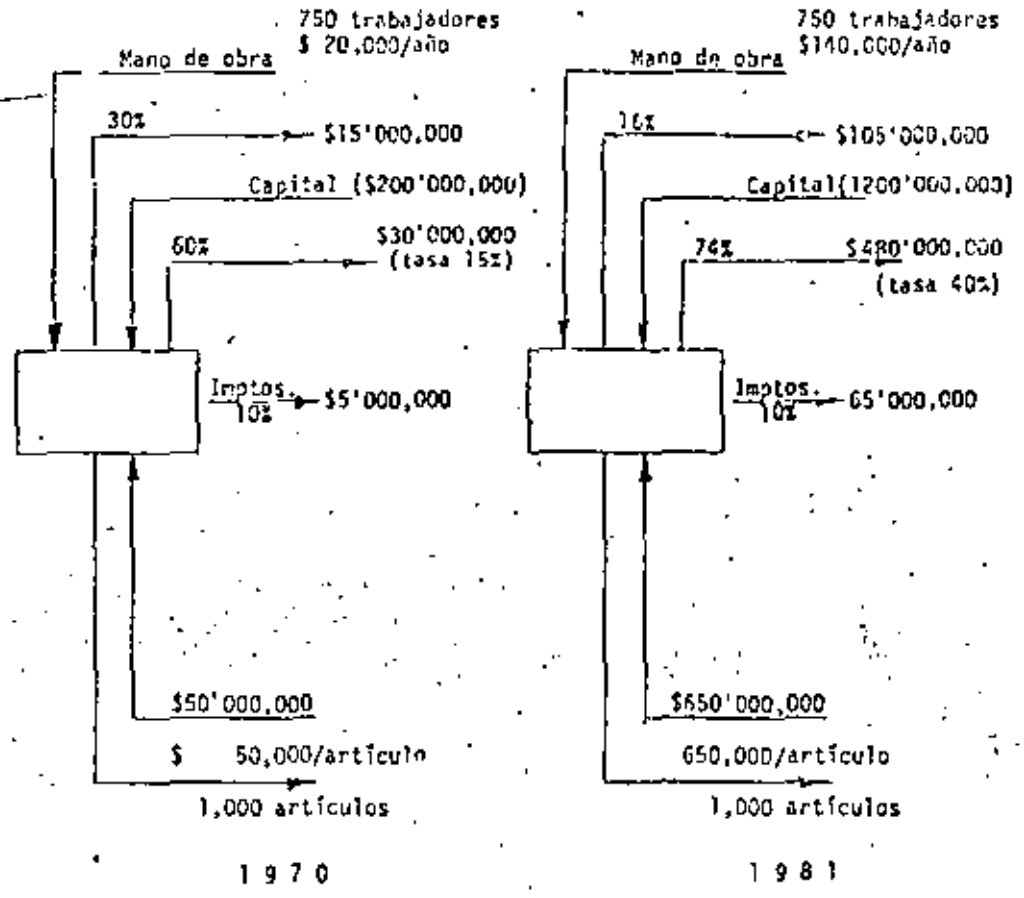


Fig. 4 - Ejemplo de distribución del producto.

de la producción en favor del capital y en detrimento del factor trabajo; pero si se analiza después de impuestos y reparto de utilidades, resulta que también el Estado es beneficiario de la inflación al incrementar su participación del 35% al 41%. Pero si adicionalmente se considera el efecto inflacionario, se tiene entonces que el rendimiento del capital considerado como utilidad, además de que no alcanza a superar las tasas de interés bancario, resulta insuficiente aún para no disminuir en términos reales el capital del año anterior.

Evidentemente de estos análisis simplistas solo se pueden obtener conclusiones equivocadas; el origen fundamental de la confusión es el proceso inflacionario, el cual amerita cuidadosas consideraciones para precisar el efecto que verdaderamente puede ocasionar en los precios. El análisis que a continuación se presenta trata de ilustrar una manera de conocer estos efectos en lo relativo a los costos de equipos de construcción, considerando previamente la discusión de los conceptos de rendimiento real y rendimiento aparente de capital.

Tal diferenciación surge en los propietarios de capital por encontrar un mejor "valor de oportunidad" para el patrimonio, que en muchos casos han logrado formar a través de un gran esfuerzo en un período de prolongado tiempo, y que conviene precisar a través de un ejemplo.

Supongamos a una persona que ha logrado mediante al ahorro, un capital de $10'000,000 y se encuentra ante la decisión de dónde invertir su patrimonio, para lo cual considera tres alternativas.

1) Invertir en valores de renta fija a largo plazo en un banco del país con rendimiento de 33% anual.

2) Invertir en valores de renta fija en dólares y en un banco extranjero con rendimiento de 20% anual.

3) Invertir en la construcción de un edificio de departamentos con rendimiento de 14% anual, menos gastos de administración y mantenimiento.

Esta persona está consciente del proceso inflacionario y ha estimado la tasa de inflación para nuestro país en 30%, e igualmente ha estimado la tasa de inflación en dólares en 15%, con lo cual ha formado las siguientes tablas (ver tablas 3, 4 y 5) que muestra los rendimientos reales de su capital para las alternativas. Lo importante de las tablas es que muestran la diferencia entre rendimiento real y rendimiento aparente del capital invertido.

De estas alternativas elegiría obviamente la última que representa el (mejor) valor de oportunidad para su inversión, y que corresponde al mayor rendimiento real aun cuando el rendimiento aparente sea el menor de las alternativas consideradas.

Pasemos ahora al análisis de la inversión en maquinaria de construcción; en el cálculo correspondiente se ha supuesto una inflación de sólo 17% y se establece como premisa el "deseo" de obtener un rendimiento real de 7% sobre el capital invertido. Cualquier variación en estas cifras podrá introducirse fácilmente, sobre todo si se cuenta con una computadora electrónica para efectuar el proceso de cálculo con los nuevos datos.

Para evitar confusiones se supone una división explícita de la operación de la empresa (y por lo tanto sus procedimientos administrativos y contables) agrupando por una parte todo lo relativo a equipo de construcción y por otro a las actividades propiamente de construcción.

Esta división es conveniente en cuando a que permite distinguir hasta qué grado las utilidades de la empresa se origina en la actividad constructora "per se", de las que se derivan del rendimiento al capital invertido en el equipo, además de que presenta ventajas en cuanto a manejo de información, responsabilidad y autoridad para tomar decisiones, tanto por lo que respecta a la maquinaria, como por lo que se refiere a la actividad constructora.

En consecuencia supondremos que la División Maquinaria proporcionará a la

CASO 1.- VALORES DE RENTA FIJA A LARGO PLAZO (33%)

AÑO	CAPITAL A PRECIOS CTES.	CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES	RENDIMIENTO DE CAPITAL 33%	CANTIDAD QUE REINVIERTE 30%	CANT. DISP. SIN (SIN IMPS.) 3%
1	10'000	10'000	3'300	3'000	300
2	10'000	13'000	4'290	3'900	390
3	10'000	16'900	5'577	5'070	507
4	10'000	21'970	7'250	6'591	659
5	10'000	28'561	9'425	8'568	857
6	10'000	37'129	12'563	11'139	1'114
7	10'000	48'268	15'928	14'480	1'448
8	10'000	62'749	20'707	18'825	1'882
9	10 000	81'573	26'919	24'472	2'447
10	10'000	106'045	34'995	31'813	3'181
11	10'000	137'858	45'493	41'358	4'136
12	10'000	179'216	59'141	53'765	5'376
13	10'000	232'981	76'884	69'894	6'989
14	10'000	302'875	99'949	90'863	9'086
15	10'000	393'738	129'933	118'121	11'812

15

TABLA (4)

CASO 2.- VALORES DE RENTA FIJA EN DOLARES (20% ANUAL)

CAPITAL A PRECIOS CTES.	CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES 15%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 20%	CANTIDAD QUE REINVIERTE 15%	CANTIDAD DISPONIBLE 5%	TASA DE CAMBIO	CANT. DISP. (SIN IMPS.)
417	417	83	63	20	24.00	500
417	479	96	72	24	27.13	650
417	551	110	83	28	30.67	843
417	634	127	95	32	34.67	1'100
417	729	146	109	36	39.19	1'428
417	838	168	126	42	44.30	1'856
417	964	193	145	48	50.08	2'413
417	1'108	222	166	55	56.61	3'137
417	1'275	255	191	64	64.00	4'079
417	1'466	293	220	73	72.35	5'302
417	1'686	337	253	84	81.78	6'893
417	1'938	388	291	97	92.45	8'961
417	2'229	446	334	111	104.51	11'649
417	2'564	513	385	128	118.14	15'144
417	2'948	590	442	147	133.55	19'687

16

División Construcción el equipo que requiera esta última, sobre bases prestablecidas que señalen claramente el pago de todos los conceptos por utilización de equipo, incluyendo el rendimiento al capital invertido en el mismo, a fin de que la División Construcción se preocupe exclusivamente por generar la utilidad correspondiente al capital de trabajo necesario para cumplir con las condiciones, especificaciones y programas del contrato de construcción, que debe ser cuando menos equivalente al valor de oportunidad resultante de un rendimiento real de 7% con inflación de 17% y que equivale a un 25.19% anual aparente. (1.17 X 1.07 = 1.2519).

Analicemos ahora el rendimiento al capital invertido en el equipo a partir de los pagos que debe efectuar la División de Construcción, mediante una revisión de los conceptos incluidos en la determinación de tarifas del equipo, básicamente por lo que se refiere a (a) Depreciación y (b) Capital Invertido, toda vez que la determinación de los cargos por concepto de seguros, almacenaje y mantenimiento no representa ninguna dificultad.

a) Depreciación

Por lo que respecta a depreciación debe entenderse el concepto en cuanto a que es la cantidad que debe pagarse por la pérdida del valor en el equipo a consecuencia del desgaste por su utilización, con el fin de ir constituyendo una reserva que permita adquirir un equipo "igual" al término de su vida económica.

Tradicionalmente este concepto se calcula mediante la expresión:

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

donde: Va = Valor de adquisición (sin considerar equipo adicional)

CASO 3.- EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

AÑO	VALOR EDIF. A PRECIOS CTES.	VALOR EDIF. A PRECIOS CORRIENTES 30%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 14%	GASTOS DE ADMON. Y MANTO. 7%	CANT. DISPONIBLE (SIN INPS.) 7%
1	10'000	10'000	1'400	700	700
2	10'000	13'000	1'820	910	910
3	10'000	16'900	2'366	1'183	1'183
4	10'000	21'970	3'076	1'538	1'538
5	10'000	28'561	3'998	1'999	1'999
6	10'000	37'129	5'198	2'599	2'599
7	10'000	48'268	6'758	3'379	3'379
8	10'000	62'749	8'785	4'392	4'392
9	10'000	81'573	11'420	5'710	5'710
10	10'000	106'045	14'846	7'423	7'423
11	10'000	137'858	19'300	9'650	9'650
12	10'000	179'216	25'090	12'545	12'545
13	10'000	232'981	32'617	16'309	16'309
14	10'000	302'875	42'403	21'201	21'201
15	10'000	393'738	55'123	27'562	27'562

División Construcción el equipo que requiera esta última, sobre bases prestablecidas que señalan claramente el pago de todos los conceptos por utilización de equipo, incluyendo el rendimiento al capital invertido en el mismo, a fin de que la División Construcción se preocupe exclusivamente por generar la utilidad correspondiente al capital de trabajo necesario para cumplir con las condiciones, especificaciones y programas del contrato de construcción, que debe ser cuando menos equivalente al valor de oportunidad resultante de un rendimiento real de 7% con inflación de 17% y que equivale a un 25.19% anual aparente. (1.17 X 1.07 = 1.2519).

Analicemos ahora el rendimiento al capital invertido en el equipo a partir de los pagos que debe efectuar la División de Construcción, mediante una revisión de los conceptos incluidos en la determinación de tarifas del equipo, básicamente por lo que se refiere a (a) Depreciación y (b) Capital Invertido, toda vez que la determinación de los cargos por concepto de seguros, almacenaje y mantenimiento no representa ninguna dificultad.

a) Depreciación

Por lo que respecta a depreciación debe entenderse el concepto en cuanto a que es la cantidad que debe pagarse por la pérdida del valor en el equipo a consecuencia del desgaste por su utilización, con el fin de ir constituyendo una reserva que permita adquirir un equipo "igual" al término de su vida económica.

Tradicionalmente este concepto se calcula mediante la expresión:

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

donde: Va = Valor de adquisición (sin considerar equipo adicional)

CASO 3.- EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

AÑO	VALOR EDIF. A PRECIOS CTES.	VALOR EDIF. A PRECIOS CORRIENTES 30%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 14%	GASTOS DE ADMON. Y MANTO. 7 %	CANT. DISPONIBLE (SIN INPS.) 7%
1	10'000	10'000	1'400	700	700
2	10'000	13'000	1'820	910	910
3	10'000	16'900	2'366	1'183	1'183
4	10'000	21'970	3'076	1'538	1'538
5	10'000	28'561	3'998	1'999	1'999
6	10'000	37'129	5'198	2'599	2'599
7	10'000	48'268	6'758	3'379	3'379
8	10'000	62'749	8'785	4'392	4'392
9	10'000	81'573	11'420	5'710	5'710
10	10'000	106'045	14'846	7'423	7'423
11	10'000	137'858	19'300	9'650	9'650
12	10'000	179'216	25'090	12'545	12'545
13	10'000	232'981	32'617	16'309	16'309
14	10'000	302'875	42'403	21'201	21'201
15	10'000	393'738	55'123	27'562	27'562

Vr = Valor de rescate

Ve = Vida económica

Ejemplo : Motoescrepa Terex TS-14

Valor total = $ 3'300,000

Llantas = 340,000

Va $ 2'960,000

Vr = $ 330,000

Ve = 10,000 Horas.

de donde:

$$D = \frac{2'960,000 - 330,000}{10,000} = \$263.00/\text{hora}$$

Revisemos ahora si con la tarifa anterior podemos adquirir una escrepa al final de su vida económica, suponiendo que la tasa de inflación será de 17% anual (y constante) durante los próximos cinco años.

Planteamiento A

Año final	Horas de trabajo anual	Aportación a la reserva.	Valor acumulado en la reserva
1	2,000	$ 526,000	$ 526,000
2	2,000	526,000	1'052,000
3	2,000	526,000	1'578,000
4	2,000	526,000	2'104,000
5	2,000	526,000	2'630,000

Valores de adquisición y rescate al quinto año.

Valor de adquisición $2'960,000 x$(1+0.17)^5$ = $ 6'409,600

Valor de rescate 330,000 x$(1+0.17)^5$ = 723,500

Valor que debiera existir en reservas $ 5'766,000

Valor existente 2'630,000

Déficit $ 3'136,000

Es evidente que la reserva no permite la adquisición de un nuevo equipo al término de su vida económica, podíamos incluso haber obviado el cálculo anterior ante el razonamiento de que, si la inflación es de 17%, también la tarifa debe ser creciente en el mismo porcentaje. Revisemos este caso.

Planteamiento B

Año final	Horas trabajo anual	Tarifa precios. ctes.	Tarifa Precios corrtes.	Aportación a la reserva.	Valor acumulado en reserva.	
I	2,000	$263.00	$ 263.00	526,000	526,000	
2 (1)	2,000	263.00	307.71	615,400	1'141,400	(615,400)
3 (2)	2,000	263.00	360.02	720,000	1'861,400	(1'335,400)
4 (3)	2,000	263.00	421.22	842,400	2'703,800	(2'177,800)
5 (4)	2,000	263:00	492.83	985,700	2'703,800	(3'163,500)
(5)	(2,000)	(263.00)	(576.61)	(1'153,200)		(4,316,700)

Entre paréntesis se indican los valores si desde el primer año ya se aplica la tarifa con un incremento de 17%.

Observamos que en ninguno de los dos casos anteriores se llega a satisfacer tampoco la premisa básica de la reserva de depreciación.

Es lógico entonces que surja la inquietud de plantear el problema al revés; es decir que se determine primero el monto que debe tenerse en la reserva al término de cada año y se calcule en consecuencia la tarifa de depreciación.

Planteamiento C

Año final	Valor en la reserva a precios ctes.	Valor en la reserva a precios corrtes.	Aportación a la reserva en el año	Tarifa	Incremento anual en la tarifa
1	526,000	615,400	615,400	307.70	-
2	1'052,000	1'440,100	824,700	412.40	34.0%
3	1'578,000	2'527,300	1'087,200	543.60	31.8
4	2'104,000	3,942,700	1'415,400	707.70	30.2
5	2'630,000	5'766,100	1'823,400	911.70	28.8

Lo que está muy lejos de representar una solución puesto que resulta imposible justificar o negociar incrementos en precios del orden de 30% ante una inflación reconocida de sólo el 17%, aún en contratos con cláusulas de escalación.

Puede entonces recurrirse al cálculo de la tarifa tomando los valores futuros de adquisición y rescate, lo que posiblemente nos dejaría fuera de mercado.

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{6'489,600 - 723,500}{10,000} = \$576.41$$

la cual se considera constante durante la vida económica.

Para reducir esta cifra trataríamos de aprovechar la cláusula de escalación para determinar una tarifa con incremento anual de 17%. y que nos permitiera adquirir el equipo al término de su vida económica, además de presentar una situación más competitiva.

El cálculo se muestra en la siguiente tabla, cuyos valores son proporcionales a los del planteamiento B

Planteamiento D

Año final	Horas trabajo anual	Tarifa a precios corrs	Aportación a la reserva.	Valor acumulado a la reserva
1	2,000	$ 411.03/Hr	$ 822,100	$ 822,100
2	2,000	480.90	961.800	1'783,900
3	2,000	562.65	1'125,200	2'909,100
4	2,000	658.30	1'316,600	4,225,700
5	2,000	770.21	1'540,400	5,766,100

Debemos reconocer que los resultados son poco satisfactorios a pesar de que la tarifa tenga un incremento anual de 17% y el importe acumulado en la reserva nos permita adquirir un nuevo equipo al término del desarrollo, porque hemos olvidado considerar el rendimiento del capital incluido en la reserva.

Para resolver el problema recurriremos al concepto básico de depreciación que está implícito de la expresión:

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

significa simplemente que la reserva acumulada debe ser revaluada en función de la tasa de inflación, concretamente significa que el capital inicialmente invertido en el equipo, (que se va recuperando con su operación transformándose en reserva) tiene un rendimiento, parte del cual -17%- debe aplicarse a la reserva para no disminuir su valor en términos reales -como se hizo en los ejemplos previos del problema de inversión- de modo que el remanente sea el rendimiento real, o neto, del capital recuperado con la operación del equipo.

Para el cálculo partimos de la premisa básica del planteamiento C, cuantificando el monto que debe tenerse en la reserva al término de cada año, pero reconociendo que parte de esa reserva se va a constituir con la tarifa de depreciación y otra parte con el ajuste por inflación a los rendimientos del capital formado por dichas reservas. El cálculo se muestra en las siguientes tablas y considera una tarifa creciente también al 17% anual.

Para facilidad de exposición se presenta primero una tabla con valor inical de tarifa de 1000.00 y después se calcula una tabla proporcional en función del valor acumulado en la reserva que se desea.

Planteamiento E

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Año	Tarifa	Aportación a la reserva.	Acuculado en la reserva al inicio año	Valor en la reserva al finalizar el año	Valor medio reserva en año	Revaluación de la reserva
1	1,000.00	2,000.0	0	2,000.0	1,000.0	170.0
2	1,170.00	2,340.0	2,170.0	4,510.0	3,340.0	567.8
3	1,368.90	2,737.8	5,077.8	7,815.6	6,446.7	1,095.9
4	1,601.61	3,203.2	8,911.5	12,114.8	10,513.1	1,787.2
5	1,873.89	3,747.8	13,902.0	17,649.8	15,775.9	2,681.9
			20,331.7			
1	283.60	567,200	0	567,200	283,600	48,200
2	331.81	663,600	615,400	1'279,000	947,200	161,000
3	333.22	776,400	1'440,100	2'216,500	1,828,300	310,800
4	454.22	908,400	2'527,300	3'435,800	2'981,600	506,900
5	531.44	1'062,900	3'942,600	5'005,500	4'474,100	760,600
			5,766,100			

En realidad el cálculo puede iniciarse a partir de los datos de la columna (4), calculando después los valores (7) (6) y (5) y finalmente las columnas (3) y (2).

Obsérvese que se obtienen valores consistentes con el cálculo

de la tarifa mediante la expresión $D = \frac{Va - Vr}{Vr}$ efectuándose anualmente la escalación en los respectivos valores.

Planteamiento F

Año	Va pr. cts.	Vr pr. cts.	Factor de actualización	Va pr. corrs.	Vr pr. corrs.	Va - Vr pr. corrs.	$D = \frac{Va-Vr}{Ve}$	D del plant. E
1	$2'960,000	$330,000	$1.17^{0.5}$	$3'201,700	$ 356,900	$2'844,800	$ 284.50	$263.60
2	2'960,000	330,000	$1.17^{1.5}$	3'746,000	417,600	3'328,400	332.80	331.80
3	2'960,000	330,000	$1.17^{2.5}$	4'382,800	488,600	3'894,200	389.40	388.22
4	2'960,000	330,000	$1.17^{3.5}$	5'127,900	571,700	4'556,200	455.60	454.22
5	2'960,000	330,000	$1.17^{4.5}$	5'999,700	668,900	5'330,800	533.10	531.44

Las variaciones en la tarifa según el Planteamiento (E) con respecto a las del planteamiento (F), se deben a la precisión con que fueron efectuados los cálculos y a la división por períodos, no existiendo de hecho diferencia entre ellas.

La conclusión fundamental de este análisis es en el sentido de que la fórmula empleada es válida (sin considerar impuestos), a condición de que se apliquen los valores apropiados y se considere también la revaluación de reservas.

Debemos señalar que esta revaluación de activos tiene implicaciones contables y fiscales importantes y que afectan el valor mismo de la tarifa, las cuales deben analizarse en el contexto total de la empresa, en especial porque a partir de enero de 1982 las empresas constructoras dejarán de disfrutar el tratamiento particular que hasta ahora habían tenido, consistente en el pago de un 3.75% como impuesto al rendimiento de capital.

Debemos señalar también que esta tarifa presupone un rendimiento uniforme del equipo durante su vida económica, pero en caso de que se desee reflejar en dicha tarifa el rendimiento diferencial del equipo, basta con determinar el correspondiente valor que debe existir en la reserva (columna 4 de la tabla del Planteamiento E, primero a precios constantes y después a precios corrientes) para efectuar el cálculo de tarifas, con independencia de las implicaciones contables y fiscales adicionales que tiene el tratamiento de las reservas sobre esta base.

Pasemos ahora a analizar la tarifa por inversión o rendimiento de capital, para ver posteriormente el aspecto fiscal.

b) Inversión

Hasta ahora no se ha contemplado el rendimiento al capital invertido en el equipo, el cual es un capital decreciente en el tiempo puesto que mediante la tarifa de depreciación se transfiere el capital del equipo a la reserva; esta reserva debe invertirse en función del valor de oportunidad y sólo nos hemos preocupado de que parte de ese rendimiento aparente se aplique a la reserva para no disminuir su valor en términos reales, siendo el remanente del rendimiento aparente el rendimiento real de ese capital de la reserva, pero no incluye el capital invertido en el equipo.

La expresión por medio de la cual se calcula esta tarifa

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

implica de hecho que se calcule el valor medio del capital durante la vida económica $\frac{Va + Vr}{2}$, el cual se multiplica por la tasa de interés deseado, lo que proporciona el rendimiento al capital, y se divide entre las horas trabajadas en el año.

Revisemos la aplicabilidad de la expresión para determinar el rendimiento del capital suponiendo que cuando menos debemos obtener el 7% en términos reales que equivale al (1.17 X 1.07 - 1.0) x 100 = (1.2519 - 1.0) x 100 = 25.19% en términos monetarios.

Para ello recurrimos a la tabla siguiente.

Año	Valor remanente pr. constantes	Valor medio a pr. ctes.	Factor de actualización.	Valor remanente a pr. corrientes	Valor medio a pr. corrs.	Rendimiento esperado(7%)
	2'960,000		$1.17^{0.0}$	2'960,000		
1		2'697,000	$1.17^{0.5}$		2'917,300	204,200
	2'434,000		$1.17^{1.0}$	2'847,800		
2		2'171.000	$1.17^{1.5}$		2'747,500	192,300
	1'908,000		$1.17^{2.0}$	2'611,900		
3		1'645,000	$1.17^{2.5}$		2'435,700	170,500
	1'382,000		$1.17^{3.0}$	2'213,400		
4		1'119,000	$1.17^{3.5}$		1'938,600	135,700
	856,000		$1.17^{4.0}$	1'604,000		
5		593,000	$1.17^{4.5}$		1'202,000	84,100
	330,000		$1.17^{5.0}$	723,500		

Se aplica la tasa de 7% que corresponde al rendimiento real, toda vez que no es necesario preocuparse por relavuar el equipo, ya que este se revalúa automáticamente en función de los precios de mercado -como en el caso del edificio de departamentos previamente planteado- y por tanto no debe pensarse en aplicar un mayor interés para destinarlo a dicha revaluación, dado también que por fuera se está calculando otra tarifa para mantenimiento.

El resultado obtenido en la última columna no nos permite obtener la tarifa por el capital invertido, por ser obviamente decreciente al considerarle como una función lineal de dicho capital.

La determinación de la tarifa es un problema clásico de análisis de flujo de efectivo en el transcurso del tiempo que se resuelve mediante la determinación de un valor futuro, o valor presente, que sea equivalente con el flujo de tarifas creciente, en este caso de 17% anual.

Se utilizará el valor futuro de los rendimientos de capital, empleando ahora la tasa de 25.19% anual por tratarse de valores monetarios que sí requieren una tasa de revaluación de 17% anual para dejar un remanente real de 7%; el cálculo se muestra en la siguiente tabla.

Año	Aportación en el año	Valor inicial	Valor final	Valor medio	Rendimiento
1	204,200	0	204,200	102,100	25,700
2	192,300	229,900	422,300	326,100	82,100
3	172,500	504,400	674,900	589,600	148,500
4	135,700	823,400	959,100	891,300	224,500
5	84,100	1'183,600	1'267,800	1'225,700	308,800
		1'576,500			

Para obtener el mismo valor futuro esperado (1'576,500) con un flujo creciente de 17% anual, establecemos primero el valor futuro con una tarifa unitaria y después establecemos la proporcionalidad correspondiente.

Año	Tarifa	Aportación anual	Valor inicial	Valor final	Valor medio	Rendimiento
1	1,000.00	2,000.0	0	2,000.0	1,000.0	251.9
2	1,170.00	2,340.0	2,251.9	4,591.9	3,421.9	862.0
3	1,368.90	2,737.8	5,453.9	8,191.7	6,822.8	1,718.7
4	1,601.60	3,203.2	9,910.3	13,113.6	11,511.9	2,899.9
5	1,873.90	3,747.8	16,013.4	19,761.2	17,887.3	4,505.8
			24,267.0			

1	64.96	129,900	0	129,900	65,000	16,400
2	76.01	152,000	146,300	298,300	222,300	56,000
3	88.93	177,900	354,300	532,200	443,200	111,700
4	104.05	208,100	643,800	851,900	747,900	188,400
5	121.74	243,500	1'040,300	1'283,800	1'162,000	292,700
			1'576,500			

De esta forma las tarifas que se muestran en la segunda co-

lumna de la tabla anterior nos proporcionan, al final de la vida económica del equipo, el mismo valor futuro de $576,500 que obtendríamos de aplicar una tarifa real de rendimiento de 7% al capital remanente en el equipo valuado a precios crecientes.

De manera semejante a lo obtenido para la tarifa de depreciación, estas tarifas son similares a las que se obtienen por medio de la expresión $I = \frac{Va + Vr}{2\,Ha} i$; aplicando los valores afectados por los respectivos coeficientes de escalación.

Año	Va pr. ctes.	Vr pr. ctes.	Factor actualización	Va pr. corrs.	Vr pr. corrs.	Va + Vr	Tarif I
1	2'960,000	330,000	$1.17^{0.5}$	3'201,700	356,900	3'558,700	62.3
2	2'960,000	330,000	$1.17^{1.5}$	3'746,000	417,600	4'163,700	72.9
3	2'960,000	330,000	$1.17^{2.5}$	4'382,800	488,600	4'871,500	85.3
4	2'960,000	330,000	$1.17^{3.5}$	5'127,900	571,700	5'699,600	99.7
5	2'960,000	330,000	$1.17^{4.5}$	5'999,700	668,900	6'668,600	116.7

Las diferencias en este caso también se deben a la precisión con que fueron efectuados los cálculos anteriores en cuanto a la división por períodos anuales en los que se efectúa la capitalización de los intereses al rendimiento del capital.

La conclusión es la misma que para la tarifa de depreciación, en el sentido de que la expresión para el cálculo de la tarifa para inversión es correcta, a condición de que se apliquen los valores apropiados. Difiere en que no es necesario revaluar el activo o sea el valor remanente

del equipo- a menos que se desee "reflejar razonablemente, de acuerdo a las normas generalmente aceptadas en contabilidad" el verdadero valor de los activos en equipo no depreciados, con las implicaciones contable y fiscales correlativas.

c) Aspectos fiscales

Los cálculos hasta aquí expuestos serían válidos bajo el tratamiento fiscal que ahora disfrutan las empresas constructores, pues bastará con multiplicar por un factor de 1.0375 para determinar el precio por concepto de los elementos analizados (no incluye reparto de utilidades); sin embargo, debe considerarse que a partir de enero de 1982, tanto el rendimiento aparente de la reserva (que no el real) como el rendimiento del capital van a quedar seriamente afectados por el nuevo tratamiento fiscal.

Para analizar este efecto fiscal ante el proceso inflacionario consideremos el balance y el estado de resultados de la división de maquinaria en las cuentas fundamentales que son afectadas por la aplicación de tarifas de depreciación y de inversión.

En la página (32) se tiene el balance inicial y final del primer año de operación de la motoescrepa tomada como ejemplo; se observan en el activo los movimientos contables debidos a la aplicación de las tarifas de acuerdo con análisis presentado previamente (pago por concepto de depreciación en $567,200 y por concepto en inversión en $129,000) con los rendimientos monetarios asociados, así como lo correspondiente al pasivo por utilidad en el ejercicio.

En la parte superior de la página (33) se presenta el balance al inicio del segundo año de operación que correspon-

BALANCE AÑO UNO (Inicio)

ACTIVO		PASIVO Y CAPITAL	
Activo Fijo	2'960,000		
		Capital	
		Cap. social	2'960,000
Suma Activo	2'960,000	Suma Pasivo y Capital	2'960,000

BALANCE AÑO UNO (Final)

ACTIVO			PASIVO Y CAPITAL	
Activo Circulante				
Pago RD		567,200		
Intereses RD(ARD)		48,200		
(i=7%)		23,200		
Pago I } i=7%		129,900		
Inter.I }		16,400		
Suma Activo Circulante		784,900	Capital	
Activo Fijo			Cap. social	2'960,000
Va	2'960,000		Utilidad	258,900
RD	126,000			
Suma Activo Fijo		2'434,000		
SUMA ACTIVO		3'218,900	Suma Pasivo y Capital	3'218,900

BALANCE AÑO DOS (inicio)

ACTIVO			PASIVO Y CAPITAL	
Activo Circulante				
Rsva. Dep. (526)	615,400	(2)		
Invers.	169,500	(3)		
Suma Activo Circ.	784,900	(1)	Capital	
Activo Fijo			Cap. social	3'463,200
Valor rem. (2'434)	2'847,800	(4)	Utilidad Neta (7% efvo.)	169,500
Suma Activo	3'632,700		Suma Pasivo y Capital	3'632,700

ESTADO DE RESULTADOS

Ventas	RD	567,200		754,300	
	Inv.	129,900		172,700	
	Suma	697,100		927,000	
Costo ventas		526,000		526,000	
Utilidad bruta		171,100		401,000	
Menos otros gastos					
Más otros ingresos					
Intereses RD (ARD)		48,200	71,400	48,200	95,000
(i=7%)		23,200		46,800	
Intereses I		16,400		21,800	
Utilidad base (imp)		258,900		517,800	
Part.utilidades	8%	20,712		41,424	
Impto.	42%	108,738		217,476	
Utilidad a repartir		129,100		258,900	

de al final del primer año con los siguientes ajustes, de acuerdo a los conceptos considerados en el análisis previo:

- Se integra la nueva reserva de depreciación ($567,200 + $48,200 = $615,400) que no incluye ninguna utilidad sobre capital invertido.

- De los valores monetarios considerados en el activo circulante se sustrae lo correspondiente a la reserva de depreciación, siendo la cantidad remanente el rendimiento del capital invertido tanto en el equipo como en la reserva.

- Se revalúa el equipo no depreciado de acuerdo a la inflación de 17% originalmente supuesta (de $2'434,000 a $2'847,800).

- Se calcula el pasivo tanto por lo que respecta a utilidad como a capital derivados de los tres ajustes previamente señalados.

Este sería el resultado de acuerdo con la política fiscal vigente; ahora consideremos los estados de resultados, parte inferior página (33), suponiendo que se paga 8% de reparto de utilidades y 42% de impuesto sobre las utilidades -en un volumen total de utilidades superior a los dos millones de pesos- lo que dejará una utilidad real de sólo $40,050, significativamente inferior a la requerida para tener un rendimiento de 7% anual sobre el capital invertido, según se muestra en el balance inicial del segundo año de operación, parte superior página (35), una vez que se han efectuado los mismos ajustes aplicables al balance previo.

BALANCE AÑO DOS (Inicio)

ACTIVO		PASIVO Y CAPITAL	
Activo Circulante			
Rsva. Depr.	615,400 *		
Invers.	40,050		
Suma Activo Circulante	655,450		
Activo Fijo		Capital	
Valor rem.	2'847,800 *	Cap. social	3'453,200
		Utilidad neta	40,050
Suma Activo	3'503,250	Suma Pasivo y Capital	3'503,250

697.1 X -526.0 + (48.2+23.2+16.4)X = 517.8 ; X = 1.33

BALANCE AÑO UNO (Final)

ACTIVO		PASIVO Y CAPITAL	
Activo Circulante		Pasivo corto plazo	
Pago RD	754,300	Imptos.y RU por pagar	258,900
Interés RD	95,000		
Pago I	172,700		
Intereses I	21,800		
Suma Activo Circulante	1'043,800		
Activo Fijo		Capital	
Va 2'950,000		Capital social	2'960,000
RD 526,000		Utilidad	258,900
Suma Activo Fijo	2'434,000	Suma Capital	3'218,900
Suma Activo	3'477,800	Suma Pasivo y Capital	3'477,800

IMPORTANTE:

Tasa de inflación	17.0% anual
Rendimiento cap. aparente	25.19% anual
Rendimiento neto real	7.0% anual

Por lo tanto si se desea una utilidad aparente de $258,900 después de impuestos, se requiere incrementar proporcionalmente las aportaciones de las tarifas de depreciación y su inversión que se muestran en la segunda columna del estado de resultados y en el balance final del año uno, lo que permitiría entonces efectuar los ajustes de acuerdo a las consideraciones del análisis previo para obtener el balance inicial en el segundo año de operaciones conforme al criterio de rendimiento deseado. (Parte inferior pág. 35).

De estos resultados se desprende que para tener un rendimiento real de 7% con inflación de 17% anual (rendimiento aparente de 25.19% anual) y dada la nueva política fiscal, se requiere multiplicar las tarifas por un factor de 1.33. Las variaciones en rendimientos reales deseados y tasas de inflación distintas, requerirían, evidentemente, un nuevo cálculo de tarifas y de impuestos.

Con los razonamientos hasta aquí expuestos concluye lo relativo al análisis de los costos de equipo ante el proceso inflacionario; se espera que la discusión de estas ideas permita formarse una concepción de la realidad, y no una receta, para tomar acertadamente las decisiones relativas a la adquisición y uso de equipo de construcción.

México, D. F., Julio de 1981.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

ADELANTOS EN LA TECNOLOGIA DE LOS EXPLOSIVOS

JULIO, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

Adelantos en la tecnología de los explosivos

por Stanley L. Lippincott, hijo

Desde que se inventó la dinamita, los explosivos y sus usos han estado en constante evolución. Con la introducción de los geles de agua, los explosivos presentan ventajas en su flexibilidad y en la reducción de los peligros de su empleo.

LA PÓLVORA negra, el primer explosivo completo en sí, causó en su día una revolución en la minería y en los trabajos de cantera. Cuando apareció la dinamita de nitroglicerina hace aproximadamente un siglo, desplazó rápidamente a la pólvora negra, ya que proporcionaba mayor energía para un peso determinado, velocidad mucho mayor para quebrar mejor las rocas y resistencia al agua para el fácil empleo en su presencia.

Durante los últimos 20 años, el nitrato de amonio ha desempeñado un papel cada vez más importante en los explosivos. Se usó primeramente como ingrediente de la dinamita y, luego, como componente principal de los agentes de voladura de nitrocarbonitrato. Hace aproximadamente un cuarto de siglo, comenzó a emplearse en una sencilla y económica mezcla con el fuel oil (NAFO) que ha constituido una revolución en la industria de los explosivos y que, hoy día, cubre aproximadamente el 80% de las necesidades estadounidenses de explosivos y el grueso de las necesidades en todo el mundo.

Geles de agua

También se han desarrollado, en el último cuarto de siglo, los explosivos de geles de agua, a base de nitrato de amonio. Contrariamente a la dinamita, los explosivos de geles de agua contienen sensibilizadores distintos de la nitroglicerina, tales como los nitratos de amina, el TNF y el aluminio, así como los agentes de gelificación y otros materiales, para alcanzar su grado de sensibilidad. La mayoría de las dinamitas se basan en la nitroglicerina, que es un explosivo altamente sensible, susceptible a la detonación accidental. Además, la nitroglicerina contenida en la dinamita, ocasiona fuertes cefaleas si se absorbe a través de la piel o se inhala en forma de emanaciones de post-voladura. Tales cefaleas pueden perjudicar seriamente la capacidad de los trabajadores en los túneles y las minas subterráneas.

A diferencia de la mezcla de nitrato de amonio/fuel oil (NAFO), los geles de agua son resistentes al agua y pueden prepararse según fórmulas de elevadas velocidades de detonación. Se hallan disponibles en formas que varían desde las lechadas bombeables, que se gelifican en los agujeros de voladura, hasta los cartuchos de diámetro reducido para la minería subterránea. Algunas son sensibles a las

continúa en la página 62

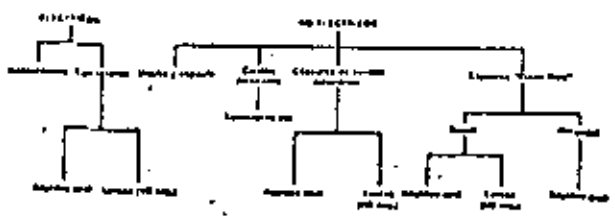


Figura 1. Sistemas de detonación.

El Sr. Lippincott es gerente de mercadeo de la división de operaciones internacionales, de la división de productos explosivos de la Du Pont Company. Posee más de 15 años de experiencia en todos los aspectos de los explosivos y de la industria de las minas.

Para más informes marque el 34

cápsulas mientras otras exigen cebos de alto poder explosivo, como el TNF, para su detonación. Ya que no contienen nitroglicerina, los geles de agua son, inherentemente, menos peligrosos que la dinamita en su fabricación, transporte, manipulación y empleo. Y, debido a su flexibilidad y reducidos peligros, ha declinado el empleo de la dinamita.

Sistemas de iniciación

Los sistemas de iniciación han evolucionado junto con los explosivos (figura 1). El método tradicional de cápsula y mecha ha sido desplazado, en gran medida, por sistemas más seguros, más flexibles, eléctricos y no eléctricos, que permiten demoras de milisegundos (ms) entre las detonaciones en los agujeros de voladura, para quebrar mejor las rocas y obtener menor efecto de choque o vibración en el techo en las cercanías de la voladura. En muchas operaciones, la voladura se propaga por medio de un cordón detonante, que puede emplearse también con dispositivos de demora para mejorar el resultado de la voladura.

Muchos de los nuevos explosivos sin nitroglicerina exigen, para su detonación, cebos de alto poder explosivo. Los cebos pueden hacerse con cápsulas y explosivos encartuchados sensibles a las cápsulas, tales como la dinamita o ciertos geles de agua. Se hallan disponibles reforzadores explosivos fundidos especiales de elevada presión de detonación, en una gama de tipos y tamaños que cumplen el grueso de las necesidades de los usuarios. Con dichos cebos, la facilidad de empleo y la certeza de obtener detonaciones de alta calidad, constituyen ventajas importantes para el usuario de los explosivos.

Los sistemas no eléctricos que se hallan disponibles actualmente, emplean cordón o tubo miniatura detonante que contiene un explosivo que transmite el impulso detonador a las cargas. Los sistemas actuales gozan de cierto éxito y se están desarrollando otros.

La ventaja principal de los sistemas no eléctricos es la mayor ausencia de peligros, ya que existe menor peligro de iniciación prematura debido a la electricidad estática o a los corrientes eléctricas parásitas que podrían hallarse bajo tierra y en la superficie. Sus inconvenientes son la fragilidad, su mayor costo y la imposibilidad de verificar su continuidad. Con los sistemas eléctricos, la verificación de los valores correctos de resistencia y de la continuidad de los circuitos es práctica normal que ayuda a asegurar que estén conectadas todas las cargas.

Usos subterráneos

Los adelantos en la tecnología de los explosivos han tenido un efecto considerable sobre las operaciones en las minas, las canteras y la construcción. Por ejemplo, en la minería subterránea y en la construcción de túneles, los adelantos en los explosivos han incluido las aplicaciones de los geles de agua y del NAFO. En ciertos casos, estos materiales ahora se cargan neumáticamente desde camiones de gran capacidad, con gran velocidad y eficiencia.

El método de carga neumática no sólo es rápido, ya que se mueve una maquinaria, en lugar de un camión, desde un agujero de voladura al otro, sino que también ayuda a garantizar que se llenen de explosivo los agujeros de voladura. Es importante que los agujeros estén llenos, ya que entonces el explosivo puede entregar su máxima energía a la roca. Cuando se emplean los explosivos encartuchados, deben apisonarse cuidadosamente para lograr un grado uniforme de densidad de carga.

Todos los explosivos comerciales producen humo y emanaciones al detonar. En la industria de los explosivos, se define el humo como un elemento compuesto de materias no tóxicas tales como el

continúa en la página 66

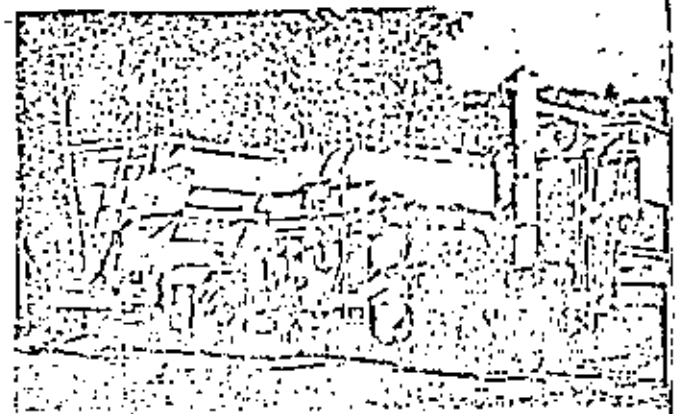


Figura 2. Estos camiones están provistos de equipos para mezclar nitrato de amonio y fuel oil para producir NAFO en un sitio de voladura y para transportar la detonadora a los agujeros de voladura.

...ón de la página 67

anhídrido carbónico, el nitrógeno y el vapor de agua. Las emanaciones se definen como gases tóxicos, como el monóxido de carbono y los dióxidos de nitrógeno. Dado que los gases y el humo producidos por la detonación pueden ser menos ofensivos con los geles de agua y el NAFO que con la dinamita, el trabajo suele poder reanudarse más rapidamente después de una voladura de lo que era posible con la dinamita. Las condiciones de operación ejercen una influencia preponderante sobre los tipos de gases que se producen. Una fórmula pobre del producto, el cebado inadecuado, la falta de resistencia al agua, la falta de energía y otros factores, pueden aumentar el volumen de las emanaciones.

Para protegerse contra las explosiones secundarias causadas por la interacción de los gases y las emanaciones con el metano y el polvo en las minas subterráneas de carbón, se fabrica una clase especial "permisible" de explosivos. Los permisibles son dinamitas de fórmulas especiales y geles de agua que producen relativamente poca llama, reduciendo así al mínimo la posibilidad de encender el gas o el polvo al usarse de modo permisible. Han sido aprobados para el uso subterráneo por la Oficina de Minas del gobierno estadounidense.

Usos en la superficie

En las minas de superficie y en las canteras se emplea ampliamente el NAFO, sobre todo porque es relativamente barato y eficaz. Se emplea el gel de agua o la dinamita cuando existe agua. En ciertos casos en que los agujeros están parcialmente llenos de agua, se cargan de explosivo resistente al agua hasta la parte superior del agua, llenándose el resto con NAFO.

En las operaciones de superficie

continúa en la página 70

Propiedades de los explosivos

- **Velocidad de detonación**

  La velocidad, en m/seg, a la cual una onda de detonación recorre una columna de explosivo. Esta velocidad deberá ser igual o, a lo sumo, ligeramente, la velocidad del sonido a través del material a volar. La velocidad es un atributo importante que se emplea para calcular la presión de detonación de un explosivo. Depende principalmente del tipo de producto, el diámetro, la confinación, la temperatura y el grado de relleno.

- **Densidad**

  El peso por unidad de volumen o peso específico, que suele expresarse en gramos por cm³. El gelatín es el 4/5 de una densidad de 1 g/cm³, la clase de la mayoría de los explosivos comerciales es de 0,8 a 1,5 g/cm³. Es importante en la determinación del diámetro crítico de la voladura. La densidad de un explosivo al detonarse se ve afectada en el agua y cuando los agujeros pueden cargarse por medio de agujero perforado.

- **Presión de detonación**

  La presión, medida en kilobares, en la zona de choque por detonación de la zona de reacción. Suelen usarse valores calculados de esta presión. La presión de detonación de un cubo, que es proporcional a la densidad multiplicada por la velocidad de detonación elevada al cuadrado, indica la presión de detonación del material cargado.

- **Energía**

  Una medida del potencial de fragmentación o movimiento de masas de los explosivos. Sirve de orientación para la formulación de nuevos explosivos.

- **Fuerza**

  Suele considerarse como la capacidad de trabajo útil de un explosivo, a menudo expresada con marcas de resistencia de cartucho.

- **Resistencia al agua**

  La cantidad de horas durante las cuales puede hallarse cargado un explosivo en agua y aún detonar. Este tiempo resulta afectado por la profundidad del agua y por el estado de movimiento o reposo de la misma.

- **Sensibilidad:**

  Medida del mínimo de energía, presión o potencia que se necesita para la iniciación. En la industria de los explosivos, suele expresarse en términos de la actividad de la cápsula, cuanto más alta al mínimo, mayor su actividad (por ejemplo, podrá lograrse la iniciación con una cápsula N°8, la norma de la industria es el ensayo de sensibilidad con cápsula N°6).

- **Grado de sensibilidad**

  Es una medida de la capacidad de propagación de cartucho a cartucho de un explosivo bajo ciertas condiciones de ensayo. Se expresa como la distancia a través de la cual un semicartucho de Lado (donante) detonará un semicartucho sin cebar (receptor).

- **Emanaciones.**

  Gases tóxicos, tales como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, resultantes de la detonación de todos los explosivos. La exposición del personal puede producir efectos perjudiciales. (Nota del redactor: Véase, en el texto, la descripción de los componentes no tóxicos de los explosivos).

- **Inflamabilidad.**

  La facilidad con que puede encenderse un explosivo o un agente de voladura, por medio de la llama o el calor.

Fuente: *Blaster's Handbook* (Manual del encargado de voladuras), E.I. du Pont de Nemours & Co., © 1977.

continuación de la página 68

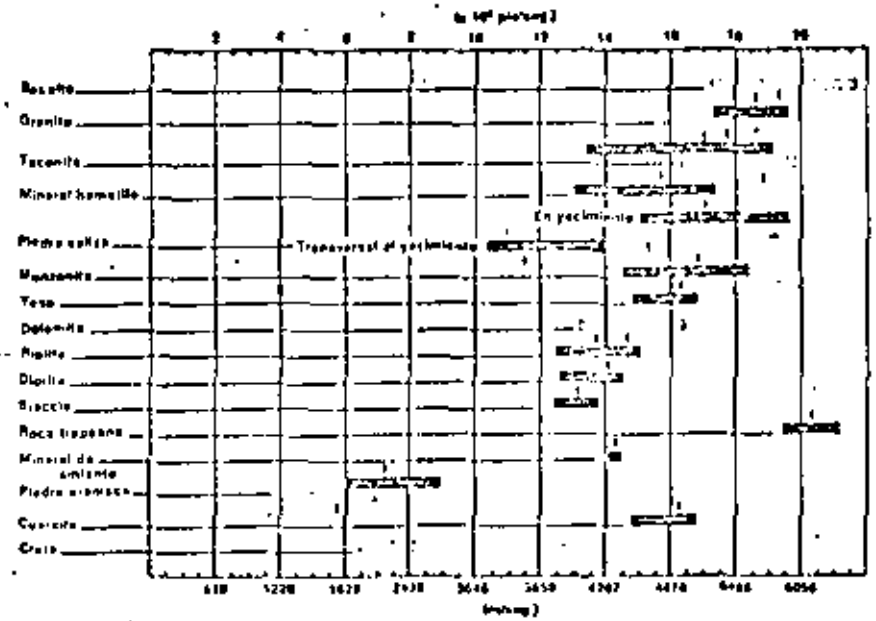


Figura 3. Velocidad sónica en la roca

en gran escala, pueden emplearse sistemas de entrega por camiones mezcladores para el NAFO y los geles de agua. Con los camiones mezcladores, el explosivo se mezcla en el sitio de uso y se vierte o bombea al interior de los agujeros de voladura, siendo un proceso rápido y eficiente. Por ejemplo, se están empleando los camiones mezcladores en grandes canteras y obras de construcción en Hong

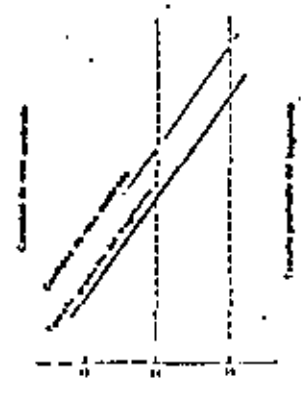


Figura 4. La masa de la voladura de cara abierta se ajusta con relaciones de carga de 24 a 35 veces el diámetro del agujero. Para las primeras filas, la relación de densidad de carga ajusta entre relaciones de espaciamiento de 28 a 30 veces el diámetro. Las relaciones de la entrada de 1,3 a 2,8 veces la carga.

FORMULAS QUIMICAS TIPICAS

Trinitroglicerina — $4C_3H_5(NO_3)_3 \rightarrow 12CO_2 + 10H_2O + 6N_2 + O_2$

Nitroglicerina y nitrato de amonio — $2C_3H_5(NO_3)_3 + NH_4NO_3 \rightarrow 6CO_2 + 7H_2O + 4N_2 + O_2$

Mezcla de amonio y fuel oil (94/6) — (94 % por peso $3NH_4NO_3 + CH_2 \rightarrow 7H_2O + CO_2 + 3N_2$

Geles de agua (Tovex, 8 oz) — $3C_3H_5(NH_2)(NO_3)_2 + 2NH_4NO_3 + 4NaNO_3 + 4C \rightarrow 10H_2O + 6CO_2 + 6N_2 + 2Na_2O$

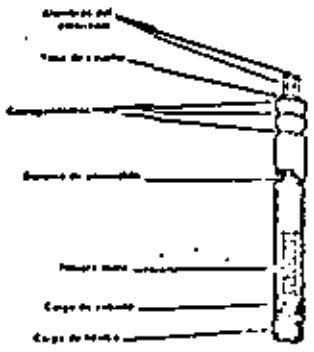


Figura 5a. Una cápsula eléctrica típica de voladura de milisegundos de retardo.

Kong. Al igual que en la carga mecánica para el trabajo subterráneo, estos métodos rinden voladuras más uniformes ya que llenan completamente el agujero, permitiendo que los gases explosivos en expansión actúen directamente contra las paredes de los agujeros perforados.

En las operaciones en que se emplean más de 4 000 kg de NAEO por año, suele poder usarse económicamente un sistema a granel para la carga, que incluye un recipiente de almacenamiento para el nitrato de amonio y un camión. Tales camiones están equipados para mezclar el fuel oil y el nitrato de amonio a medida que se cargan en el sitio de la voladura (Figura 7). Se han obtenido los mejores resultados con mezclas de nitrato de amonio de grado explosivo, que difieren únicamente de las mezclas de tipo agrícola empleadas como fertilizante. Para lograr resultados óptimos con el NAEO, son sumamente beneficiosos los servicios de un proveedor de explosivos con experiencia en la selección de los materiales y la definición de las mezclas.

Diseño de la voladura

Otro campo tecnológicamente adelantado de las voladuras de superficie, es la ciencia del diseño de las voladuras para lograr una producción eficiente. Los factores a considerar incluyen la geología, la profundidad y el diámetro de los agujeros, el espacio entre agujeros, la densidad y el tipo de los explosivos, las demoras entre agujeros, las propiedades del material volado y la gama de tamaños que se desea para el material volado*.

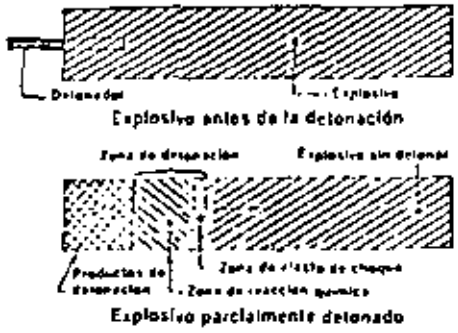


Figura 5b. Progreso de la detonación a través de una columna de explosivo.

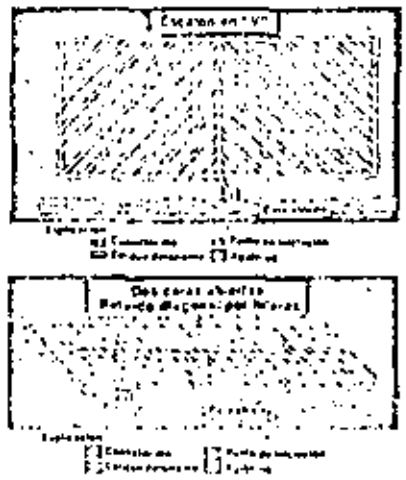


Figura 6. Estas cargas de voladura se diseñan con retardos para hacer que la roca más próxima a la(s) cara(s) abierta(s) salga primero, dejando lugar para la voladura efectiva de la roca más alejada de la cara.

La geología del material a quebrar es, evidentemente, el factor más importante de planificación de una voladura (figura 3). Una formación altamente estratificada exigirá menos energía de los explosivos para su rotura que una formación monolítica. La energía se controla mediante el tamaño de los agujeros y los espacios entre los mismos y por el tipo de explosivo. Si se necesitara mucha energía, los agujeros deberían hallarse más próximos entre sí y los diámetros podrán ser mayores para que cada uno contenga más explosivo. Podrá usarse además un explosivo más potente para obtener mayor energía.

El grado de fragmentación que se requiere en el producto final también es un factor principal determinante del diseño de una voladura. Si el tamaño final deseado fuera relativamente pequeño, podría ayudar a su obtención el explosivo adicional y la mayor cantidad de agujeros (figura 4). Naturalmente, todas las operaciones exigen la fragmentación más pequeña posible.

Los agujeros perforados se disparan a intervalos de tiempo sumamente reducidos, del orden de 0,025 de segundo, de modo que disparen primero los agujeros más cercanos a la cara libre de la formación, despidiendo suficiente masa de roca quebrada para dejar espacio adicional para los agujeros de disparo posterior. Sin una disposición correcta de los milisegundos de retardo no se obtendrá una quebradura óptima.

Los retardos proporcionan además, una eficiente utilización de la energía explosiva con un mínimo de rocas voladoras y la reducción de los efectos de choque y de vibración que se transmiten a las zonas circundantes. Los retardos en las voladuras se obtienen por medio de conectores de retardo de milisegundos con cuerdas detonantes o de cápsulas eléctricas de voladura de retardos en milisegundos con elementos de retardo ajustados en su interior (figuras 5a y 5b). La voladura deberá proyectarse y diseñarse de modo que el disparo de los primeros agujeros no pueda cortar los cordones ni separar los alambres antes de la iniciación de las cápsulas o de los conectores de los agujeros subsiguientes. Podrá emplearse una máquina secuencial de voladura para ampliar las gamas de demoras de que dispone el encargado de la voladura, la que manda una serie precisa de impulsos eléctricos de tiempo controlado, separados sólo por milisegundos.

Los especialistas en voladuras, adiestrados y con experiencia, muchos de ellos empleados de los proveedores de explosivos, pueden proyectar cuadros de diseño de voladuras para lograr los resultados deseados con la mayor economía general (figura 6). En tales diseños, el costo de los explosivos es sólo uno de los factores, siendo la consideración principal el costo total de producción. Por ejemplo, un diseño en el que se emplee un explosivo de costo menor, que produzca masas de tamaño indeseable por lo grande, que necesiten extensas voladuras secundarias para quebrarlas al tamaño correcto, podría no ser tan económico como un diseño en que se emplee un explosivo más costoso para producir directamente los tamaños deseados sin voladura secundaria.

Voladuras en la construcción

Las voladuras en la construcción son similares a las de la minería de superficie y de las canteras, pero podrán ser menores los diámetros de los agujeros y el tamaño de las voladuras, y las operaciones más probablemente se hallen cerca de zonas habitadas. Resultan por lo tanto, sumamente beneficiosas las aplicaciones de las técnicas de voladura por retardo, ya que reducen los niveles de vibración que se extienden más allá del sitio de la voladura. La mayoría de los proveedores de explosivos podrán ofrecer asesoramiento sobre la reducción de la vibración.

Suele emplearse en la construcción el perforar, un método de voladura que produce una cara lisa en la excavación. Requiere la perforación de muchos agujeros de voladura de pequeño diámetro con tenuis separaciones de 60 a 122 cm a lo largo del perímetro de la zona a excavar. Estos agujeros, que típicamente se cargan ligeramente con cartuchos de explosivo encartuchado, se disparan antes de volarse la excavación principal adyacente a ellos. Se aprieta el material entre los agujeros y hace de cara de la superficie final contra la voladura principal de extracción.

Continúan evolucionando los explosivos y la tecnología de su empleo. En los últimos años se han producido cambios importantes, muchos de los cuales han beneficiado al usuario de explosivos haciendo que sus operaciones sean más productivas y relativamente más económicas. No cabe duda de que continuarán los cambios. O

*Para obtener más información sobre el diseño de voladuras, sírvase dirigirse a los proveedores de explosivos o a la Asociación Nacional de Contratistas de Voladuras de 1978.

Nota de la redacción: Para obtener información más específica, sírvase dirigirse los operadores al autor, al cuidado de: EXPLOSIVOS NACIONAL, P.O. Box 5003, Westport, Connecticut 06880, E.U.A.

DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

METODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

Ing José Piña Garza

Junio, 1981

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M-2285

METODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

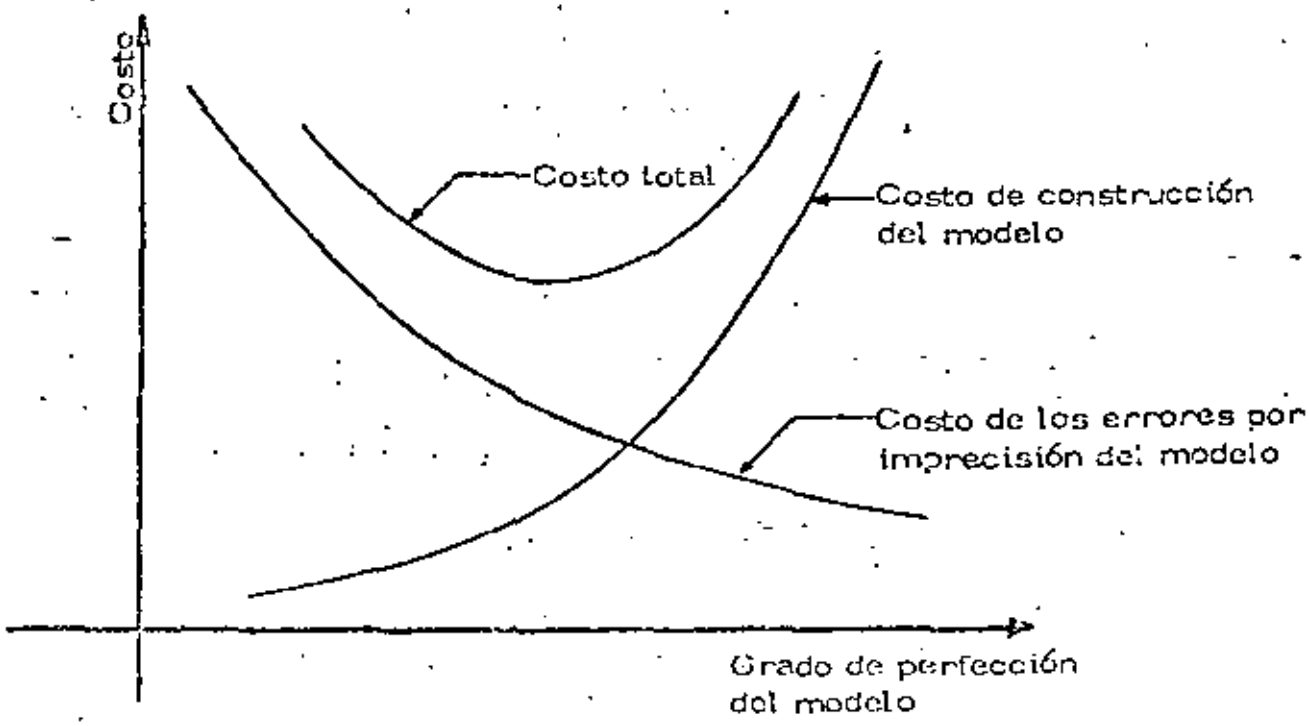
  Por la forma de representación

  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	75

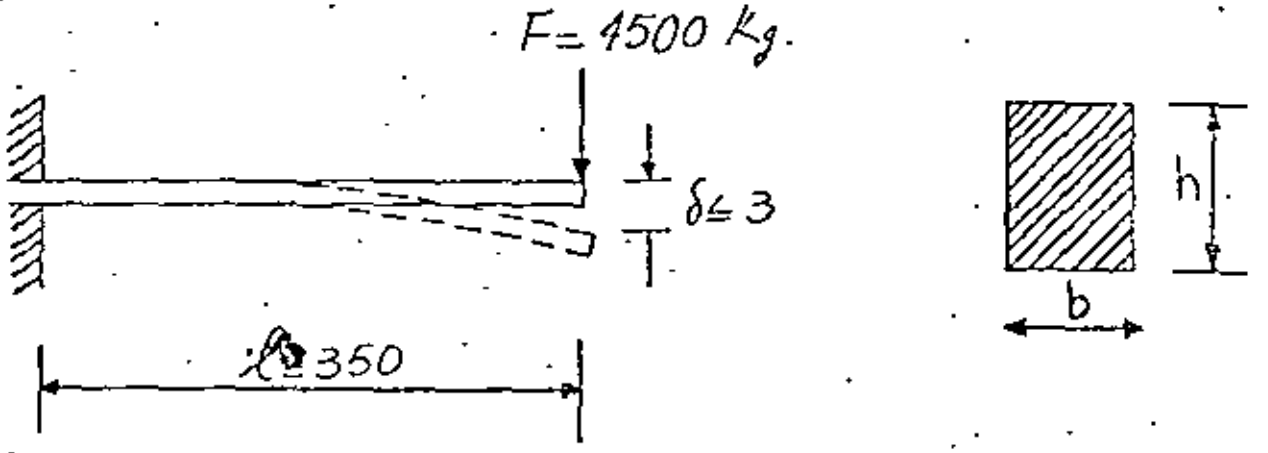
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
  Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

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



$$\delta_{max} \geq \frac{F\ell^3}{3EI} \qquad I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{max} \geq \frac{4F\ell^3}{Ebh^3} \qquad \frac{b}{h} = \frac{1}{1.50} \; ; \; b = 0.67h$$

$$\delta_{max} \geq \frac{6F\ell^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6F\ell^3}{E\,\delta_{max}}}$$

$$f_{máx} \geq \frac{6M}{bh^2} \qquad \text{para } h \leq 40\,cm.$$

$$f_{máx} \geq \frac{9F\ell}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9F\ell}{f_{máx}}}$$

$$f_{max} = \frac{6M}{Kbh^2} \qquad K = 0.81\left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223}\right)$$

Minimizar costo $\quad C = S \cdot \ell h b$

"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:

$$a_1, \ a_2, \ a_3, \ldots, a_i, \ldots, a_n$$

c) Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, \ b_2, \ b_3, \ldots b_j, \ldots, b_m$$

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} $\quad i=1,2,\ldots\ldots n$, $j=1,2,\ldots\ldots m$. $\quad m \cdot n$ variables.

Función objetivo

$$\text{Minimizar} \quad Z = \underbrace{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} c_{ij} X_{ij}}_{\text{costo total de transporte.}} \qquad (1)$$

Sujeta a las restricciones:

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} a_i}_{\text{Total de disponibilidades}} = \underbrace{\sum_{j=1}^{m} b_j}_{\text{Total de requerimientos.}} \qquad (2)$$

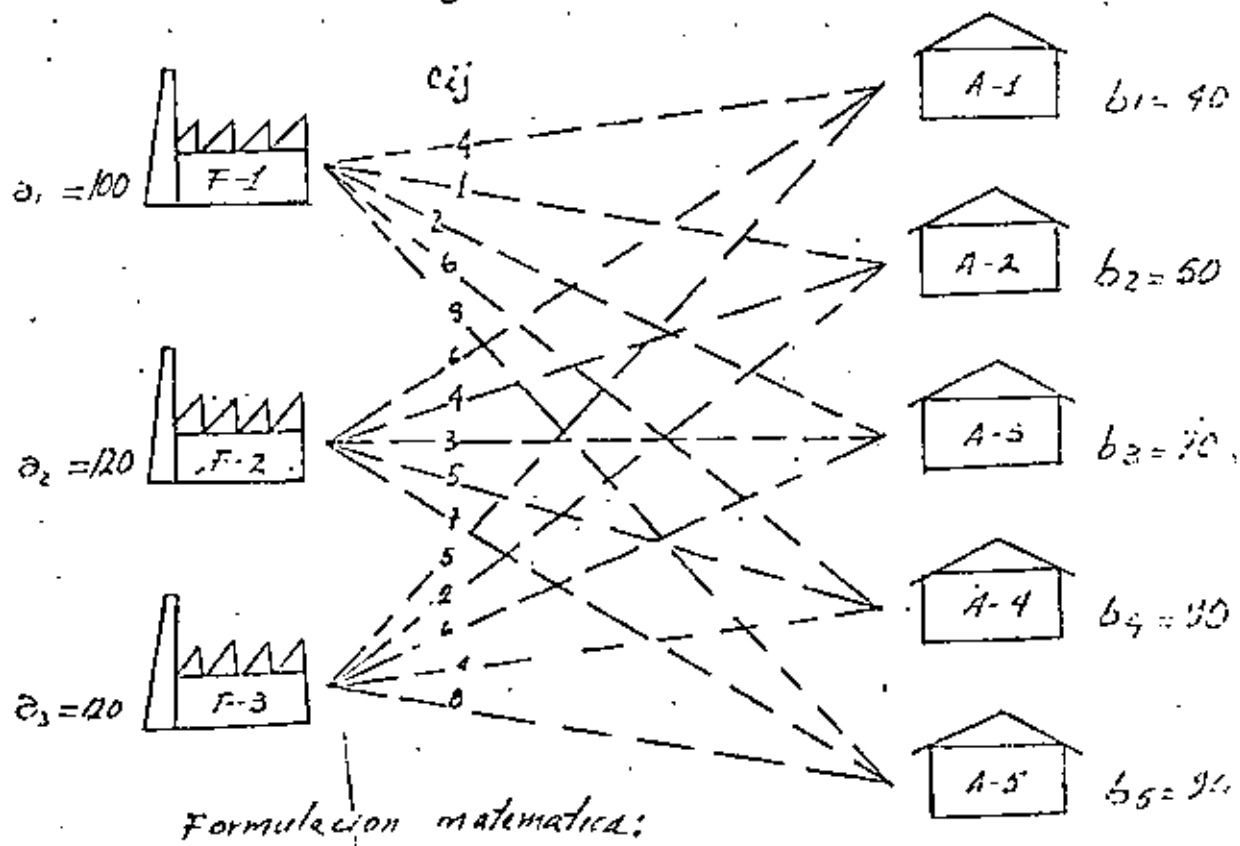
$$\underbrace{\sum_{j=1}^{m} X_{ij}}_{\text{Cant. enviada del origen } i \text{ a todos los destinos}} = \underbrace{a_i}_{\text{cant disp. en el origen } i} \qquad \text{para } i=1,2,\ldots,n \qquad (3) \text{ a } (n+2)$$

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} X_{ij}}_{\text{Cant. recibida en el destino de todos los orígenes}} = \underbrace{b_j}_{\text{Cant. requerida en el destino } j} \qquad \text{para } j=1,2,\ldots,m \qquad (n+3) \text{ a } (n+m+2)$$

$$X_{ij} \geq 0 \qquad \text{para } i=1,2,\ldots,n, \; j=1,2,\ldots m \qquad (n+m+3) \text{ a } (n+m+n \cdot m)$$

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

(3) $X_{11}+X_{12}+X_{13}+X_{14}+X_{15}$

(4) $X_{21}+X_{22}+X_{23}+X_{24}+X_{25}$

(5) $X_{31}+X_{32}+X_{33}+X_{34}+X_{35}$

(6) $X_{11}+X_{21}+X_{31}$

(7) $X_{12}+X_{22}+X_{32}$

(8) $X_{13}+X_{23}+X_{33}$

(9) $X_{14}+X_{24}+X_{34}$

(10) $X_{15}+X_{25}+X_{35}$

Solución factible

Destinos.

Orígenes	1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	50 1 50	10 2 20	— 6 —	— 9 —	230
2 (120)	— 6 —	— 4 —	60 3 180	60 5 300	— 7 —	480
3 (120)	— 5 —	— 2 —	— 6 —	30 4 120	90 8 720	840

X_{ij}
C_{ij}
$C_{ij}X_{ij} \rightarrow \Sigma$

Total de costo 1550

Solución óptima

Destinos

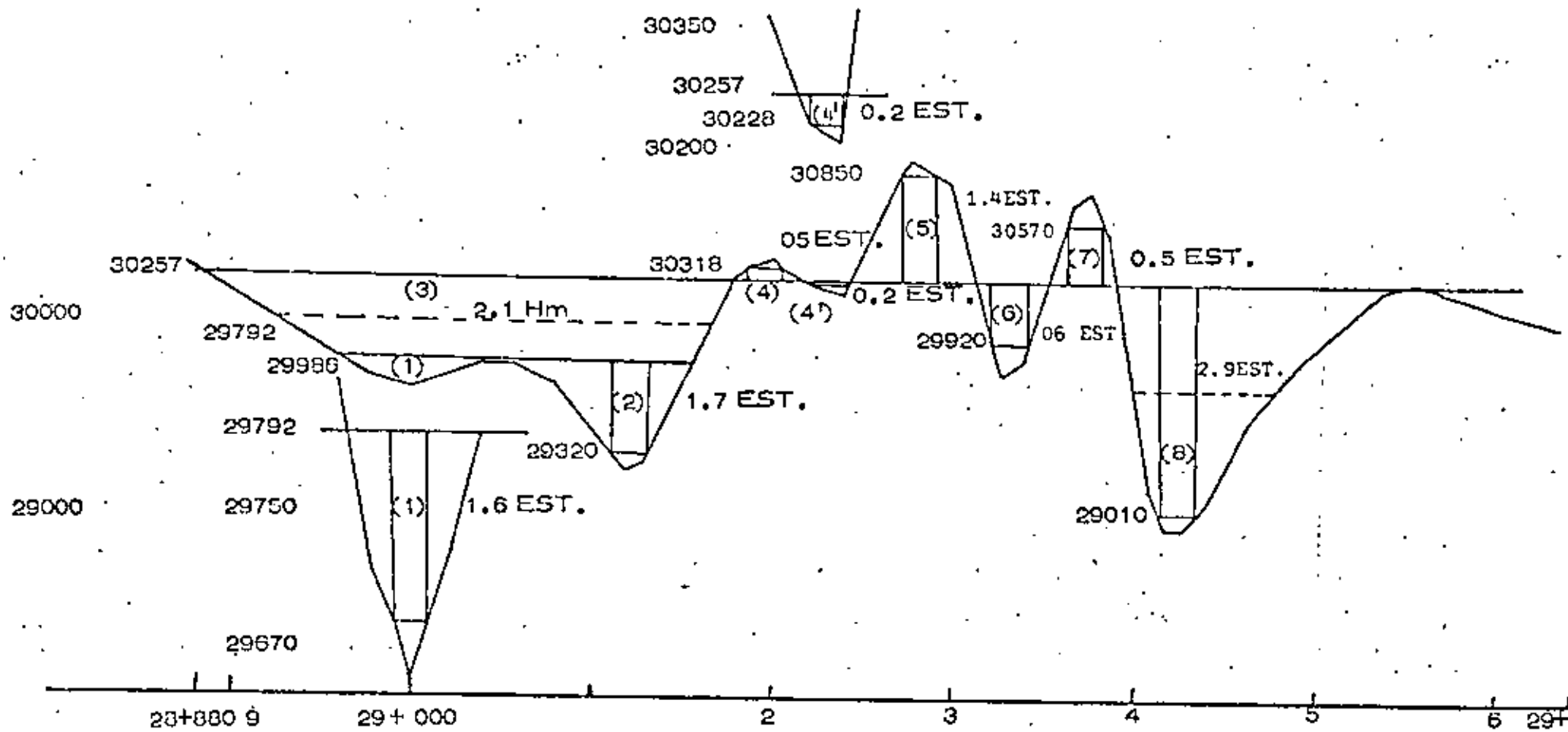
Orígenes	1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4 160	20 1 20	40 2 80	— 6 —	— 9 —	260
2 (120)	— 6 —	— 4 —	30 3 90	— 5 —	90 7 630	720
3 (120)	— 5 —	30 2 60	— 6 —	90 4 360	— 8 —	420

Total de costo 1400

Disposición de datos

X_{ij} C_{ij} $C_{ij}X_{ij}$

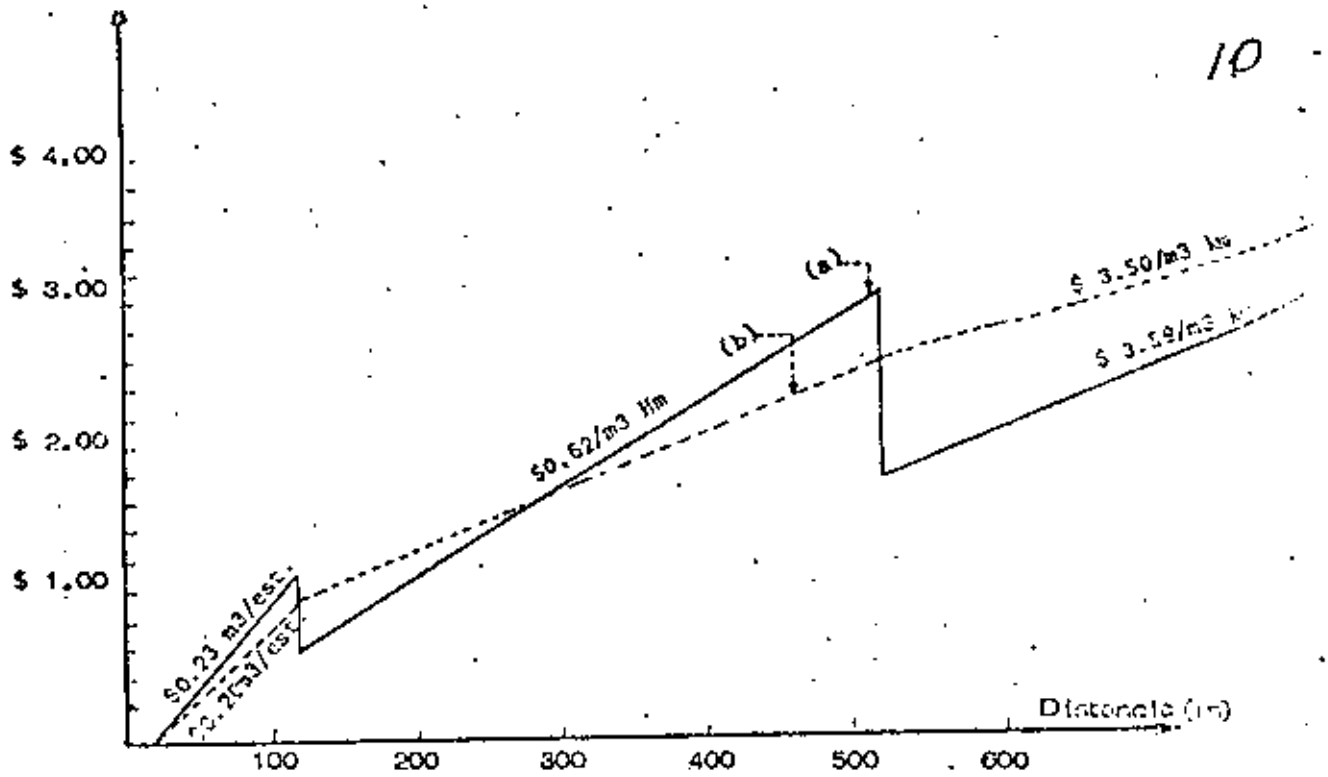
$\rightarrow \sum_{j=1}^{5} C_{ij}X_{ij}$

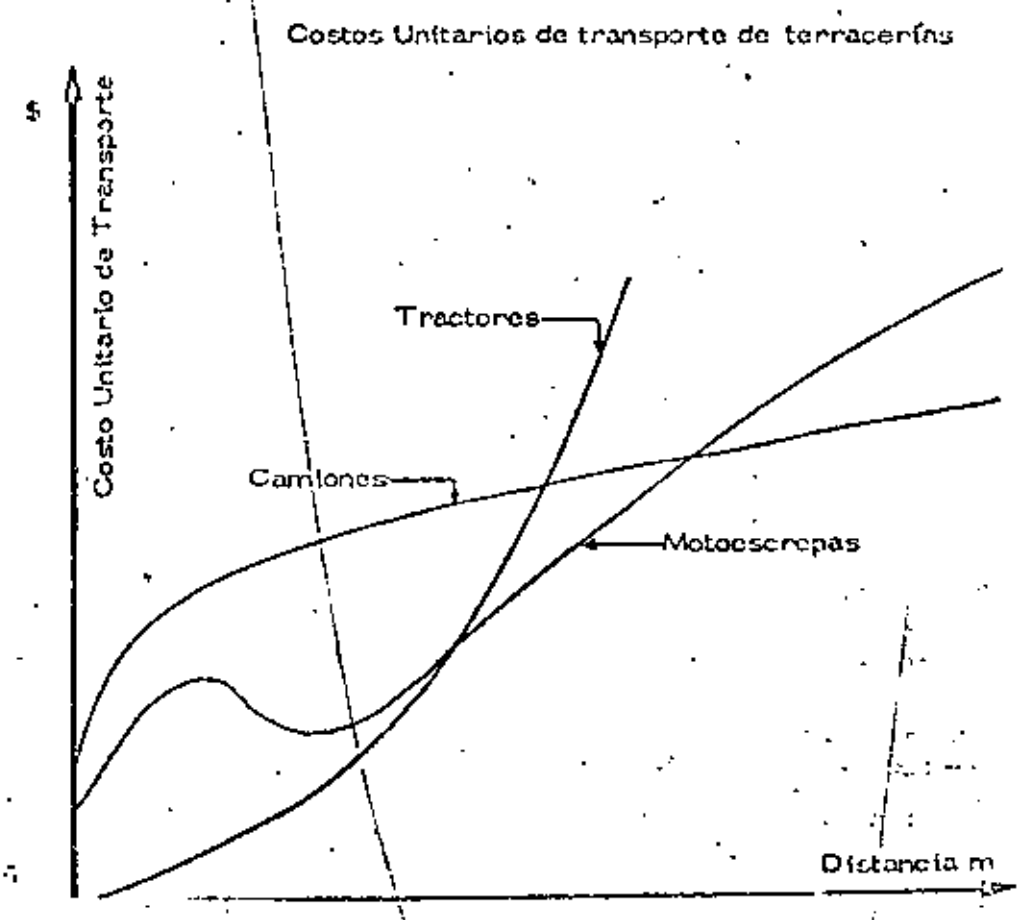


CURVA MASA Y MOVIMIENTO DE TERRACERIAS (CONVENCIONAL)

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
29+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	128		
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	560		
360	380	11	359		
29+380	29+400			15	985
29+400	29+420			16	849
420	440	12	161		
440	460	13	367		
460	480	14	252		
29+480	29+500	15	201		
29+500	29+520	16	109		
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 est. 33 + 000		19	5000		
Terraplén ficticio				21	4712
Sumas iguales			9260		9265


$ 4.00
$ 3.00
$ 2.00
$ 1.00
(a)
(b)
$ 3.50/m3 km
$ 3.50/m3 km
$0.62/m3 Hm
$0.23 m3/esc.
$0.25/m3/esc
Distancia (m)
100
200
300
400
500
600


Costos Unitarios de transporte de terracerías
$
Costo Unitario de Transporte
Tractores
Camiones
Motoescrepas
Distancia m

FUNCION OBJETIVO 433626

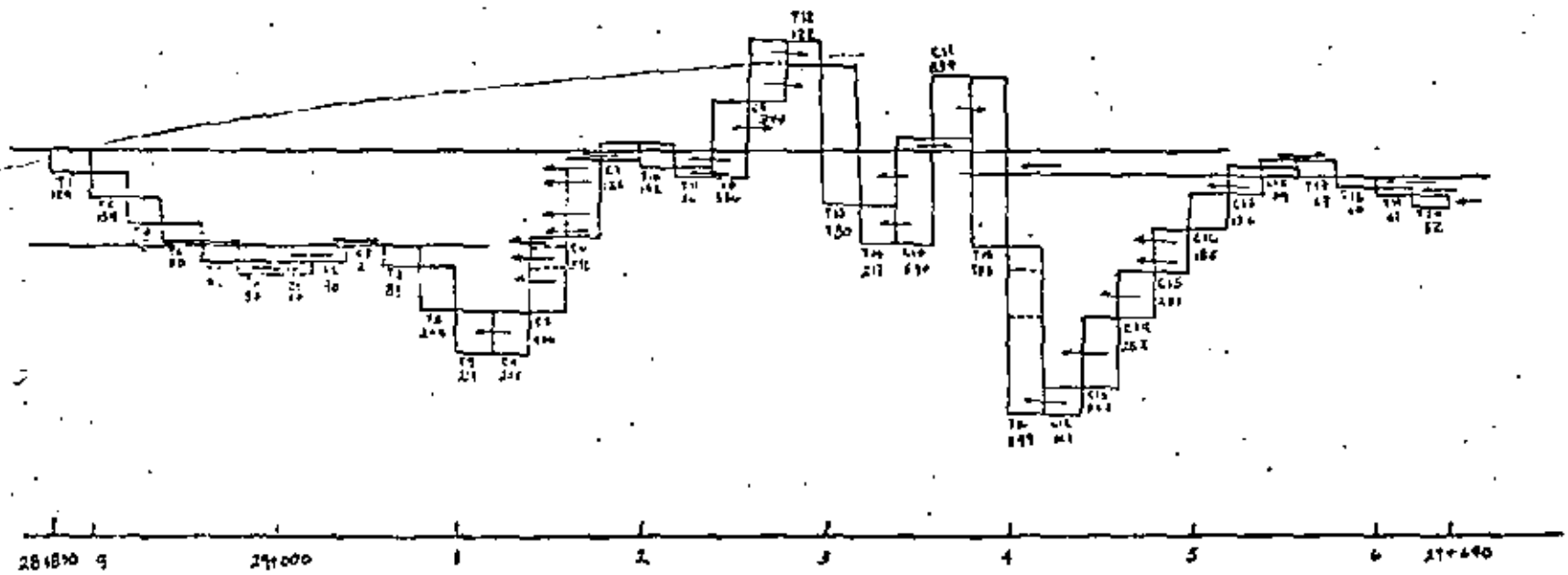
COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE

Terraplén/Corte		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	124	100	108	116	148	156	164	172	196	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	10
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	228	236	260	267	274	281	288	295	302	10
3	118	60	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	10
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	10
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	10
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	10
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	235	244	10
8	244	60	40	20	20	39	60	80	116	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	10
9	217	80	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	[illegible]	220	228	10
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	[illegible]	180	188	9
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	9
12	122	164	156	148	116	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	9
13	780	172	164	156	124	116	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	9
14	217	180	172	164	132	124	116	108	60	40	0	20	60	100	108	116	124	132	140	9
15	985	204	196	188	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	80	100	108	116	9
16	849	212	204	196	164	156	148	140	116	108	40	20	0	19	40	60	80	100	108	8
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	80	60	40	20	0	1
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	116	108	100	80	60	40	20	1
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	156	148	124	116	108	100	80	60	40	1
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	1
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	9265	57	70	2	203	406	302	126	386	244	500	359	161	367	252	201	199	198	34	5

FUNCION OBJETIVO 433525

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

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	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	154	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	118	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	110	0	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	244	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	142	0	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	122	0	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	780	0	0	0	0	0	0	0	266	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	161	0	160	0	0	103	0	129
16	649	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	92	201	189	0	0	0
17	67	0	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	0	60
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4712
	9999	57	70	2	203	405	391	126	284	344	580	352	161	267	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

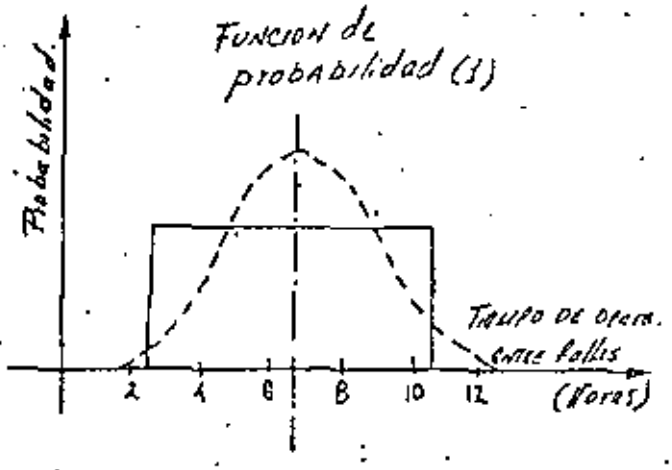
Problema de selección de equipo

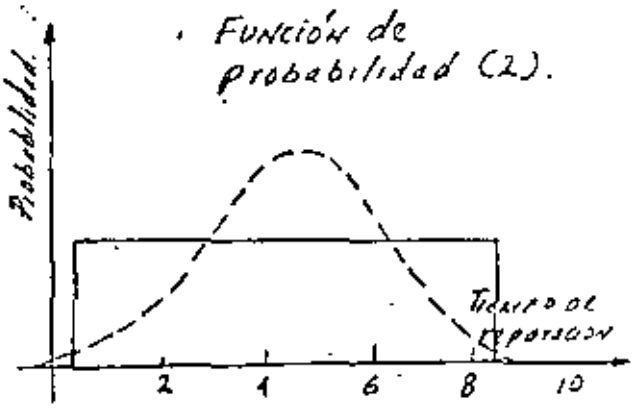
Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m^3 de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

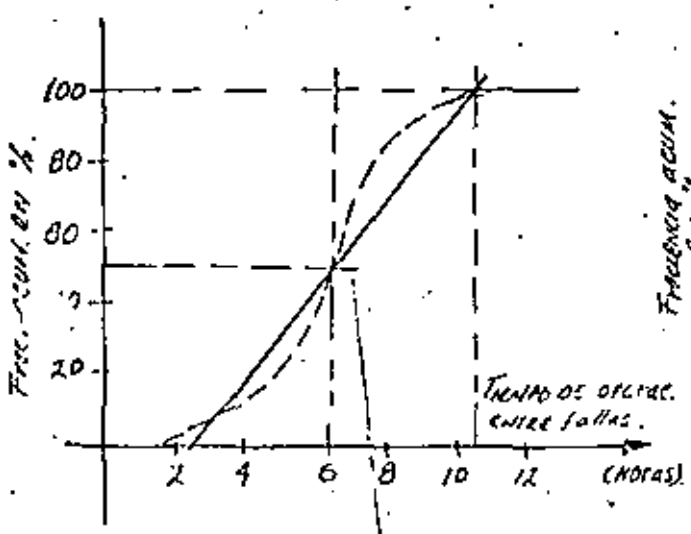
Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd^3 y 8 camiones fleteros, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

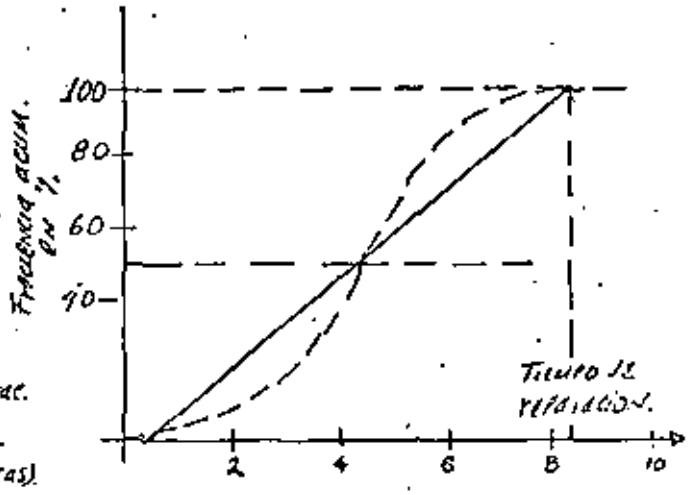
Características de la opción.

- Cargadores de la misa 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.









1º	2º	3º	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

CARGADOR	EN OPERACION			EN REPARACION			ESPERE	ESPERA CAMIONES			
	INICIO	TIEMPO OPERAC.	SUSP.	INICIO	TIEMPO REPAR.	TERM.		INICIO	TERM.	TIEMPO ESPER.	COSTO
A											
B											
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. Ackuff, E.L. Arnoff – John Wiley
5. El Desafío Americano – 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 Geodesia No. 2, Nov-Dic 1970
7. Movimiento de Terracerías y Costo Mínimo – José Piña G. –Revista Ingeniería Civil

DIRECTORIO DE ASISTENTES AL CURSO:

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

Julio, 1981

1. Juan José Aceves López
Centla Construcciones, S A
Benito Juárez 57
Col Del Carmen
Coyoacán
México 21, D F
554 97 77 y 554 67 22

Calle 31 No 114
Col Ignacio Zaragoza
México 9, D F
797 09 35 y 571 35 08

2. Romeo Del Carmen Albores Ruiz
Departamento de Pesca
Alvaro Obregón 269 8o piso
Col Roma
México 7, D.F.
525 49 ext 296

Mimiderva 14
Col Forestal
México 14, D F

3. Francisco Javier Alvarez Rivera
Ingenieros y Arquitectos, S A
Minería 105
Col Escandón
México 18, D F

18 de Marzo 2707
Col Playa Sol
Coatzacoalcos, Ver.
2 57 75

4. Juan José Arriaga Ortega
DDF
Tlaloc 1 4o piso
Col Tlaxpana
México, D F
592 30 63

Edificio 88 Entrada A-502
Unidad Lindavista
México 14, D F
587 18 03

5. Bernabé Arguello Martínez
La Victoria y Asociados, S A
Río Mixcoac 63 2o piso
México, D F
563 67 33

Río Hudson 9-D
Col Cuauhtémoc
México, D F
286 20 44

6. Rafael Camacho Alcantar
SARH
Francisco J. Clavijero 19 5o piso
Jalapa, Ver.
7 95 93 y 7 11 88

Francisco Sarabia 51
Col San Marcos de León
Coatepec, Ver.
6 12 86

7. Rubén Cárdenas
Departamento de Pesca

8. Emilio Carranza Martínez
Constructora General del Norte, S A
Cerrada de Bezares 31
Lomas de Bezares
México 10, D F
570 23 47

Cerro de Chapultepéc 44
Col Campestre Churubusco
México 21, D F
544 04 95

9. José Margarito Contreras Troncoso
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Minería 145
México 18, D F
516 04 60 ext 618

Av universidad 2014,
Edificio Honduras E-602
Copilco Coyoacan
México 21, D F
658 02 79

10. Gustavo Adolfo Chavira Gil
Ingenieros Civiles Asociados, S A

Monte Calvario 305
Col Independencia
Guadalajara, Jal.
37 20 36

11. Jorge Alfredo Delgado Ramírez
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Minería 145
México 18, D F

Lázaro Cárdenas 400
Coatzacoalcos, Ver
205 86

12. José de Jesús Cavazos Bueno
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Huichapan 880
Col Mitras Centro
Monterrey, N L

Labrador 127
Col Vista Hermosa
Monterrey, N L
48 73 58

13. Rufino García Martínez
Covitur, DDF
Av Universidad 800
México 12, D F
559 09 08

Edificio H-304, sección II
Agrup 2. U. A. S.
Col Reforma Iztaccihuatl
México 13, D F
696 24 99

14. Víctor Guerrero Martínez
Ingenieros y Arquitectos, S A
Minería 145
México 18, D F

Bravo Norte 109
Montemorelos, N L
325 93

15. Manuel Gutiérrez Rodríguez
SARH

San Juan de Aragón
México 14, D F

Niños Heroes 159, edificio 5-304
Col Doctores
México 7, D F

16. Gumaro Hernández López
Constructora General del Norte

domicilio conocido
El Salto Hgo

17. Roberto Hernández Limones
Ingeniería y Puertos
Minería 145
México 18, D F

Tampico 76
Salina Cruz, Oax
402 01

18. Juan Huerta Huerta
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Minería 145
México 18, D F

Nicolás Bravo 30
Palenque, Yuc

19. Ignacio Ibarra Chacón
Centla Construcciones, S A
Benito Juárez 57
Col del Carmen Coyoacan
México 21, D F
554 67 22, 554 97 77

Dalia 16
Xochimilco
México 22, D F

20. José Luis Lara Castro
TRACSA
Paseo de la Reforma 116-907
México 1, D F
566 90 13

Cienega 23
Lomas de Capistrano
Atizapán de Zaragoza
Edo de México
398 69 61

21. Santiago Lomelí Osuna
Ingenieros Civiles Asociados
Minería 145
México 18, D F

Hidalgo 1229
Coatzacoalcos, Ver

22. Alfonso López Fuentes
Dirección General de Obras
Marítimas, S C.T
Insurgentes Sur 465
México 11, D F

Unidad Cuitlahuac edifico 8-B-201
Col Nueva Santa María
México 16, D F
556 47 58

23. Jorge López Vargas
Equipos Mecánicos, S A
Av Marina Nacional 60
México 17, D F
527 20 60

Calle Pedrenal 13
Lomas de Canteras
Naucalpan, Edo de México
576 36 63

24. Francisco J Manrique Mendoza
Departamento de Pesca
Alvaro Obregón 269
Col Roma
México 7, D F
525 49 60

Oriente 176 No. 323
Col Moctezuma
México 9, D F
762 56 70

25. Roberto Antonio Martí Gutiérrez
Departamento de Pesca
Alvaro Obregón 269
Col Roma
México 7, D F
525 49 60 ext 300

Departamento de Pesca
Alvaro Obregón 269
Col Roma
México 7, D F

26. Lauro Mendoza y Torres
Equipos Mecánicos
Marina Nacional 60
México 17, D F
527 20 60

Colina de Herman 9
Col Boulevares
Cd Satélite, Edo de México
562 35 54

27. Alejandro Arturo Peña Cadena
SARH
Insurgentes sur 30-32, 1er piso
Col Juárez
México 6, D F
566 02 80

Tlatecpa 13-C
Col San Andrés
México 16, D F
382 15 65

28. Pedro Antonio Pérez Leyva
Equipos Mecánicos, S A
Marina Nacional 60
México 17, D F
527 20 60

Av de las Aguilas 1195
Col Las Aguilas
México 20, D F
680 13 20

29. José Luis Pérez Molina
Constructora General del Norte
Cerrada de Bezares 31. piso 4
Lomas de Bezares
México 10, D F
570 23 47

Av San Lorenzo 604-4
Col del Valle
México 12, D F
559 50 44

30. Miguel Angel Puentes
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Huichapan 880
Col Mitras Centro
Monterrey, N L
46 03 19

México 219 Sur
Col Ma Luisa
Monterrey, N L
48 38 39

31. Juan Manuel Ramírez Alvarado
Centla Construcciones, S A
Benito Juárez 57
México 21, D F
554 97 77

Girasol 46
Unidad Infonavit, Ixtacalco
México 8, D F
650 11 03

32. Arturo Rocha Ochoa
Industrias Resistol, S A
Bosques de Ciruelos 99
Bosques de las Lomas
México 10, D F
596 06 89

33. Rodolfo Rodríguez Cardénas
Minera Carbonífera Río Escondido
Piedras Negras, Coah

Santa Rosa 405-2
Col Vista Hermosa
Piedras Negras, Coah

34. Francisco Javier Rodríguez Guillén
Ingenieros y Arquitectos
Minería 145
México 18, D F

35. José Eduardo Rojas Arreola
Cia Urbanizaciones y Asfaltos, S A
Av de la Iman 151
Col Ajusco
México 21, D F
573 72 44

Av Atzcapotzalco la Villa 1293-4
Col Lindavista
México 14, D F

36. Efraín Rosas Cruz
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Mina y Madero s/n
Maltrata, Ver

Av Insurgentes 287, esq Yucatán
México 7, D F
533 16 60

37. Alejandro Sánchez Alvarez
Epoxi Construcciones S A de C V
Nuevo León 213-104
Col Condesa
México 11, D F
515 97 28

Qurétaro 48-1
Col Roma
México 7, D F

38. Armando Sierra Bicio
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Av. Revolución 202
Lerdo, Ver

Pino Suárez norte 101
Toluca, Edo de México
455 73

39. Marino Sologuren Sorcia
GRUTEC, S A
Viaducto Río Becerra 26
Col San Pedro de los Pinos
México 18, D F

Camino de la Amistad 150
Col Campestre Aragón
México 14, D F

40. Felix Tarrats Leguizamo
Compacto, S A
Guanajuato 163
Col Roma
México 7, D F
574 73 73

Actipan 74-3
Col del Valle
México 12, D F
534 43 23

41. Francisco Javier Torres Rodríguez
Ingenieros Civiles Asociados, S A
Minería 145
México 18, D F

42. Efraín Valenzo Blanco
Departamento de Pesca
Alvaeo Obregón 269
Col Roma
México 7, D F
525 49 60

Colón 11
Juchitán, Oax
208 58

43. Jesús Humberto Velarde Osuna
IASA
Minería 145

Calle Ramón Corona 2127
Col Montuosa
Mazatlán, Sin