

19
2ei



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

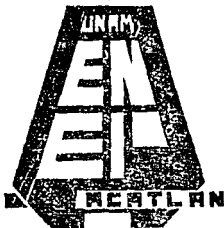
Escuela Nacional de Estudios Profesionales "ACATLAN"

**EXPLOTACION DE BANCOS DE MATERIAL Y AGARREOS
PARA LA COLOCACION DE LOS MATERIALES DE
PRESAS DE TIERRA Y ENROCAMIENTO.**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN INGENIERIA CIVIL
P R E S E N T A
COSME ADOLFO MENDOZA JIMENEZ



ACATLAN, MEXICO

1988



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

	INTRODUCCION	1
CAPITULO	1 EXPLOTACION DE ROCA	3
	1.1 ANTECEDENTES	3
	1.1.1 EXPOSITIVOS	3
	1.1.2 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS	3
	1.1.3 SELECCION	5
	1.1.4 ENCENDIDO DE EXPLOSIVOS	5
	1.2 PROCEDIMIENTO DE VOLADURA	9
	1.2.1 CALCULO DE LA CARGA	9
	1.2.2 EJEMPLO DE UNA VOLADURA	10
	1.2.3 CONSIDERACIONES GENERALES (EMPIRICAS)	14
	1.2.4 FRAGMENTACION DE ROCA	21
	1.2.5 ESPONJAMIENTO	26
	1.2.6 TAQUEO	31
	1.3 DIAMETRO DE PERFORACION	31
	1.4 ESTUDIO DEL COSTO DE EXTRACCION DE ROCA	32
	1.4.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL COSTO	33
CAPITULO	2 RECOLECCION CARGA Y ACARREO DE ROCA	41
	2.1 RECOLECCION Y CARGA DE ROCA	41
	2.1.1 RECOLECCION	42
	2.1.2 CARACTERISTICAS DE LOS BULLDOZERS (TRACTORES)	42
	2.1.3 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION Y ATAQUE	45
	2.1.4 RENDIMIENTO DE LOS BULLDOZERS	49
	2.2 CARGA Y ACARREO DE ROCA	52
	2.2.1 USO DE LA PALA MECANICA	52
	2.3 ACARREO DE ROCA	60
	2.3.1 ACARREO CON TRANSPORTADORES	61

	2.3.2	TRANSPORTE DE ROCA POR MEDIO DE CAMIONES DE VOLTEO	65
CAPITULO	3	EXPLOTACION DE BANCOS LIGEROS NO COMPACTADOS	70
	3.1	MAQUINARIA AFLOJE Y AMONTONAMIENTO DE MATERIAL	71
	3.1.1	EL DESGARRADOR	71
	3.2	PROCEDIMIENTO GENERAL	71
	3.3	RENDIMIENTO	74
CAPITULO	4	RECOLECCION, CARGA Y ACARREO DE BANCOS LIGEROS NO COMPACTADOS	
	4.1	RECOLECCION	78
	4.2	CARGA	79
	4.2.1	CARGA POR CARGADOR	79
	4.2.2	RENDIMIENTO DEL CARGADOR	82
	4.3	RECOLECCION CARGA Y ACARREO CON MOTOESCREPA	83
	4.4	ACARREO EN CAMIONES	87
	4.4.1	PROCEDIMIENTO	88
	4A	PROBLEMA DE EXPLOTACION, CARGA Y ACARREO DE UN BANCO DE MATERIAL	90
	4A.1	DESCRIPCION	90
	4A.2	NECESIDADES	90
	4A.3	EXPLOTACION DEL LUGAR	90
	4A.4	EXPLOTACION DETALLADA	91
	4A.5	DATOS DEL BANCO	99
	4A.6	TRABAJOS DE EXPLOTACION DEL BANCO	100
	4A.6.1	SELECCION DE ACCESO A LA CORTINA	101
	4A.6.2	LIMPIEZA Y DES-IERVE	101
	4A.6.3	PREPARAMOS LOS FRENTES	101
	4A.6.4	PROCEDIMIENTOS Y ALTERNATIVA	103

4A.7	CARGA Y ACARREO CON MOTOESCREPA	103
4A.8	CARGA Y ACARREO CON CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES	107
4A.9	EXPLOTACION DE ROCA	109
4A.10	RESUMEN TOTAL DEL PROBLEMA	126
	CONCLUSION	128
	BIBLIOGRAFIA	129

INDICE DE FIGURAS

		Página
1.1	INDICADORES DE MECIA	6
1.2	INICIADOR ELECTRICO	7
1.3	INICIADOR ELECTRICO CON MICRORETARDO	7
1.4	INICIADOR CON CORDON DETONANTE	8
1.5	CORTE DE UN BANCO	9
1.6	DETONACION DE 2 A 5 HILERAS	9
1.7	SECUENCIAS DE DETONADO	15
1.8	DETONADO POR HILERAS	15
1.9	RELACION E/U	16
1.10	FRAGMENTACION EN FUNCION DE E/U	17
1.11	UTILIZACION DE EXPLOSIVOS EN GRIETAS Y FALLAS	22;
1.12	RELACION ENTRE LA FRAGMENTACION, CARGA ESPECIFICA Y PIEDRA MAXIMA	23
1.13	RELACION ENTRE DIAMETROS Y FRAGMENTACION	24
1.14	FRAGMENTACION TEORICA OBTENIDA EN VOLADURAS Y S50	25
1.15	CURVA GRANALOMETRICA DE ROCA VOLADA Y S50	25
1.15'	DISTRIBUCION DE FRAGMENTACION EN VOLADURAS S50	26
1.16	GRAFICA DE FRAGMENTACION EN FUNCION E/U	27
1.17	COMPARACION EN EL ESPONJAMIENTO	28
1.18	FORMA DE EVITAR PROYECCIONES	30
1.19	PROCEDIMIENTO DE TAJUEO	31
1.20	RELACION ENTRE EL COSTO DE PERFORACION Y DIAMETRO DE PERFORACION	33
1.21	COSTO DE DIFERENTES EXPLOSIVOS	34
1.22	RELACION ENTRE EL COSTO DE CARGA DE BARRENO (EXPLOSIVO) Y % DE PERFORACION	35
1.23	RELACION ENTRE COSTO TOTAL DE VOLADURA Y DIAMETRO DE PERFORACION	36
1.24	RELACION ENTRE APARICION RELATIVA DE BLOQUES Y FRAGMENTACION	36

1.25	RELACION ENTRE COSTO DE FRAGMENTACION CON RELACION AL TAMAÑO	37
1.26	RELACION ENTRE FRAGMENTACION Y EL DESEDCOMBRO	37
1.27	COMPARACION ENTRE EL COSTO DE 2 VOLADURAS	38
2.1	TRACTOR DE ORUGA EN MANIOBRAS DE RECOLECCION	41
2.2	TRACTOR DE ORUGA CON CONTROL HIDRAULICO	43
2.3	TRACTOR DE ORUGA CON CABINA PROTEJIDA	43
2.4	RELACION ENTRE EL TIPO DE HOJA EL RENDIMIENTO Y LA DISTANCIA DE RECOLECCION	45
2.5	FORMA DE ATAQUE ESCALONADO	46
2.6	FORMA DE ATAQUE CIRCULAR	47
2.7	FORMA DE ATAQUE DE CARACOL	47
2.8	TRACTOR HIDRAULICO RECOLECTANDO MATERIAL	48
2.9	TRACTOR ENLLANTADO CON CONTROL POR CABLE	49
2.10	PALA MECANICA CARGANDO UN CAMION FURA DE CAMINO	53
2.11	PALA MECANICA ABRIENDO SU CUCHARON ARTICULADO	54
2.12	PALA MECANICA Y CARGADOR TRABAJANDO LA RECOLECCION Y CARGA DE ROCA	55
2.13	FORMA DE EXCAVAR ATAQUE	59
2.14	DURACION DE UN CICLO DE UN YUCLE CARGADO MODELO 777	66
2.15	DURACION DE UN CICLO DE UN YUCLE DESCARGADO MODELO 777	66
2.16	DURACION DE UN CICLO DE UN YUCLE CARGADO MODELO 773	67
2.17	DURACION DE UN CICLO DE UN YUCLE DESCARGADO MODELO 773	68
2.18	DURACION DE UN CICLO DE UN YUCLE DESCARGADO MODELO 769	69
3.1	DESGARRADORES CON DIENTES MULTIPLES Y UN SOLO DIENTE	70
3.2	GEOFONO PARA OBTENER LA VELOCIDAD SISMICA	73

3.3	HOJA UNIVERSAL PARA TRACTOR	73
3.4	RENDIMIENTO DE UN DESGARRADOR DE ACUERDO A LA VELOCIDAD SISMICA	74
3.5	TIPOS DE MATERIALES Y VELOCIDADES DE ONDA SISMICA	75
3.6	FIGURA DONDE SE VE EL TRABAJO DEL TRACTOR EN MATERIAL SUELTO	77
4.1	CARGADOR CON CUCHARON DE ALMEJA TIPO BULLDOZER	79
4.2	CARGA DE CAMION FUERA DE CAMINO CON CARGADOR FRONTAL	80
4.3	CARGADOR CON DESCARGA LATERAL	81
4.4	CARGADOR DE ALMEJA ACTUANDO COMO CARGADOR NORMAL	82
4.5	CARGADOR DE ALMEJA ACTUANDO COMO TAL	93
4.6	CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE MOTOESCREPA	84
4.6'	RENDIMIENTO DE MOTOESCREPA	
4.6''	RENDIMIENTO DE MOTOESCREPA DESCARGADA	
4.7	ESPECIFICACIONES DE LA MOTOESCREPA	85
4.8	INFORMACION SOBRE EL CARGADOR J.A 755	86
4.9	CORTE DE UN CARGADOR DE ORUGA	87
4A.1	COMPARACION DE VOLUMENES	100
4A.2	CARACTERISTICAS DE MAQUINARIA USADA	102
4A.3	RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES EN TALADRO DE 1 3/3", 3"	118

I N D I C E D E T A B L A S

		PAGINA
1.1	DONDE SE OBSERVA LA FUERZA DE LOS EXPLOSIVOS EN RELACION A LA DINAMITA AL 40%	4
1.2	CARACTERISTICAS DE LOS EXPLOSIVOS	5
1.3	USO DE DETONADORES EN DIFERENTES FECHAS	6
1.4	DONDE SE VEN TIPOS DE DETONADORES CON SISTEMA NONEL	8
1.5	METODOS DE CARGA DE LOS CARTUCHOS	18
1.6	EJEMPLO DE DATOS PRINCIPALES PARA CALCULO DE LA CARGA ESPECIFICA	20
1.7	VELOCIDAD DE PROPAGACION DEL EXPLOSIVO Y DE ONDA	22
1.8	RETACADOS NECESARIOS	23
1.9	CARGA NECESARIA POR ESPONJAMIENTO	30
1.10	CARGA POR TAQUEO	31
1.11	RELACION ENTRE DIAMETROS DE PERFORACION Y ALTURAS DE BANCO	32
2.1	PESOS DE LAS DIFERENTES HOJAS	44
2.2	DIMENSIONES DE LAS DIFERENTES HOJAS	44
2.3	RENDIMIENOS IDEALES DE PALAS MECANICAS	59
2.4	PRODUCCION DE LA PALA EN FUNCION DE LA DURACION DE UN CICLO	60
2.5	AREAS DE LA SECCION PARA DIFERENTES ANGULOS DE MATERIAL DE BANDAS	62
2.6	CAPACIDAD DE CARGA DE LOS TRANSPORTADORES DE BANDA DURACION DEL CICLO DE UN YUCLE CARGADO	64

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

En un país como México con una superficie de casi 2'000,000 de Km² y con un relieve muy propicio para la construcción de presas pero en donde existen grandes problemas Nacionales.

Como el que en la actualidad el aumento de la población en -- nuestro País ha traído como consecuencia la demanda de obras -- civiles que cumplan con los satisfactores que resuelvan sus -- necesidades y además apoyen el desarrollo Nacional con un bajo costo económico que proporcione seguridad y funcionalidad.

Esto obliga a la construcción de grandes sistemas de almacenamiento (presas) a tener sistemas de ingeniería que requieran una gran planeación para tener una buena ejecución y por lo -- tanto un buen control.

En todas las obras de ingeniería se realizan grandes movimientos de materiales, entre los cuales en las presas la mayor parte de estos es la roca y materiales graduados, por lo que se -- busca una buena explotación de los mismos y para cumplir mejor con los movimientos y explotación de materiales exponemos este trabajo (explotación de bancos de material y acarreo para la colocación de los materiales de presas de tierra y enrocamiento), que a continuación se describe.

En el capítulo I se menciona las generalidades de los explosivos, características de estos, así como usos y condiciones para una buena elección.

En el capítulo II se enfoca a la maquinaria que se necesita -- principalmente para la recolección carga y acarreo de roca -- como el procedimiento.

En el capítulo III y IV se menciona la maquinaria y el procedimiento para explotar el suelo no compactado.

En el capítulo IV hay un ejemplo que es interesante ver porque es un resumen del procedimiento de explotación carga y acarreo de materiales para la construcción de presas de tierra y enrocamiento, aunque en general se pueden aplicar a un problema de movimientos de tierra.

En los cuatro capítulos se menciona las principales máquinas a usar en tablas y rendimientos. También se encontrará un índice de conceptos y uno de tablas.

CAPITULO 1

01. - EXPLOTACION DE ROCA O SUELOS MUY COMPACTADOS.

Se trata de dar el procedimiento general de extracción - que engloba; perforación y dinamitado (se analiza someramente la maquinaria donde se tratan las perforadoras y explosivos), se dan las principales características de la dinamita.

01.01. - ANTECEDENTES.

01.01.01 EXPLOSIVO: Se entiende por explosivo a aquella sustancia con poca estabilidad y que es capaz de incendiarse o detonar para producir una gran cantidad de energía, la que producirá una explosión que debe ser capaz de tronar la roca y separarla del banco.

01.01.02 PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS.

a).- Fuerza: La fuerza de un explosivo es la energía o potencia que determina el empuje (fuerza) que desarrolla y - por consiguiente el trabajo que es capaz de realizar; y se clasifican las dinamitas según la proporción de nitroglicerina (peso que contienen), así la dinamita -nitroglicerina- al 40% se toma como base para la clasificación de estas. Así es como la dinamita al 20% tiene la mitad de potencia que la dinamita al 40%; aquí se muestra esta tabla donde relaciona número de cartuchos con porcentajes.

Un cartucho:	60%	50%	45%	40%	35%	30%	25%	20%	15%
60%	1.00	1.12	1.20	1.22	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 1-1 Donde se observa la fuerza de los explosivos en relación a la Dinamita al 40%.

b).- Velocidad: La velocidad de un explosivo, es la rapidez con que se propaga la onda de detonación a lo largo de una columna de explosivo, o sea, mientras mayor es la velocidad, mayor puede ser el efecto de ruptura del material.

c).- Resistencia al agua: Los explosivos en zonas sin agua difieren poco, pero cuando hay agua, hay que emplear explosivos resistentes a ésta.

d).- Densidad: La densidad de la dinamita se expresa por el número de cartuchos de 1 1/4" x 8" (3.175 x 20.32 cm) que contiene una caja de 25 kg.

e).- Flameabilidad: Es la facilidad con que arde la dinamita, las hay Flameables y No Flameables.

f).- Emanaciones: Son los gases que se originan en una explosión, los cuales en general no son tóxicos.

01.01.03 SELECCION:

Para seleccionar un explosivo se deben tomar en cuenta las características mencionadas y el uso que se les va a dar; aquí se mencionan algunos tipos de explosivos, como características y usos. (Ver tabla 1-2)

Tabla 1-2 Características de los explosivos.

TIPO	AGENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACION	USO
Dinamita Nitroglicérica	Nitroglicérica		Alta	Buena	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Extra	Nitroglicérica y amoníaco	20-60%	Alta	Regular	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto
Granulada	Amoníaco	25-65%	Baja	Muy mala	Exceso de gases	Trabajos a cielo abierto (canteras)
Gelatina	Amoníaco	30-75%	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	Amoníaco	25%	Regular	Ninguna	Pocos gases	Trabajos mineros

01.01.04 ENCENDIDO DE EXPLOSIVOS:

Un factor importante para una voladura es la selección de un sistema racional y seguro que produzca una detonación -

del explosivo sin riesgos.

Los métodos de encendido se clasifican en 4 grupos:

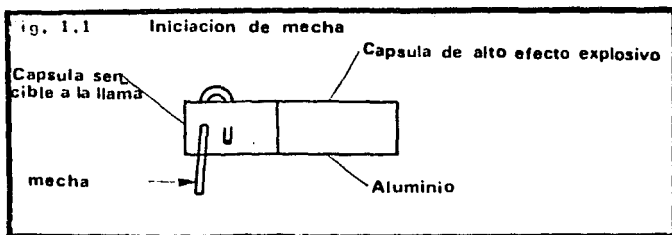
- a).- Iniciación de mecha
- b).- Iniciación eléctrica
- c).- Cordón detonante
- d).- Sistema Nonel

a).- **Iniciación con mecha:** Este tipo de encendido se utiliza principalmente para hacer detonar una sola carga, no es recomendable para grandes voladuras. A continuación se mencionan datos de la cantidad de uso de detonadores.

Tabla 1-3 Porcentaje de uso de detonadores en diferentes fechas.

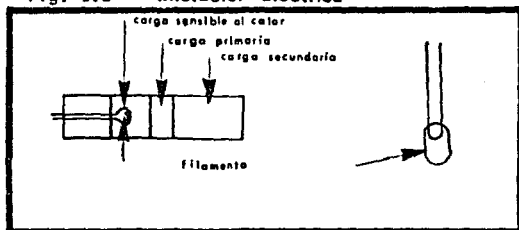
Año	Iniciación Eléctrica	Iniciación con mecha
1944	5 %	95 %
1954	23 %	77 %
1970	83 %	17 %
1974	89 %	8 %

Iniciadores de mecha: Consiste en un nudo de polvora, - envuelta en una cubierta de cintas impermeables y aislantes. Debe arder en forma continúa y aislante con velocidad constante de 12 segundos por metro (+ 5%). La unión de la mecha al detonador es de la forma siguiente:



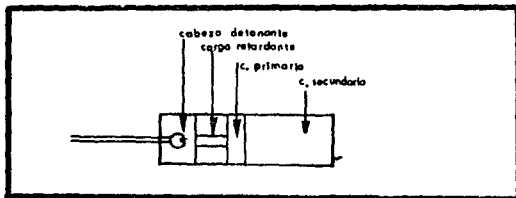
b).- **Iniciación Eléctrica:** La ventaja de la iniciación eléctrica es que cada detonador es por separado y la unión completa puede comprobarse antes de realizar una voladura. Este actúa tan pronto como recibe la corriente.

Fig. 1.2 **Iniciador Eléctrico**



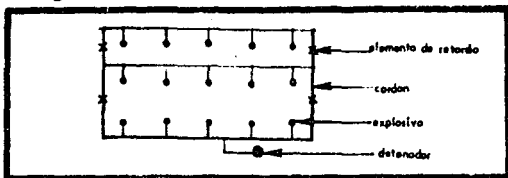
También hay detonadores de microretardo que disponen de un elemento retardador a diferentes intervalos de tiempo entre los mismos detonadores.

Fig. 1.3 **Iniciador eléctrico con microretardo**



c).- **Cordón detonante:** Este cordón detona a una velocidad de 6700 a 6900 mts./seg., ésta se recomienda en cargas alargadas y/o profundas, voladuras en hileras múltiples y principalmente en combinación con otros explosivos.

Fig. 1.4 Iniciador con cordón detonante



d).- **Sistema Nonel:** En este sistema de encendido se utilizan los sistemas Conectador y Detonador por separado, consiguiendo mayor flexibilidad, economía y seguridad.

Tabla 1-4 Donde se ven tipos de detonación con sistema Nonel.

Detonador	# Interv.	Retardo ms(millseg.)	Intervalo entre Numeros(ms)	Longitud Normal mts.
30, 40	18	75-500	25	4, 2, 4, 8 6, 0, 15.
24, 28, 32				
36, 40, 44	6	600-1100	100	4, 2, 4, 8 6.
50, 56, 62				
68, 64, 80	6	1250-2000	150	4, 2, 4, 8 6, 0.

24, 28, 32

36, 40, 44 6 600-1100 100 4, 2, 4, 8
6.

50, 56, 62

68, 64, 80 6 1250-2000 150 4, 2, 4, 8
6, 0.

01.02 PROCEDIMIENTO DE VOLADURA

Después de hacer los estudios preliminares y sondeos de nuestro banco, procedemos a obtener la explotación de roca con ciertas características, y un dato muy importante es el-

tiempo de explotación y de acuerdo a los requerimientos del material se decidirá sobre el diámetro de las perforaciones.

Teniendo ya decidido el diámetro se obtendrá la maquinaria de perforación y rendimiento, así obtendremos la perforación y carga específica para obtener el costo de perforación y explosión para taladros de 3" y 1 3/4".

Para la carga de la roca volada se tendrá que amontonar el material con un tractor (recolección) obteniendo costo y rendimiento. Después se obtiene la carga con pala mecánica y cargador frontal, cargando en camiones fuera de camino obteniendo el costo total.

01.02.01 Cálculo de la carga:

Las voladuras en los bancos se consideran; como las voladuras realizadas con barrenos normalmente verticales en una o varias hileras, con salida hacia una superficie libre.

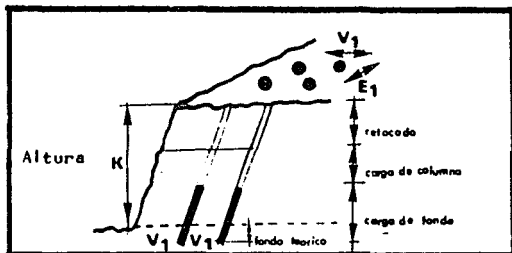


Fig. 5.5 Corte de un banco

Los aspectos que dificultan la explotación de roca son, las características tan dispares como; la resistencia a la tracción, compresión, corte, homogeneidad.

La base teórica para el cálculo de la carga se fundamenta en valores empíricos, por resultados prácticos que se han ido acumulando y la unidad que une las características de la roca a la voladura (con un explosivo determinado) es la que manifiesta la relación entre el explosivo (cantidad) de una potencia determinada y el volumen arrancado. A esta función se le denomina carga específica.

01.02.02 EJEMPLO DE UNA VOLADURA:

En los cálculos que siguen se utiliza el explosivo tipo Dynamex B, que tiene las siguientes características (dadas por el fabricante):

Velocidad de detonación	= 5500 mts/seg.
Factor de energía	= 500 ton.m/kg.
Potencia relativa	= 100
Carga específica	= 0,40 kg./m ³
Carga con un grado de retacado de	= 1,25 kg./dm ³

La voladura realizada con barrenos muy próximos y de diámetro pequeño, proporciona una mejor fragmentación que si se utilizan barrenos de gran diámetro en un esquema más amplio.

Los cálculos en este ejemplo se basan en un explosivo Dynamex B, con una carga específica de 0,40 kg/m³, necesaria para romper la piedra del fondo, estas cargas se refieren a un grado de retacado de 1,25 kg/dm³.

Como aumenta la profundidad del barreno, aumentaría la carga específica, pero para fines prácticos se pone el promedio y se aumenta la potencia para lanzar la roca hacia adelante.

El sistema de encendido es muy importante ya que las voladuras realizadas con tiempo de retardo de milésimas de segundo, ayudan a que la roca se rompa por etapas. Las tablas y sistemas deben adaptarse a cada caso y las condiciones existentes.

Cálculo de la carga:

Nomenclatura

V_{max} .	=Piedra máxima en metros.
V_1	=Piedra práctica en metros.
F_1	=Error de perforación.
E_1	=Espaciamiento Práctico en metros.
U	=Sobre perforación en metros
H	=Longitud del barreno en metros.
K	=Altura del banco en metros.
Q_b	=Carga de fondo en Kg.
Q_p	=Carga de columna en Kg.
Q_{tot} .	=Carga total en Kg/barreno.
q	=Carga específica en Kg./m ³
d	=Diámetro del barreno
Q_b^k	=Concentración de carga de fondo Kg/m.
Q_p^k	=Concentración de carga de columna Kg/m.
h_b	=Altura de carga de fondo en mets.
h_p	=Altura de carga de columna en mts.

- h_0 =Retacado en mts. (altura).
 b =Perforación específica en m/m³
 δ =Anchura de la pega mts.

Formulario:

- 1.- Piedra máxima teórica $=45 \times d$
 $V_{m\acute{a}x} = 45 \times \text{diámetro de taladro}$
- 2.- Sobreperforación $=0.3 \times V_{m\acute{a}x}$
 $U = 0.3 \times \text{Piedra máx. teórica}$
- 3.- Profundidad de taladro $= \text{Altura de banco} + \text{sobreperforación} + 5\text{cm/m debi-$
 $\text{do a la inclinación } 3:1 \text{ -}$
 del taladro.
 $H = K + U + 0.05 (K + U)$
- 4.- Error de perforación $= 3\text{cm de error de emboqui-}$
 $\text{lle} + 3\text{cm/m de taladro.}$
 $F = 0.05 + 0.03 \times H$
- 5.- Piedra práctica $= \text{Piedra máxima-error de}$
 perforación.
 $V_1 = V_{m\acute{a}x} - F$
- 6.- Espaciamiento Práctico $= 1.25 \times \text{piedra práctica}$
 $E_1 = 1.25 \times V_1$
- 7.- Concentración de carga de fondo $= \frac{(\text{Diámetro taladro})^2}{1000}$
 $Q_{bk} = \frac{d^2}{1000}$
- 8.- Altura de carga de fondo $= 1.3 \times \text{Piedra máxima teór.}$
 $h_b = 1.3 \times V_{m\acute{a}x}$

9.- Carga de fondo =Altura de carga de fondo
x Q_b concentración de carga de fondo
= H_b x Q_{bk}

10.- Concentración de carga de columna = $(0.4a0.5)$ x concentración de carga de fondo;
 Q_{pk}
 $Q_{pk} = 0.4-0.5 \times Q_{bk}$

11.- Altura de carga de columna =Profundidad del talaoro - (altura de la carga de fondo + retacado)
 $h_p = H - (h_b + h_o)$

12.- Retacado =Piedra práctica (y/o piedra teórica)
 $h_o = V_1$ (y/o $V_{máx}$)

Definiciones:

a).- Bordo máximo teórico (piedra máxima teórica):

Es la distancia del barreno a la cara libre, medida perpendicularmente a éste y calculada teóricamente.

b).- Sobreperforación:

Es la perforación realizada por debajo del nivel teórico.

c).- Profundidad del taladro:

Es la profundidad del barreno.

d). Error de perforación:

Desviación del taladro respecto al esquema teórico.

e).- Piedra práctica (Gordo máximo práctico):

Es la distancia del barreno a la cara libre, medida y calculada prácticamente (Dist. entre líneas de barrenos).

f). Espaciamiento Práctico:

Distancia entre una línea de barrenos y otra línea de los mismos.

g).- Concentración de carga de fondo:

Es la cantidad de explosivo concentrado en el fondo del barreno Kg/m.

h).- Altura de carga de fondo:

Altura del barreno donde se encuentra la carga de fondo.

i).- Carga de fondo:

Explosivo concentrado en el fondo de un barreno en kilos de explosivo por m^3 de roca volada.

j).- Concentración de carga de columna:

Es la cantidad de explosivo concentrado en la columna del barreno en Kg/m.

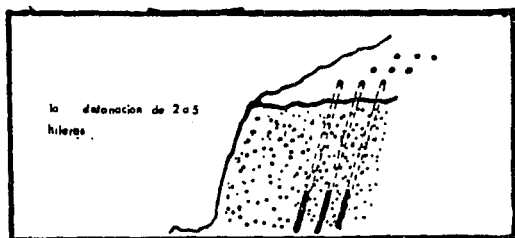
k). - Altura de carga de columna: Es la altura donde va la carga de columna.

l).- Retacado: Es la zona sin cargar del barreno normalmente rellena de tierra con el mismo material, u o polvo.

01.02.03 CONSIDERACIONES GENERALES (Empíricos)

a).- Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros, es recomendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultáneamente con el objeto de desprender suficiente material. Fig. 1.6

Fig. 1.6 Donde se muestra la detonación de 2 a 5 hileras.



b).- Cuando la voladura está limitada lateralmente, primero se truena el centro y luego las esquinas como se muestra en la figura y con un cierto tiempo de intervalo.(Fig. 1.7)

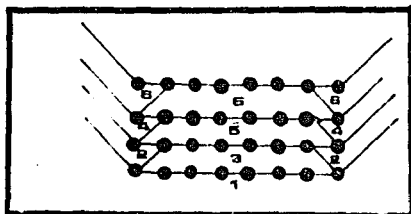


Fig. 1.7
Secuencia de
detonado

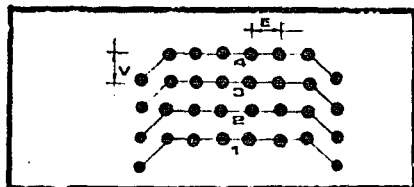


Fig. 1.8
Detonado por
hileras

En la figura 1.8 b) se muestran todos los barrenos en hilera y se reducen el número de intervalos.

c) Otro tipo de voladura que es adecuada para la mayor fragmentación un mejor acabado de las paredes y una rezaga más concentrada, ésto también es para voladuras en paredes llanadas.

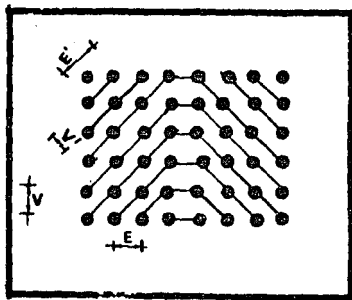


Fig. 1.9 Figura donde se muestra la relación E/V

Considerando el inciso b) y c), se ve que:

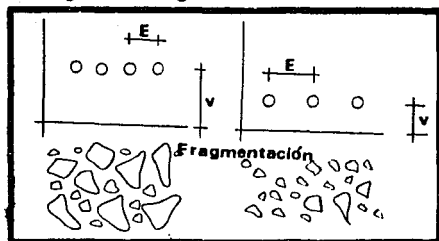
$$E \approx E_x 2, V' = V/2 \text{ por lo que igualando términos } E'/V' \approx \frac{E_x 2}{V/2} =$$

$\frac{2E_x}{V}$ por lo que la relación E'/V' es mayor en el inciso c) que en b), por lo que la fragmentación es mejor.

$$\frac{E'}{V'} = \text{Grande} \quad \text{Fragmentación}$$

$$\frac{E'}{V} = \text{Pequeño} \quad \text{Grandes bloques}$$

Fig. 1.10 Fragmentación en función de E/V

Fig. 1-10
Fragmentación en
función de E/V

En la figura 1.7 y 1.8, se ve claramente que el aumentar la relación E/V, aumenta la fragmentación.

Esto quiere decir que si tenemos una distancia grande entre hileras de barrenos y distancias cortas entre un barreno y otro (inciso c) el tamaño de los fragmentos aumentará y en la figura d) si tenemos distancias pequeñas entre hileras de barrenos y distancias grandes entre un barreno y otro.

d).- Desescombro:

En el caso de que no se escombre entre voladura y voladura, se necesitará una carga específica más elevada.

En el caso de zonas urbanas se necesita que el lanzamiento de la roca sea lo menos posible. En el caso de que esto suceda, se reducirá la carga específica y no se utilizarán grandes diámetros de perforación.

e).- Aptitud de la roca a ser volada.

No toda la roca (es un banco de material) presenta las mismas características, pues la resistencia que presenta se debe a su composición, dureza, fallas en la misma, etc.

Ahora si se vuela en una sola hilera el límite de la carga

ga será de 0.20 Kg/m³, y en voladuras múltiples se considera una carga de 0.35 - 0.45 Kg/m³ para compensar errores de perforación y esponjamiento. En el cálculo se tiene la posibilidad de combinar el factor K en la relación $V_{m\acute{a}x} = K \times d$. Dependiendo de la aptitud de la roca volada.

f).- Concentración de la carga:

Las tablas presentadas están referidas a un tipo de explosivo Dynamex B y un grado de retacado de 1.25 Kg/m³. Cuando los cartuchos son retacados con un retacador debe procurarse que sea de 1.25 Kg/cm³.

Por ejemplo, si tenemos una perforación en un banco de material abierto con las siguientes características. Con diferentes tipos de cartuchos y con diferentes métodos de carga la concentración será (Datos del fabricante):

Encartuchado tipo	Método de Carga	Concentración de carga Kg/dm ³ Kg/m
Dynamex B55x400	Introducción de los cartuchos en el taldro, dejándolos caer sin retacar y baja temperatura.	1.05 3.40
Dynamex B55x400	Cartuchos rajados, retacado mediante atacador pesado temp. +15 a 25°C	1.25 4.10
Dynamex B29x200	Cargadora neumática manual	1.25 4.10

Dynamex B29x200	Cargadora neumática tipo robot	1.35	4.30
-----------------	-----------------------------------	------	------

Tabla 1-5 Metodos de carga de cartuchos

Es conveniente saber qué tipo de cargador se utiliza como tipo de cartucho para compararlos con la concentración en este caso de Dynamex B, con un grado de retacado de 1.25 -- Kg/dm³.

g).- Error de Perforación:

La piedra máxima teórica $V_{máx.}$ de las tablas se reduce en 5cm por error de perforación y en 3cm por error de taladro aunque en la práctica no se ajuste exactamente. Se debe tratar de ser lo más preciso posible ya que el error de perforación es un factor práctico.

h).- Potencia por unidad de peso del explosivo:

Se ha tomado la potencia en este caso del explosivo Dynamex B. La potencia por unidad de peso sirve como base para comparar el efecto de los distintos explosivos. Los resultados de la tabla se calculó en base a resultados reales de voladura de roca. Se muestra esta tabla para perforación y carga para diámetro de taladro de 34 a 27 mm. Tabla 1-6

Tabla 1-6 Ejemplo de datos principales para cálculo de carga específica.

Altura de banco	Profundidad - taladro	Piedra - máx. ma	Piedra - práctica	Españamiento - práctico	Carga de fondo	Carga de columna			Carga total	Carga específica
K m	H m	V _{max} m	V _l m	E _l m	Q _b Kg	Q _p Kg	Q _{pk} Kg/m	Q _{tot} Kg/barrero	γ ₃ Kg/m ³	
0.5	0.8	0.50	0.50	0.65	0.075	-	-	0.075	0.46	
0.8	1.1	0.60	0.60	0.75	0.15	-	-	0.15	0.41	
1.0	1.4	0.80	0.80	1.00	0.30	-	-	0.30	0.38	
1.2	1.6	0.90	0.90	1.10	0.45	-	-	0.45	0.38	
1.5	1.9	1.00	1.00	1.25	0.55	0.10	0.40	0.65	0.35	
1.7	2.2	1.00	1.00	1.25	0.60	0.15	0.40	0.75	0.35	
2.0	2.5	1.10	1.00	1.25	0.70	0.20	0.40	0.90	0.35	
2.5	3.0	1.20	1.10	1.35	1.00	0.30	0.40	1.30	0.35	
3.0	3.6	1.35	1.20	1.50	1.60	0.30	0.50	1.90	0.35	
3.5	4.1	1.30	1.10	1.35	1.40	0.60	0.50	2.00	0.38	
4.0	4.6	1.30	1.10	1.35	1.40	0.85	0.50	2.25	0.38	
4.5	5.1	1.25	1.05	1.30	1.30	0.90	0.40	2.20	0.36	
5.0	5.6	1.25	1.05	1.30	1.30	1.10	0.40	2.40	0.36	
5.5	6.2	1.20	1.00	1.25	1.10	1.40	0.40	2.50	0.36	

El desescombro influye en la carga de columna pues en una altura de banco de 5 mts, aumenta de 0.7Kg/m a 0.5Kg/m, la carga específica en esta tabla está considerada para cada barrero.

Si hay un grupo de barrenos, la carga específica se cal-

cularía:

$$q_{vol} = \frac{q \text{ barr} \times \text{núm. de barrenos / hilera}}{\text{Núm. de barrenos / hilera} - 1}$$

Por ejemplo:

Si tenemos $q=0.38 \text{ kg/m}^3$ y $K=4$ y tenemos 10 hileras.

$$q_{vol} = \frac{0.38 \times 10}{10-1} = 0.42 \text{ Kg/m}^3$$

Lo que se ve que la carga específica aumenta cuando están en grupo.

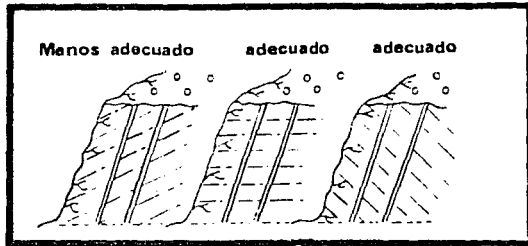
La voladura de bancos bajos por debajo de $2 \times V_{max}$, no se recomienda con barrenos de grandes diámetros por la gran explosión y el descontrol de la misma y el riesgo de proyección es grande.

01.02.04 FRAGMENTACION DE LA ROCA.

El término fragmentación de la roca se usa al tamaño de los bloques de roca promedio o los de mayor tamaño después de la voladura.

Para hacerla más fácil definiremos el coeficiente de fragmentación relativa que se define como el tamaño de malla en relación con una cierta abertura a través de la cual puede pasar el 50% del material. La composición de grietas, fallas y zonas débiles tienen gran influencia, así como la utilización del explosivo y sus características, ya que un explosivo no produce los mismos efectos en roca sana que en fisurada. (Ver figura 1.11)

Fig. 1.11 Utilización de explosivos en grietas y fallas.



En la práctica se ha visto que la velocidad de propagación del explosivo y la velocidad de onda son casi iguales, resulta ventajoso en rocas fisuradas, debe tenerse en cuenta la dirección de la estratificación.

Tabla 1-7 Velocidad de propagación del explosivo y de onda

tipo de la roca	Vel. de Propag. m/seg. (Choque)	Explosivo	Vel. de det. (Explosivo) m/seg.
Granito homog.			
Gneis	5000-6000	Dynamex	5500
Calizadura	3000-4500	Mabit	3500
Calizablanda	1000-2000	Prillit	2400

La zona de carga de fondo tiene una carga específica tan elevada que el explosivo actúa en tan buena disposición, que la fragmentación es normalmente buena.

La zona de retacado tiene un efecto negativo en la fragmentación, ya que los barrenos con grandes retacados producen grandes bloques, para quitar esto se puede aumentar la carga de columna o colocar barrenos auxiliares.

La estimación de la longitud de retacado puede realizar-

se en base a la concentración de la carga utilizada.
 tabla 1-^o Retacados necesarios

Concentración de la carga en la carga de columna extra	Columna Extra Retacado Necesario
KG / m	Tipo de carga m
1.00	29 mm Dyn 1.8
0.65	25 mm Dyn 1.5
0.50	22 mm Dyn 1.4
0.40	22 mm Nabit 1.25
0.16	17 mm gurit 0.80

La perforación específica: Es de mucha importancia en la fragmentación, en esta muestra se ve cómo con una carga específica, la fragmentación disminuye al aumentar la piedra. Fig. 1.1

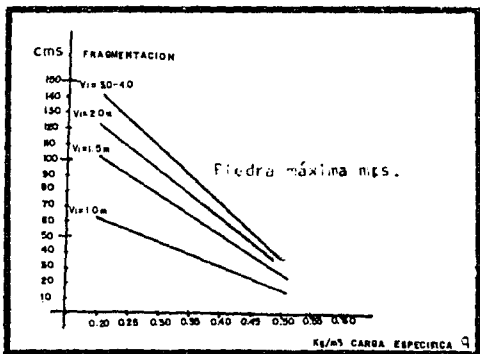


Fig. 1.12 Relación entre la fragmentación, carga específicos y piedra máxima.

En el caso de piedras pequeñas la distribución de la carga es mayor y la posibilidad de formación de bloques está limitada por el esparcimiento entre barrenos.

La utilización de grandes diámetros con cargas concentradas produce gran proporción de material fragmentado pero también se producen bloques de gran tamaño. La fragmentación es mayor cuando se producen diámetros pequeños. Fig. 1 13

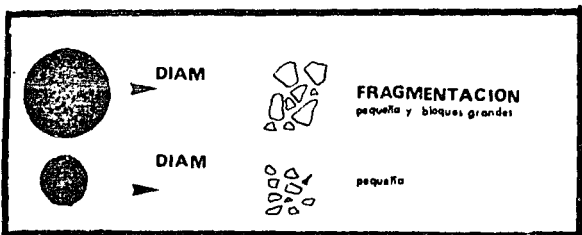


Fig. 1 13 Relación entre diámetros y fragmentación

Lo que si es de considerar, es que a mayor carga específica hay mayor fragmentación.

Definiremos el coeficiente de fragmentación al 50% que pasa por una malla determinada.

En las siguientes figuras se proporciona una idea del concepto de fragmentación, ofreciendo en la práctica buenas posibilidades para determinar qué coeficiente debe ser elegido para obtener el mejor resultado posible.

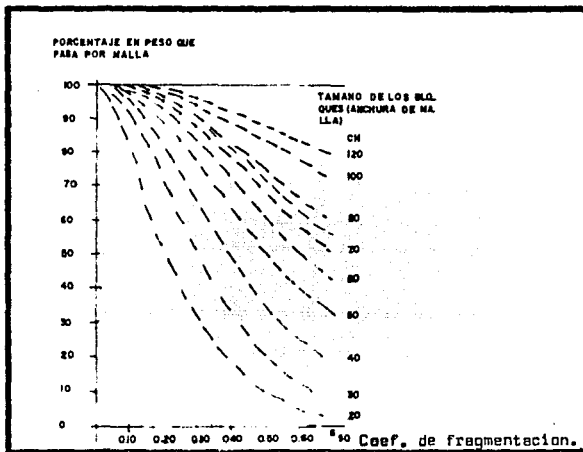


Fig. 1-14 Fragmentación teórica obtenida en voladure.

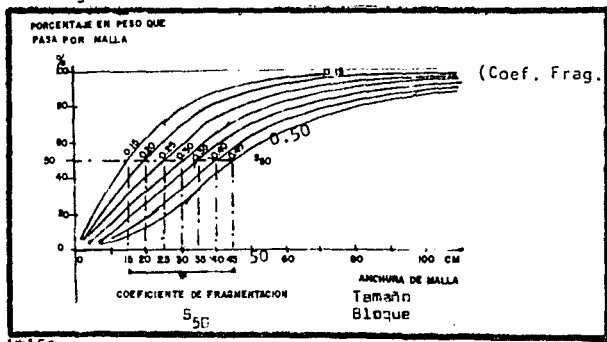


Fig. 1-15 Curva granulometrica de roca volada S₅₀

El diagrama completo ha reunido las cargas específicas - de uso más corriente, mientras que el diagrama de la figura - 1.16 proporciona los datos necesarios para utilizar las - cargas específicas comprendidas entre 0,20 y 0,30 Kg/m³ en voladuras con hileras múltiples.

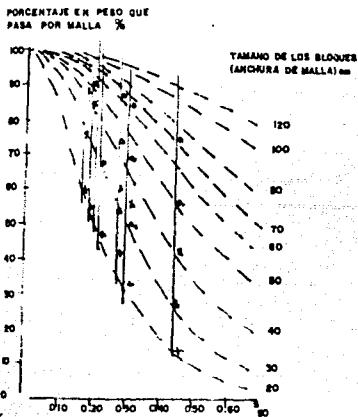


Fig. 1.16 Distribución de fragmentación en voladuras en función del S₅₀

+	Porcentaje	en peso que	pasa a través de la malla anch.	20cm
-	"	"	"	30cm
X	"	"	"	40cm
Δ	"	"	"	50cm
O	"	"	"	70cm

El efecto de la secuencia de encendido y el tiempo de in

térvalo en la fragmentación, ejerce un gran efecto en el proceso de voladura, por esta razón es muy importante.

En el caso de piedras pequeñas la roca se desplaza con más velocidad, si los tiempos de retardo son más pequeños, los intervalos de tiempo pequeños entre barrenos adyacentes pueden impedir que la roca disponga de tiempo para esponjarse, dificultando la salida de las siguientes hileras. Existen otros métodos para la fragmentación.

Las consideraciones son: La relación entre piedras y espaciamiento, desde su valor normal $E/V = 1.25$, a valores mayores aumentaría la fragmentación. Si mantenemos perforación y carga específica constante y hacemos que $E/V = 8$, la fragmentación aumenta. Fig. 1-16.1

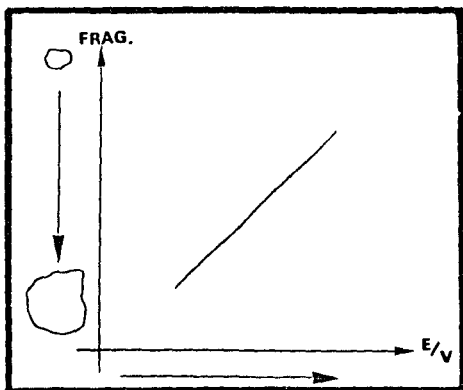


Fig. 1-16.1 gráfica de fragmentación en función de E/V

01.02.05 EL ESPONJAMIENTO.

En el esponjamiento existe la necesidad de poner una carga extra, ya que cuando la roca ha sido volada, necesita un espacio mayor que en su estado natural, ya sea hacia adelante o hacia atrás, cuando ya hay roca de voladuras anteriores. Cuando los tiempos de retardo son muy pequeños no se deja espacio para la roca posterior y de lo contrario cuando los tiempos son muy largos entre un barreno y otro de la misma hilera, estos no colaboran a la rotura y el lanzamiento.

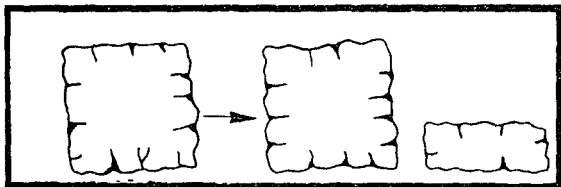


Fig. 1 7 Comparación antes de la explosión y después por esponjamiento

La inclinación del taladro tiene gran importancia en el esponjamiento, ya que proporciona más empuje al lanzamiento.

La fuerza del lanzamiento está asociada con la inclinación.

La fórmula empírica, nos indica la carga específica que se necesita en una voladura en banco cuando no se realiza el escombro.

$$q_{\text{esponj.}} = q_{\text{normal}} + 0.03 (K-Z \times V_{\text{max.}}) + \frac{0.40}{B}$$

En el caso de que el frente sea muy estrecho.

$$q_{\text{esp.}} = q_{\text{normal}} + 0.03 (K-Z \times V_{\text{max.}}) + \frac{0.40}{\text{No. de taladros/fila 1}}$$

Ejemplo:

Se necesita realizar una excavación trinchera mediante voladuras sucesivas, sin efectuar desescombro entre ellas.

Datos:

$$K=12 \text{ m}$$

$$d=64 \text{ mm}$$

$$V_{\text{max.}} = 45 \times 64 = 2880 \text{ mm} \\ = 2.88 \text{ mts.}$$

$$q=0.35 \text{ Kg/m}^3$$

Taladro

$$q=0.39 \text{ Kg/m}^3$$

Normal

$$B=27$$

Tenemos:

$$q_{\text{esponj.}} = q_{\text{normal}} + 0.03 (K-2 V_{\text{max.}}) + \frac{0.4}{B}$$

$$= 0.39 + 0.03 (12-2 \times 2.88) + \frac{0.4}{27}$$

$$= 0.59 \text{ Kg/m}^3$$

En la siguiente tabla se presenta en inclinaciones de taladros 3:1

Tabla 1.9 Carga necesaria por esponjamiento

Altura de Diámetro de taladro en mm

Banco mts.	Serie 11	Serie 12	Serie 45	Serie 48	Serie 51	Serie 64	Serie 75	Serie 100
4	0.45	0.41						
5	0.46	0.45	0.41					
8		0.55	0.53	0.52	0.51	0.48	0.47	
10				0.60	0.59	0.54	0.54	
12					0.64	0.62	0.58	
15						0.72	0.68	0.55
18							0.79	0.65
20							0.86	0.71
25								0.87
30								1.04

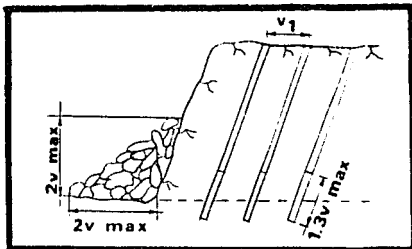


Fig 1-17 que muestra la extracción de faja de material granular
p. 27/10/1971

01.02.06 EL TAQUEO

El taqueo o voladura secundaria está destinado a romper-

rocas demasiado grandes para ser transportados a machacados.

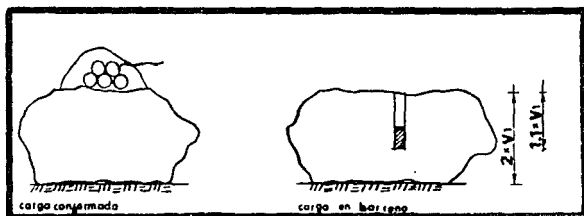
Tamaño del Bloque m^3	Espesor m	Profundidad de Perforación	Núm. Taladro	Carga Kg/taladro
0.5	0.8	0.44	1	0.030
1.0	1.0	0.55	1	0.060
2.0	1.0	0.55	2	0.060
3.0	1.5	0.83	2	0.090

Esta tabla se calculó de la forma siguiente:

Carga específica $0.060 \text{ Kg}/m^3$

Profundidad del taladro = $1.1 \times \text{mitad espesor} = 1.1 \times V_1$ y es para cargas en el barreno.

Fig. 1 19 Procedimientos de taqueo



La carga confinada es de gran riesgo en zonas urbanas por las proyecciones, por lo que se usa más la carga en el barreno.

01.03 DIAMETRO DE PERFORACION,

Determina el resultado de la voladura del banco. En el-

caso de grandes proyectos, el diámetro es de gran importancia, pues si este es grande con relación a la altura, resulta anti económico. Aquí se mencionan los siguientes valores:
 Tabla 1.11 Relación entre diámetros de perforación y alturas de banco
 Diámetro Perf. Altura Mínima Altura Aconsejable

mm	mts.	mts.
Barrenos serie serie 11, 34-26	0-3.0	0-4.0
35	3.2	3.2-5.0
Barrenos serie serie 12, 40-28	3.5	3.5-5.0
38	3.5	3.5-5.0
41	3.7	3.7-8.0
45	4.0	4.0-8.0
51	4.6	4.6-1.0
64	5.8	5.8-12.0
75	6.7	6.7-15.0
100	9.0	9.0-20.0

Se debe considerar que la fragmentación disminuye cuando aumenta el diámetro y el riesgo de proyección aumenta con el diámetro de perforación.

01.04 ESTUDIO DEL COSTO DE LA EXTRACCION DE ROCA.

En este estudio se da un enfoque general, ya que los costos (en cifras) dependen de las condiciones que prevalecen en el lugar donde están siendo calculados. Se estudian los factores que influyen en el aspecto financiero de la voladura de -

la roca, ya que es muy importante tomar en cuenta todos los factores y no solamente la rotura de la roca.

01.04.01 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS COSTOS.

Para el cálculo de los costos se consideran los factores siguientes:

1.- Costo de perforación: Varía con las características de las rocas (fallas, figuras, contaminación, etc.) En la figura 1.20.1a, se muestra el costo de perforación por dm^3 de taladro para diferentes diámetros.

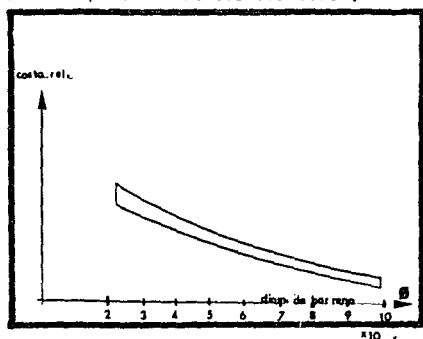


Fig. 1.20 Relación entre costo de perforación y diámetro de barrenado.

2.- Costo de explosivos: El costo de los explosivos varía con el diámetro del barrenado. Un cálculo comparativo a incluir su potencia por unidad de peso (pot/peso).

En la figura 1.21 se muestra el costo relativo de dife

rentes explosivos bajo las mismas condiciones. En la figura no se presenta el costo de la voladura.

En la práctica se pretende obtener una elevada carga específica llenando el barreno con una carga de 1.5 kg/dm^3

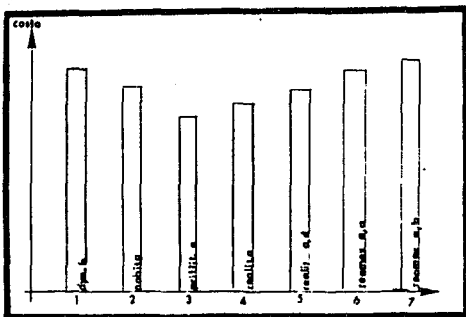


Fig. 1,21 Costo de diferentes explosivos.

3.- Los costos de carga de los barrenos y de la voladura. Los costos de carga de barrenos de gran diámetro por unidad de volumen son inferiores que en el caso de diámetros de barrenos pequeños.

En la figura 1,22 se muestra la diferencia entre los costos de operación (carga) de los diferentes barrenos. En el caso de barrenos de 250 mm el costo de carga y voladura es muy pequeño ya que cada barreno desprendería de 1500 a 1000m^3 y la carga se tardaría aproximadamente 10 min.

En la siguiente figura se muestra el costo relativo de la voladura con diferentes diámetros. Fig. 1.22

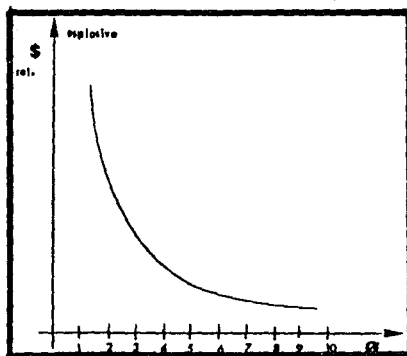


Fig. 1.22 Relación entre el costo de la carga de barreno (explosivo) contra diferentes diámetros

4.- Tratamiento de los bloques: El costo del taqueo depende de las máquinas de descombro, volumen de pala cargadora así como de las dimensiones de la boca de la máquina de machaqueo (trituradora).

La frecuencia con que aparecen estas grandes rocas dependen del grado de fragmentación, ya que mientras más disminuye menos bloques aparecen.

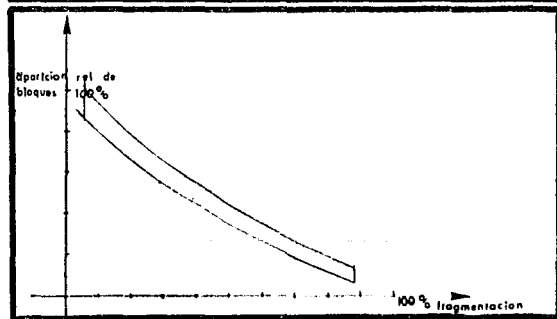
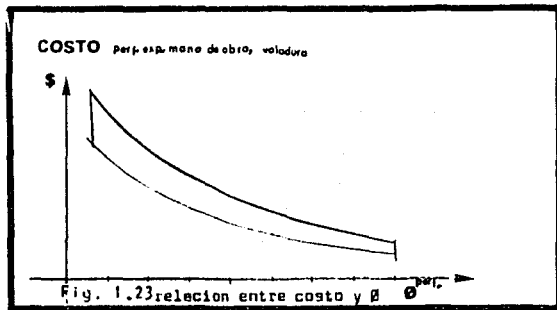
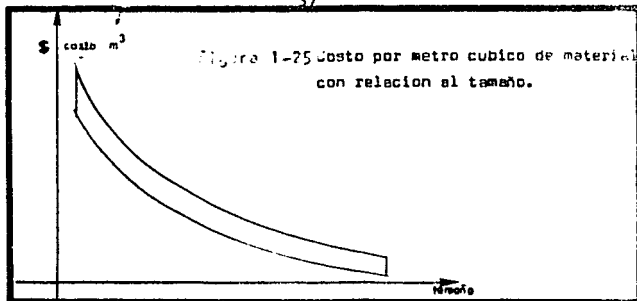


Fig. 1.24 Relacion entre la aparición relativa de bloques y la fragmentación.



5.- El costo de descombro: Depende del volumen de la cuchara de la máquina empleada (pala mecánica) ya que el costo disminuye con el aumento del volumen de la pala. Otro factor es el grado de fragmentación. Una fragmentación deficiente ocasiona un desastre excesivo de las máquinas.

En la gráfica Fig. 1-26 se muestra la capacidad de descombro de una cargadora de ruedas contra la fragmentación.

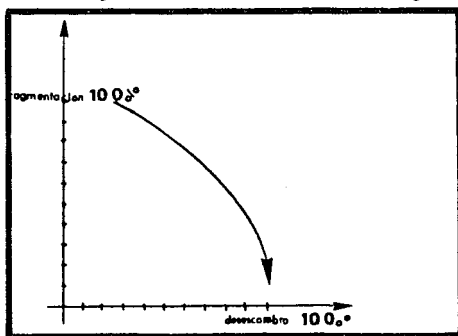


Fig. 1-26 Relación entre la fragmentación % y el descombro %

6.- Costo por machaqueo (trituración). La trituración de roca, es el aspecto económico que más influye en el aprovechamiento de un banco de material. La planta trituradora es en general un cuello de botella en el ciclo de producción de material pues la capacidad de penetración de la planta es menor que el que sale de los bancos, por lo que la planta tiene gran importancia económica (otro aspecto importante en el ciclo es la fragmentación).

El ahorro que se consigue en los metros perforados y explotado si no se considera una buena fragmentación puede traer resultados erróneos desde el punto de vista económico total.

En la gráfica siguiente se pretende dar un enfoque de los factores que influyen en el resultado global del banco.

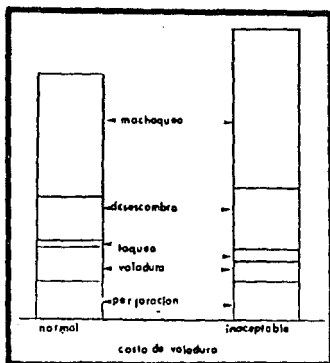


Fig. 1-27 Comparación entre 2 voladuras aceptable e inaceptable

Si K es la línea de costo y para cada caso el costo total es la suma de K= costo total, en cada caso se introducen las líneas de costo y la fragmentación correcta. En la figura se pretende visualizar que el costo de una voladura está influenciada por muchos factores.

A continuación se ve un ejemplo de dos alternativas:

Alternativa 1 $q = 0.30 \text{ kg/m}^3$ $b = 0.35 \text{ m perf./m}^3$ con un diámetro de 45 mm

Alternativa 2 $q = 0.50 \text{ Kg/m}^3$ $b = 0.08 \text{ m perf./m}^3$ con un diámetro de 100mm

Alternativa 1	Concepto	Alternativa 2
Costo aprox=1.15 K	Voladura	Costo aprox=1.75 K
=2.30 K	Perforación	=1.20 K
=1.40 K	Taqueo	=0.40 K
=7.00 K	Desenc. y transp.	=3.95 K
<u>=16.00K</u>	Machaqueo	<u>=6.45 K</u>
27.85K		13.75 K

Se observa que la diferencia entre uno y otro depende principalmente de la fragmentación, ya que son 80 y 35 respectivamente. El ejemplo muestra una fragmentación inaceptable y una buena (35). En este otro diagrama (fig. 1.27) se muestra en costo.

C A P I T U L O II

02 RECOLECCION CARGA Y ACARREO DE ROCA.

Dentro del proceso de explotación de un banco de materiales, tierra y enrocamiento de una presa, se usan los métodos y procedimientos más rápidos, pues los volúmenes requeridos llegan a ser millones de metros cúbicos. En este capítulo se trata la recolección, carga y acarreo de roca hacia la cortina de una presa.

02.01 RECOLECCION Y CARGA DE ROCA.

La recolección y carga de roca, la definimos como: después de la explosión del banco en este caso, de roca, producto de la misma que fue proyectada a corta y mediana distancia. Se recolecta para amontonarla en un solo lugar y que posteriormente sea más fácil cargarla.

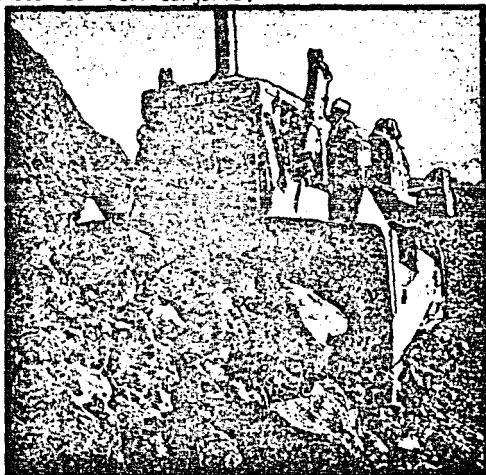


Fig. 2.1 tractor de carga en maniobras de recolección.

02.01.01 RECOLECCION.

La recolección puede hacerse principalmente con Bulldozers en sus dos versiones, montados sobre tractor de o sobre tractor enllantado. Dentro de cada una de las versiones, las hay controlados por cables o hidráulicamente.

Bulldozers	Tractor de Oruga	Controlado Hidráulicamente
		Controlado con Cables
	Tractor Enllantado	Controlado Hidráulicamente
		Controlado con Cables

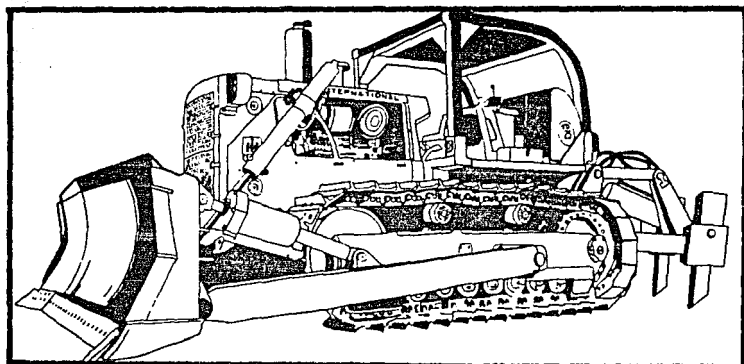
02.01.02 CARACTERÍSTICAS DE LOS BULLDOZERS.

Los Bulldozers, son la máquina más versátil en el movimiento de tierras, en el caso especial de explotación del banco de materiales harfan limpieza del producto de dicha explotación, brechas para acceso al banco y camino del banco a la cortina de la presa (en este caso,) limpieza de todo el escombro, selección del material. Dentro de las ventajas y desventajas de los Bulldozers en cada una de sus versiones.

Ventajas del Bulldozer con control por cables para levantar y bajar la cuchilla.

- 1) Simplicidad de instalación y operación.
- 2) Simplicidad de operación de los controles.
- 3) Reducción del peligro de dañar la máquina, ya que la hoja se mueve hacia arriba cuando pasa por algún obstáculo.

Fig. 2-2 tractor de oruga con control hidráulico para levantar y bajar la cuchilla



Ventajas del Bulldozer con control hidráulico para levantar y bajar la cuchilla.

- 1) Habilidad para producir una presión grande-hacia abajo.
- 2) Facilidad para mantener un ajuste más preciso de la cuchilla.

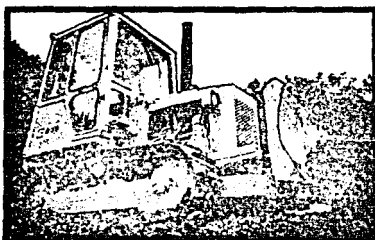


Fig. 2-3 Tractor de oruga con cabina protegida

A) SELECCION DE HOJAS.

La selección de la hoja es de gran importancia tanto para el tipo de trabajo cómo para determinar el rendimiento.

Aquí menciono los dos tipos más importantes:

Tipo "U" Hoja Universal:

El largo bastidor de esta hoja, tiene un peso grande y la protección en los lados del bastidor, hace que no se escurra el material (conveniente en tierra).

Tipo "S" Hoja Recta:

Es la hoja más versátil del Bulldozer, tiene gran capacidad de penetración (conveniente en roca).

Tabla 2 1 Pesos de las diferentes hojas.

Tipo	D10	D9H	D8K	D7Gy	D6Dy
Peso	105	95	85	75	65
Recta	12669	7500	5480	3273	2130
Universal		9U	8U	7U	
		8260	6040	3645	

Tabla 2 2 Dimensiones de las diferentes hojas

Característica:

	Tipos de Hojas							
	10S	9S	9U	8S	8U	7S	7U	6S
Largo	5.48	4.37	4.80	3.93	4.14	3.65	3.82	3.20
Alto	2.20	1.80	1.80	1.52	1.52	1.27	1.27	1.13
Penetración	0.69	0.58	0.58	0.51	0.51	0.45	0.45	0.47

En la siguiente gráfica se ve cómo la distancia de tiro es inversa al rendimiento por hora para cada tipo de hoja, - por cada tipo de tractor.

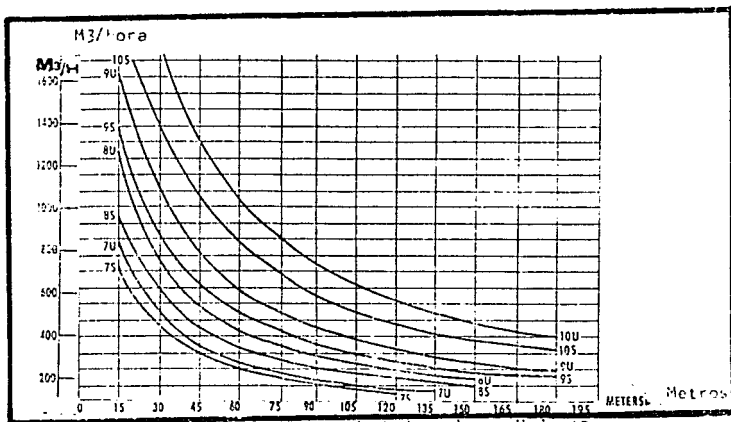


Fig. 2-4 Relación entre el tipo de hoja, el rendimiento y la distancia.

Para darse cuenta del tipo de hoja para los volúmenes y - distancias, se ve en las gráficas anteriores.

02.01.03 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCION Y ATAQUE.

El procedimiento de recolección en este caso con Bulldozer se hace como sigue:

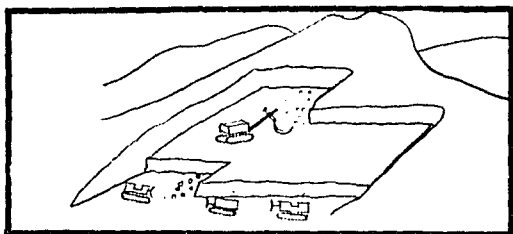


Fig. 2.5. Banca escalonada.

Ya explotado el banco y comprobando que no haya explosiones sorprendidas, los Bulldozer rápidos (enlantados) recolectan el material que esté más alejado y menos pesado, mientras que los Bulldozer de oruga juntan el material pesado y cercano. Tendría que hacerse todo con Bulldozer de oruga si parte de la roca cae en zona pantanosa o lodosa.

En la figura 2.5, muestra una forma de atacar al banco cuando las pendientes son grandes, pues se ataca en forma escalonada, mientras que en escalón se ataca con explosivos, otro es carga o simultáneamente. Otra forma de ataque es el circular, el cual consiste en forma escalonada pero en círculo, éste puede servir en planos y también se puede atacar simultáneamente fig. 2.6 Otra forma de atacar un banco montañoso es en forma de caracol pues se ataca en forma de escalones continuos, hasta que se acaba la montaña 2-7

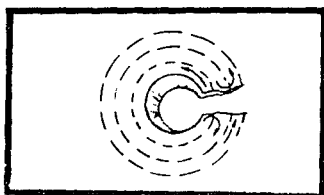


Fig. 2-7 Forma de ataque de caracol

Teniendo seleccionado nuestro tipo de Bulldozer de acuerdo al volumen promedio de cada voladura, se procede a ordenar cómo recolectar el material, tomando en cuenta la forma de nuestro banco. Hay que tomar en cuenta que en la recolección del material solo se trabaja en un sentido y se debe considerar el tiempo del ciclo de trabajo.

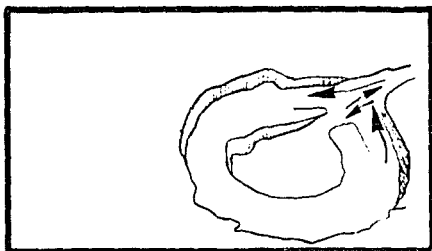


Fig. 2-8 Forma de ataque cíclico

Hacia un lado y con reversa o vuelta (si es mayor de 35 mts. la recolección) en el regreso a recolectar.

Ahora mencionaremos las ventajas y desventajas en los -
Bulldozers con tractor enlantado o de oruga. Las ventajas de tractores de oruga son: Fig. 2-8

- 1) Tener un mayor esfuerzo de tracción en suelos lodosos o sueltos.
- 2) Poder operar sobre roca que dañaría las llantas.
- 3) Mayor flotación por tener más área de contacto.
- 4) Mayor versatilidad de empleo en obras.

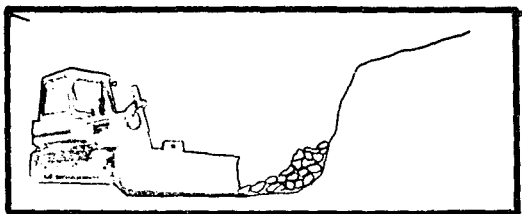


Fig. 2-8 Tractor de oruga con el tipo de recolección de roca.

Entre las ventajas de tractores enllantados son:

- 1) Mayor velocidad de avance entre una obra y otra.
- 2) Eliminación del flote dentro de una obra.
- 3) Mayor rendimiento en distancias considerables.
- 4) No perjudica las carreteras pavimentadas.

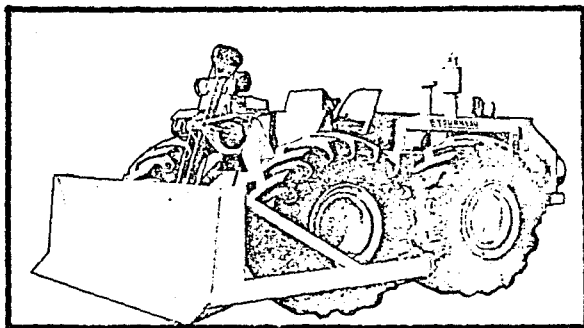


Fig. 2-9 Tractor enllantado con control por cables

02.01.04 RENDIMIENTO DE BULLDOZERS.

También se puede calcular el rendimiento de un Bulldozer por medio de los factores de corrección.

Factores de corrección para Bulldozer tipo: Carril, Llanta

1 -Material tipo

-Suelto, amontonado

1.20 1.20

-Difícil de cortar, congelado

	Carril Llanta	
Con cilindro de inclinación lateral	0.80	0.75
Sin cilindro de inclinación lateral		
-Hoja de control de cable	0.60	
-Difícil de empujar, se apelmasa (seco, material no cohesivo o material pegajoso)	0.80	0.80
-Roca desgarrada o dinamitada.	0.60 0.80	
-Empuje por el método de zanja	1.20	1.20
-Empuje con dos tractores juntos.	1.15 1.25	1.15 1.25
-Visibilidad, polvo, lluvia, nieve u oscuridad.	0.80	0.70
-Eficiencia de trabajo 30 min/hr	0.80	0.70
40 min/hr	0.75	0.75
-Transmisión directa (tiempos fijos 0.1 min.)	0.80	
-Hojas: Angulable (A)	0.5 0.75	
Amortiguada (C)	0.5 0.75	0.5 0.75
Desgarradora(R)	1.0 1.5	
Universal (U)	1.20	1.20
Recta (S)	1.0	1.0
2 -Operadores: Bueno	1.0	1.0
Regular	0.75	0.60
Malo	0.60	0.50
3 -Factores de tracción		

	Carril	Llanta
-Hormigón	0.45	0.90
-Marga, arcilla seca	0.95	0.50
-Marga, arcilla mojada	0.70	0.45
-Marga, arcilla con surcos	0.70	0.40
-Arena seca	0.30	0.20
-Arena mojada	0.50	0.40
-Cantera	0.55	0.65
-Camino de grava suelta	0.50	0.36
-Nieve compacta	0.12	0.20
-Hielo	0.90	0.12
-Tierra firme	0.60	0.55
-Tierra floja	0.60	0.45
-Carbón amontonado	0.60	0.45

4 -Factores de tracción de la máquina.

Este factor está entre 0.4 o más y 0.5 o más (aproximadamente).

Ejemplo:

Supongamos un tractor D8H de carriles con hoja 8S, excava un material arcilloso muy empacado y acarrea una distancia de 90 metros, en una pendiente positiva del 4%, el peso volumétrico suelto del material es de 1650 kg/m^3 , se trabajan horas de 50 min. con un operador regular, calcular la producción horario.

Datos

Tractor D8H

Hoja 8S

Datos	Coefficiente o cantidad
Distancia 90 mts.	240 m ³ /hora suelto
Pendiente + 4%	0.91
Peso volumétrico	1650 kg/m ³
Horas de 50 min.	0.80
Operador regular	0.75
Tipo de material difícil de cortar	0.8
Relación entre pesos volumétricos	1370/1650= 0.83

Por lo tanto, la producción real sería:

$$\begin{aligned}
 P.R. &= 240 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.91 \times 0.80 \times 0.75 \times 0.8 \times 0.83 \\
 &= 87 \text{ m}^3/\text{hora.}
 \end{aligned}$$

02.02 CARGA Y ACARREO DE ROCA.

Vamos a generalizar la carga de roca con un solo tipo de maquinaria que es la pala mecánica, ya que puede cargar camiones de volteo como son; fuera de camino y para carretera como bandas transportadoras.

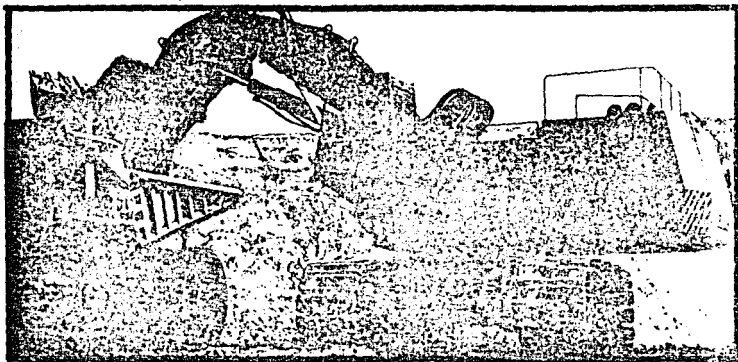
02.02.01 PALA MECANICA. (USD)

La pala mecánica puede cargar desde roca suelta hasta tierra, estas pueden estar montadas sobre orugas las que tienen bajas velocidades, son muy aptas en terrenos suaves, ya que producen presiones pequeñas sobre el suelo o montadas sobre ruedas de hule.

También pueden estar montadas sobre un camión indepen-

diente, las palas montadas en llantas tienen más velocidad y son útiles en obras pequeñas por su tamaño y velocidad, las montadas sobre orugas son más lentas pero soportan más peso propio.

Fig. 2-10 Pala mecánica cargando un camión fuera de camino (yucate)



Es recomendable la pala montada sobre oruga en la explotación de bancos de roca muy grandes, en el caso de grandes volúmenes de carga para la construcción de una cortina de una presa de tierra y enrocamiento.

A) CARACTERÍSTICAS DE LA PALA MECÁNICA

En general hablaremos sobre una pala montada sobre oruga. Las partes principales de la pala mecánica son la montura, la cabina, pluma, agullón, el cucharón y el cable del malacate.



7.11 Palas mecánicas abriendo su cucharón articulado.

El tamaño de la pala mecánica está dada por el tamaño del cucharón, expresado en yardas cúbicas ($1 \text{ yd} = 0.9144 \text{ mts.}$) - ésta medida está enrasada a los bordes del cucharón, el volumen medido en banco será menor que el volumen del material suelto, ésto se puede compensar copeteando el cucharón, sin embargo esta regla no es general, y se deberá considerar un abundamiento desde un 20 a un 50%.

Por lo general las palas mecánicas tienen las siguientes medidas de cucharón $3/2$, $1/2$, $3/4$, 1 , $1 1/4$, $3/2$, 2 , $5/2 \text{ yd}^3$, - que son las más comerciales, pero las hay mandadas a hacer hasta de 115 yd^3 . Para dar una idea del peso, velocidad del cucharón de medida yd^3

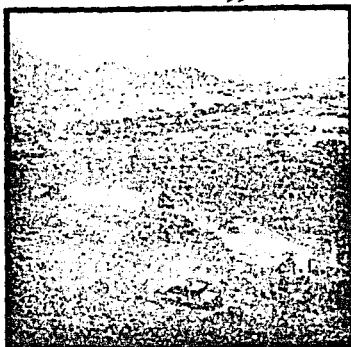


Fig. 2 12 Pala mecánica y cargador trabajando en la recolección y cargas de roca.

Velocidad del cable elevador	70 92 Pies/min
Tensión del cable elevador	15900 17040 lb
Velocidad de ataque	100 975 Pies/min.
Velocidad de retroceso	159 155 Pies/min.
Rotación	4 51/2 R.P.M.

B) SELECCION DE PALA Y RENDIMIENTO

Para seleccionar la pala mecánica en un banco de material de roca se tomará en cuenta el volumen de banco (por obra) y la distancia que hay entre cada uno para elegir, si es de neumáticos o de oruga. Como es de considerarse los volúmenes de cada banco, para en este caso de la construcción de una cortina de una presa son muy grandes, por lo que es más costeable una de oruga.

lúmenes de cada banco, para en este caso de la construcción de una cortina de una pieza son muy grandes, por lo que es más costeable una de oruga.

Para seleccionar el tamaño de la pala se considera el costo por yarda cúbica de material. Al estimar el costo por yd^3 el gran volumen que se desarrolla la construcción de una cortina de una p_{ve}sa de tierra y enrocamiento se toman los siguientes factores:

- 1) Como el tamaño de la obra es de gran magnitud se procurará tener una pala de gran tamaño.
- 2) Se tomarán en cuenta los costos indirectos de la pala de gran tamaño. (reparaciones, transporte, depreciación, etc.)
- 3) El costo combinado de perforación, dinamita, carga y recolección es menor en una pala de gran tamaño.
- 4) El costo de mano de obra por yarda cúbica es menor en una pala grande.
- 5) El cucharón de gran tamaño podrá excavar y cargar rocas grandes como ejercer más presiones.
- 6) La producción horaria es mayor en palas grandes.
- 7) La pala de gran tamaño requiere unidades de acarreo de gran tamaño y suficientes.

- 8) Se tomará en cuenta la limitación de transporte sobre carreteras por el peso y dimensiones para puentes.

El rendimiento de la pala en la excavación y carga de roca explotada, es afectada por los factores siguientes:

- 1) Característica de la roca.
- 2) Profundidad de corte.
- 3) Angulos de oscilación.
- 4) Condiciones de la obra.
- 5) Condiciones administrativas.
- 6) Tamaño de las unidades de acarreo
- 7) Habilidad del operador.
- 8) Condiciones físicas de la pala.

El rendimiento de una pala deberá expresarse en yd^3/hora , basándose en un volumen medido en banco, tomando el cucharón copeteado al ras, por ejemplo un cucharón de 2 yd^3 . Excavando un material con el 30% de abundamiento manejará un volumen suelto de 2.0 yd^3 .

El volumen medido en el banco será de $2.0 \cdot 0.6 = 1.4 \text{ yd}^3$ y si esta pala efectúa 2 ciclos/min., tomando en cuenta los tiempos perdidos, el rendimiento será $1.40 \times 2 = 2.80 \text{ yd}^3/\text{min}$. $\times 60 \text{ min/hora} = 168 \text{ yd}^3/\text{hora}$ medido en banco.

En la tabla 2.2.1 se observan los rendimientos ideales para las palas mecánicas más comerciales.

Rendimientos ideales de palas mecánicas en Yd^3/hr ; medida en banco. Con un ángulo de oscilación de $45^\circ, 90^\circ$ y 180° .

Tabla 2-3 Rendimientos ideales de palas mecánicas

Tamaño de la Pala Yd ³	Clase de Material	RENDIMIENTO POR HORA		
		Angulo de Oscilación 45°	90°	180°
1/2	Tierra dura	77	61	44
	Roca dinamitada	61	48	35
3/4	Tierra dura	97	76	64
	Roca dinamitada	77	60	51
1	Tierra dura	147	117	83
	Roca dinamitada	127	101	72
2	Tierra dura	270	215	152
	Roca dinamitada	235	186	133

En esta tabla se considera que el cucharón se llena en una sola dejada.

Se deben tomar en cuenta también las características del operador.

Excelente =1.0

Regular =0.75

Malo =0.60

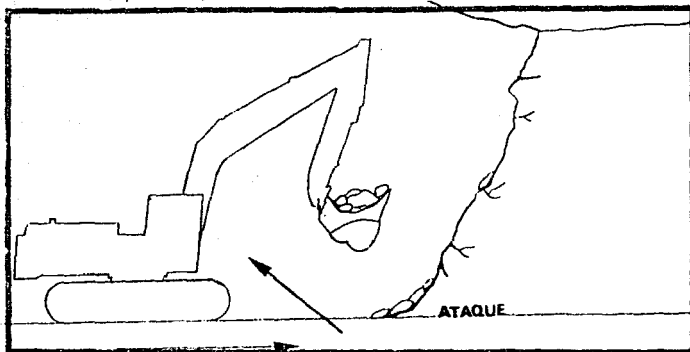
Las condiciones de obra y administración, como mantenimiento, revisión, suministro de refacciones, proporcionar suficientes camiones, bonificaciones al operador, se ven en la tabla

Condiciones de la Obra	Condiciones de la Administración			
	Excelente	Buena	Mediana	Mala
Excelente	.94	.81	.76	.70
Buena	.78	.75	.71	.65

Mediana	.72	.69	.65	.60
Mala	.63	.61	.57	.52

02.02.01 C) FORMA DE EXCAVAR

Se coloca la pala de frente a la sección que va a excavar en este tipo de ataque, el volumen a excavar es hacia enfrente, pero se puede atacar hacia los lados o combinado.



2-13 Forma de excavar. (Ataque).

Es recomendable evitar el giro al máximo, pues se puede aumentar el volumen de carga hasta en un 50%. La forma de atacar depende de las condiciones del lugar. En el ataque de frente es recomendable en lugares estrechos y el ataque de lado es recomendable en lugares amplios, el control de los vehículos de carga para cada pala en el caso de que sean varias, es por medio de una persona observando y mandando los vehículos al lugar donde esté desocupada la pala para no hacer filas de espera.

Tabla 2.4 Producción de la pala m³/hora, en función de la duración del ciclo.



Excavadoras hidráulicas de hasta 300 t de peso en servicio, capacidades de cuchara de hasta 21 m³

tiempo/cic		Producción de la pala en M ³ /hora									cant. cic.	
seg.	m.in.	2	2.25	2.5	2.75	3.0	3.25	3.5	3.75	4.0	min	hora
15	.25	450	500	500	463	720	750	840	500	960	4.3	243
18	.30	400	450	500	525	600	650	700	750	800	3.0	200
21	.35	342	385	428	470	513	550	599	641	683	2.9	174
24	.40	270	330	375	411	450	483	525	563	600	2.5	150
27	.45	255	299	333	361	393	422	466	499	533	2.2	131
30	.50	240	270	290	315	350	377	420	450	450	2.0	119
33	.55	215	245	273	291	327	354	397	419	435	1.8	108
36	.60	200	225	250	270	300	315	350	375	400	1.7	102

02.03 ACARREO DE ROCA.

En este tema mencionaremos los más importantes métodos - de acarreo como serían los transportadores y los camiones, ya que en roca son los más óptimos.

02.03.01 ACARREO CON TRANSPORTADORES.

A los transportadores los dividimos en: Transportadores - de Cable y de Banda. En este sub-capítulo se habla de los procedimientos más comunes para acarrear roca por medio de transportadores. Este tipo de transportador para roca, necesitaría un medio externo de cargado o funcionar como cargador para roca demasiado triturada;

02.03.01 A) TRANSPORTADORES DE BANDA.

Los transportadores de banda se emplean en el transporte

de todo tipo de material, pues es el método más económico a grandes distancias y con relativamente grandes velocidades y bajos costos.

La banda transportadora tendrá que dividirse en una serie de escalones ya que existe un límite de longitud máxima de cada banda, pero uniendo estos tramos se puede llegar del banco hasta la cortina de la presa.

Las características de la banda son:

- a) El número de capas que se expresa en 4-6-7-8, etc.
- b) El peso de cada capa de lona se expresa en 28-32-36-42, etc., onzas por pedazo de zona de 42" de ancho x 36" de largo.

De tal forma que una banda puede especificarse como 36"-ancho de 6 capas de 42 onzas.

Es necesario seleccionar la banda para que tenga la superficie necesaria para poder depositar el material que va a ser acarreado el número de toneladas que se transportan en una hora, será igual el producto del área de la sección transversal (ft^2) por velocidad de la banda en (ft/hora) por peso del material (lb/pie^3).

La banda se coloca con un ángulo de 20° con respecto a la horizontal para eliminar el derramamiento por los lados se supone una superficie libre de $0.05W + 1$ pulgada, donde W = Ancho de banda en pulgadas, en la tabla siguiente se muestran las áreas para diferentes anchos de banda con diferentes grados de reposo del material.

Tabla 2-5 Areas de la sección para diferentes ángulos de reposo del material.

Areas para la sección transversal ft².

Ancho de la banda en pulgadas	0.05w - 1" (superficie libre en los lados)	Area total en ft ² para el ángulo de reposo en grados.		
		10°	20°	30°
16	1.3	.101	.131	.162
18	1.9	.134	.174	.214
20	2.0	.17	.22	.272
24	2.2	.257	.331	.41
30	2.5	.421	.541	.668
36	2.8	.624	.801	.99
42	3.1	.868	1.115	1.376
48	3.4	1.154	1.482	1.825
54	3.7	1.476	1.894	2.332
60	4.0	1.843	2.36	2.908

Suponiendo una banda de 60 pulg. cargada con roca triturada por la explosión en un banco moviéndose a razón de 100fc/min. y con un ángulo de reposo de 30°. ¿ En cuántas horas desalojará 10 000 ft³ de un banco hacia la cortina de una presa, si la distancia es de 3000 ft. ?

deposita →

banda transporta →

deposita →

Datos:

Ancho de la banda = 60 pulg.

Velocidad de banda = ft/min = 100 = V

Angulo de reposo = 30°

Distancia de banda = 3000 ft.

¿ En cuanto tiempo desalojará 10,000 ft³ del banco hacia la presa ?

De la tabla se ve que para una banda de 60" y un ángulo de 30°, el área es igual a A= 2,908 ft².

El peso del material = 111 lb/ft³ = P

Peso/hora = $\frac{VPA \times 60 \text{ min.}}{2000 \text{ lb/ton/hr}}$ = Ton/hr.

$$= 100 \frac{\text{ft}}{\text{min}} \times 111 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3} \times 2,908 \text{ft}^2 \times \frac{60 \text{ min.}}{2000 \text{ lb/ton/hr.}}$$

$$= 968 \text{ ton/hr.}$$

1 pie	0.3048	m	
1 pie ³	0.02831	m ³	
10,000 pie ³	283.1	m ³	
1 ton	0.7	m ³	
x	283.1	m ³	x = 404.4 Ton.

$$\text{Tiempo} = \frac{404.4 \text{ Ton.}}{968 \text{ Ton/hr.}} = 0.41 \text{ horas}$$

Estos son los principales datos requeridos para el cálculo de una banda que transportará el material del banco a la cortina.

En la siguiente tabla se proporcionan las cantidades de carga que se utilizan en la banda transportadora; en este caso del banco a la cortina de la presa. También se observan los tamaños máximos de agregados que soporta la misma. Tabla

Tabla 2-6 de las capacidades de carga de los transportadores de banda en ton/hr. para una velocidad de 100 pies/min.

Ancho de la banda	Tamaño máx. pulg.	Peso del material lb/ft ³									
		30	50	90	100	125	150	160	180	200	
14	2	9	15	28	31	39	46	49	56	62	
16	2 1/2	13	21	38	42	52	63	67	75	83	
18	3	16	27	48	54	67	81	86	97	107	
20	3 1/2	20	33	60	62	83	100	107	120	133	
24	4 1/2	30	50	90	100	125	150	160	180	200	
30	7	47	79	142	158	147	236	252	284	315	
36	9	70	117	210	234	242	351	374	421	467	
42	11	100	167	300	333	417	500	534	600	667	
48	14	138	230	414	460	575	690	736	828	920	
54	15	178	297	534	593	741	890	948	1070	1190	
60	16	222	369	664	738	922	1110	1180	1130	1480	

Se observa que la restricción en la banda es principalmente el peso y el tamaño del material transportado, pues sería muy costoso construir una banda especial en la que esto no fuera un inconveniente.

02.03.02 TRANSPORTE DE ROCA POR MEDIO DE CAMIONES DE VOLTEO.

El transporte de roca se debe hacer en unidades que estén diseñadas para trabajar sobre caminos de acarreo del banco hacia la cortina.

Por lo regular se utilizan estos camiones por su gran peso y capacidad no se usan en calles ni carreteras, se les llama a estos camiones; camión de volteo para transporte fuera de camino.

Estos camiones se llenan normalmente con pala mecánica - en el caso de explotación de bancos con roca, hay camiones de volteo para transporte largo y corto (sólo se estudian los de camino largo). Los camiones fuera de carretera son de grandes dimensiones y costo elevado.

02.03.02 A) CARACTERISTICAS DE LOS CAMIONES.(VOLTEO)

Las características principales de los camiones de volteo para transporte fuera de camino son: (tomadas de caterpillar) tabla

Modelo	Potencia H.P.	Capacidad Ton.	Velocidad Km/n	Peso Ton.	Tanque Comb.L	Capac. m3
769c	450	35	70.2	62.2	530	29.4
773	600	50	67.2	83.2	680	38.8
777	870	85	58.3	133.5	947	65.4

02.03.02 B) RENDIMIENTO DE LOS CAMIONES.

En la siguiente gráfica para el modelo 777 se compara la

distancia de un lugar a otro con una cierta pendiente y el tiempo que tarda en ir o regresar (cargado o descargado respectivamente) Ver fig. 2 14 y 2 15.

Fig. 2 14 Tiempo contra distancia cargado modelo 777

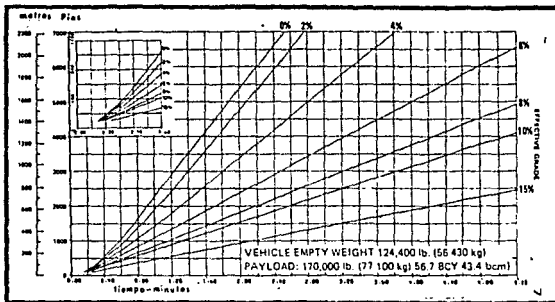
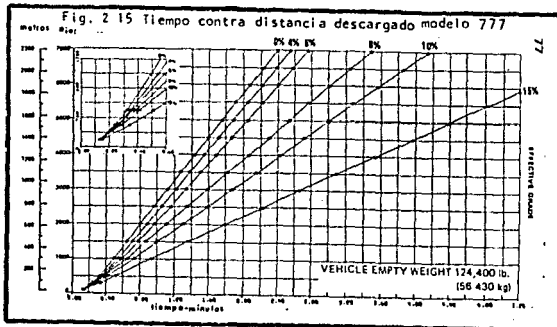
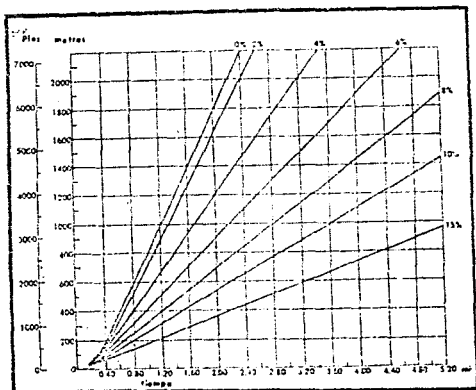


Fig. 2 15 Tiempo contra distancia descargado modelo 777



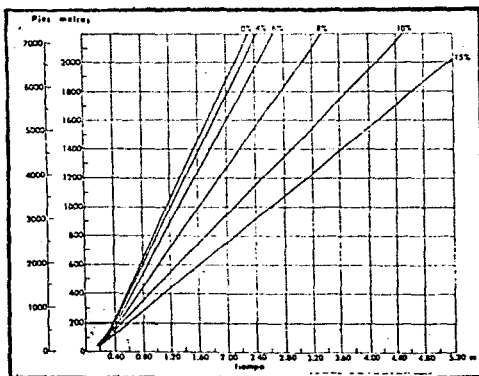
Para el modelo 773 se compara también la pendiente contra el tiempo y la distancia cargado y sin cargar. ver. fig. 2-16

Fig. 2-16 Tiempo del modelo 773 cargado



Tiempo contra distancia del 773 B descargado

Fig. 2-17



Tiempo contra distancia del 769 descargado

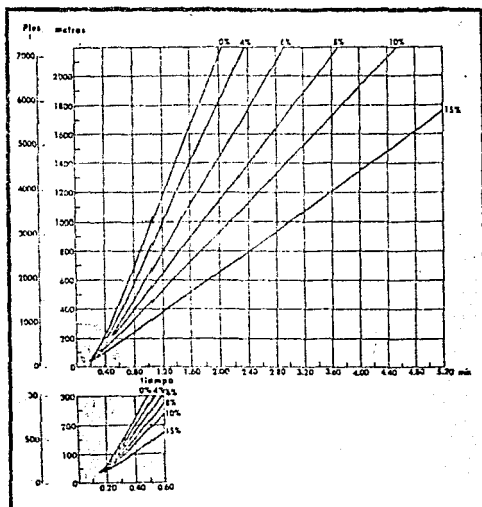


Fig. 2.18

En las gráficas anteriores se considera que hay un camino de tierra abierto con maquinaria y en buenas condiciones, dada la potencia de estos camiones pueden subir en pendientes hasta del 15%.

Dicho lo anterior de la pendiente, es necesario dichos caminos de acceso del banco hasta la - - cortina de la presa.

Para un estudio más detallado se tiene que ver el tiempo del ciclo que tarda la máquina de - - acuerdo al peso.

C A P I T U L O III

03 EXPLOTACION DE BANCOS LIGEROS NO COMPACTADOS.

En este capítulo se estudiará la forma de aflojar material en un banco, del cual se va a extraer un material, el que puede ser explotado con un Bulldozer (tractor y hoja topadora) y no es necesario usar explosivo debido a la dureza que presenta. La maquinaria más utilizada en este tipo de explotación de banco será principalmente Bulldozer, cargadores, motoescrepa y camiones.

En este capítulo no se mencionarán otros métodos que se vieron en el Capítulo II, como son el acarreo por medio de transportadores y la carga por medio de pala; ni mencionaremos el acarreo hacia la cortina de la presa (Ver Capítulo IV) Sólo la forma, procedimiento y maquinaria de afloje.

03.01 MAQUINARIA, AFLOJE Y AMONTONAMIENTO DEL MATERIAL.

El afloje del material en este Capítulo, se tratará con Bulldozer y con su aditamento que es el desgarrador, como el amontonamiento para ser cargador con cargador (Capítulo IV).

03.01.01 EL DESGARRADOR.

Es el aditamento del tractor y Bulldozer que se acopia en la parte posterior (los hay también en la parte delantera) el cual tiene un vástago que termina en la punta llamada casquillo. El desgarrador penetra en el suelo rompiéndolo por medio de la fuerza tractiva del tractor. Esta ruptura sirve para que pueda ser cargado el material con motoescrepas cargadores y ser transportado

El arado penetra en el suelo por medio del sistema hidráulico, ver fig. 3 1



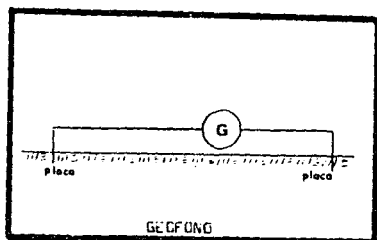
Fig. 3 1 los desgarradores o arado de dientes múltiples o con un solo diente.

Los desgarradores se fabrican en dos tipos; de bisagra y paralelogramos (visagra, Fig. 3.1). Siendo el de paralelogramo el más útil; el número de dientes depende de la dureza y penetración requerida. El de bisagra modifica el ángulo - (12°), por eso no es el más conveniente.

El desgarrador de palalelogramo penetra más en el suelo, la penetración es directa al peso y la potencia. El trabajo del desgarrador es práctico cuando las características del suelo lo permiten hay que tomar en cuenta que el desgarrador no puede penetrar en roca maciza, sólo en roca con fracturas, fallas, poca dureza, etc.

Para ver en el banco si puede y el rendimiento del desgarrador se utiliza un aparato llamado Geofono, el cual por medio de placas determina el tiempo que tarda la onda.

Fig. 3-2 Figura donde se muestra el geofono y las 2 placas que se colocan para obtener la velocidad sismica.



Y de acuerdo al tiempo se determina el grado de consolidación de suelo. (Fig. 3-2)

En las gráficas F-3.3.1 se ve que tipo de material es desgarrable y la velocidad de la onda sismica, para diferentes tipos de tractores, o si se puede usar desgarrador o explosivos.

PRODUCCION ESTIMADA

La producción estimada se considera en base a la fórmula si se realiza con desgarrador (P). o por gráficas del fabricante, donde interviene el tipo de material donde penetra el vastago y otras variables según la fórmula. Ahora si el material no requiere del desgarrador, o sea es muy suelto se utilizara solamente la hoja universal del mismo tractor.



Fig. 3.3 La hoja universal (D7G) esta diseñada para mover material en gran volumen sobre largas distancias, como en trabajos de habilitación de tierras, desmonte, apilamiento, alimentación de tolvas y amontamiento de material para los cargadores. Las amplias alas y la vertedera curvada se combinan para dirigir el material hacia el centro, con excelente retención de la carga.

03.02 PROCEDIMIENTO GENERAL.

El proceso de afloje del material es con el Bulldozer. Aflojar el material introduciendo el desgarrador en nuestro material y rompiéndolo, hay que considerar que el desgarrador se introducirá aproximadamente el 75% del total de la altura. Ahora, para ahorrar tiempo en el ciclo hay que aprovechar el desgarrador en la ida y en el regreso.

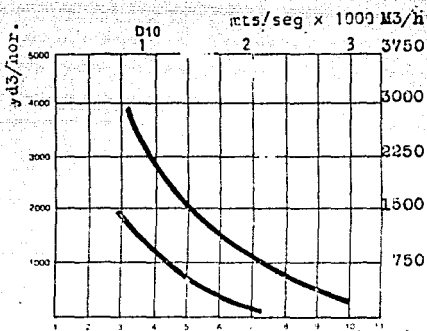


Fig.3.4 rendimiento de el desgarrador de el D10 de acuerdo a la velocidad sísmica mts/seg.

Para el rendimiento del desgarrador se utiliza el Geófono y gráficas del fabricante (En este caso Caterpillar).

03.03 RENDIMIENTO.

Rendimiento del desgarrador No. 9, serie D, de uno y de varios vástagos, en tractor D9G (385 hp) en relación con las velocidades de las ondas sísmicas.

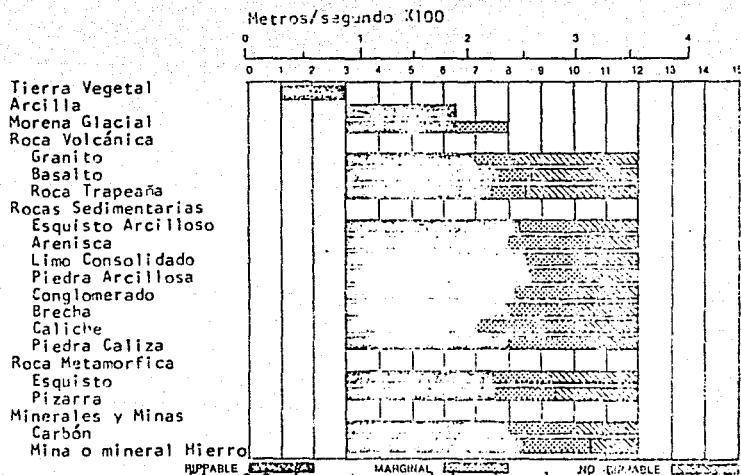


Fig. 3.5 tipos de material y la velocidad de la onda sísmica

Se toma en cuenta al aflojar el material del banco que el desgarrador puede penetrar hasta 2.10 mts., siendo recomendable de 0.7 a 1.00 mts. En la figura 3.10 se ven dos tipos de desgarradores de paralelogramo, uno de dientes múltiples y uno con un sólo diente.

El rendimiento del arado aflojando material dependerá de la separación entre vástagos (Ver fig. 3-1), la profundidad y la potencia de la máquina.

Para determinar la producción del desgarrador se puede aplicar la fórmula o directamente en las gráficas del fabricante (Ver fig.peg.75) donde compara la velocidad sísmica con la producción recomendándose usar el rango intermedio o inferior para casos dudosos.

Debe tomarse en cuenta que no necesariamente debe desgarrarse el material del banco cuando es blando o muy blando - pues con la hoja topadora se puede aflojar en algunos casos y amontonar para posteriormente entre el cargador.

La fórmula de rendimiento del desgarrador es:

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

Donde:

P= La producción en m³/hora.

a= La separación entre pasos en mts.

h= La penetración del vástago en mts.

v= La velocidad en mts. por hora.

n= El número de pasos requeridos para aflojar el material

f= Factor de corrección que se determina por observación directa (0.5 a 0.7).

La separación entre pasos se ve en las figuras

la velocidad promedio es de 1500 mts/hora, el número de pasos depende del grado de afloje requerido y el factor de -- corrección f, dependerá de la penetración, tipo de suelo y velocidad de la onda

Valor "f"	Penetración Vástago	Característica y tipo de suelo	Velocidad Sísmica m/seg.
0.5	30" - 40"	Sin Resistencia "A"	0 - 1000
0.6	20" - 30"	Algo de Resistencia "B"	1000 - 4000
0.7	10" - 20"	Muy resistente "C"	4000 o más

Para considerar "f" hay que poner el criterio del ingeniero.

Es de considerarse que si no se mete el desgarrador en un suelo sin resistencia se hará menos movimiento al aflojar y empujar, amontonando con la hoja topadora.



Fig. 3.6 donde se ve que el material es suelto y no es necesario el desgarrador.

C A P I T U L O I V

04 RECOLECCION, CARGA Y ACARREO DE BANCOS LIGEROS NO COMPACTADOS.

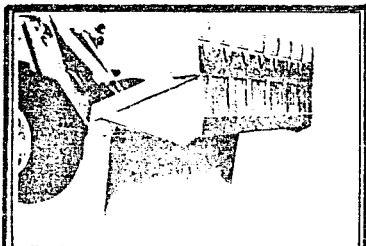
En el presente capítulo se trata la recolección de un material ya aflojado, la carga de dicho material con "cargador frontal" y el acarreo con camiones a una cortina de una presa de tierra y enrocamiento.

Se supone la carga con cargador frontal principalmente y el acarreo con camiones para carretera por ser el material ligero y con moto escrepa y sistema transportador (Ver. cap. 11)

04.01 RECOLECCION.

La recolección se hace dependiendo de las necesidades y estado físico de la obra, pues puede darse el caso en que el cargador o la motoescrepa entren directamente, en volúmenes muy grandes es conveniente que el material se apile en un solo lugar para tener un sitio, y el volumen necesario para llegar bien el cucharón del cargador.

Se amontona el material con un Bulldozer, aunque también se puede hacer con el cargador, cuando el material es de baja resistencia o el mismo cargador puede empujar con un cucharón de almeja (o 4 en 1) fig. 4-1 en el caso de que no haya Bulldozer.



Bulldozer—La vertedera es alta y su forma curva mantiene a la carga rotando. Excelente para conformación y relleno. El control hidráulico de 2 palancas incluye una posición de flotación. Puede ser ajustado con precisión tanto para inclinación como para profundidad de corte. La vertedera está equipada con borde cortante de longitud total.

Fig. 4-1

En el caso que el movimiento se haga con motoescrepa, el trabajo se facilita ya que hace las veces de tractor, desgarrador y camión, ya que la motoescrepa, corta el suelo, carga y acarrea por lo que no se necesita amontonar. Es recomendable que el material se amontone con Bulldozer, Aunque haya cargador pues el Bulldozer es más eficiente.

Si el material es duro se recomienda apilarlo con un Bulldozer de oruga y cuando el material es blando con Bulldozer de llanta.

04.02 CARGA.

Se mencionarán dos procedimientos de carga con distinta maquinaria como es la carga con cargador al camión y la carga de motoescrepa viéndose en el ejemplo del Capítulo, la conveniencia de acuerdo a la distancia de uno y otro.

04.02.01 CARGA CON CARGADOR.

Hablando de cargadores los dividimos en dos grupos, los de oruga y los de llanta. Las ventajas y desventajas de uno

con respecto al otro son parecidas a las de los Bulldozer (capítulo I)

El costo del cargador de oruga (fig. 4-2) Los cargadores de llanta los hay de 2 y 4 ruedas motrices.

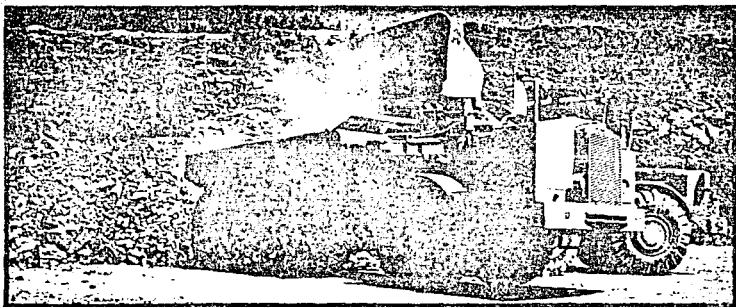


Fig. 4-2 Carga de canchón fuera de camino con cargador de llantas.

Con respecto a la forma de efectuar la carga se clasifican en descarga frontal, lateral y trasera; el de descarga frontal es el más común, pues éste voltea el bote hacia la parte delantera (fig. 4-2.) también hay una derivación que es el cucarón de almeja (fig. 4-4)

El de descarga lateral tiene un gato adicional que voltea el bote hacia un lado. Este aditamento hace más caro el cargador pero lo hace rendir más (fig. 4,3 ; y se usa donde el espacio es un factor importante.

Aquí se menciona el cargador Caterpillar, donde el aditamento se puede hacer en tractores 955L y 977L.

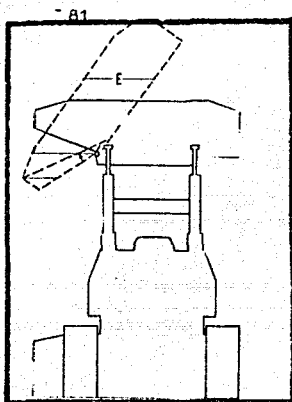


Fig. 4-3 Cargador con descarga lateral

Los cargadores de descarga trasera (resagadores) no son muy frecuentes, salvo en donde el material, producto de la excavación está en lugares muy reducidos, también porque el cucharón pasa encima del operador y a veces causa accidentes.

No hay de mucha potencia y por lo regular están montados sobre carriles.

Un cucharón muy práctico tanto en cargadores de carriles como de llantas es el de almeja, es muy funcional debido a su versatilidad en materiales blandos, Caterpillar, la fabrica como un aditamento especial que eleva el costo del cargador, pero en determinadas condiciones aumenta el rendimiento. (fig. 4-5 y 4-6)

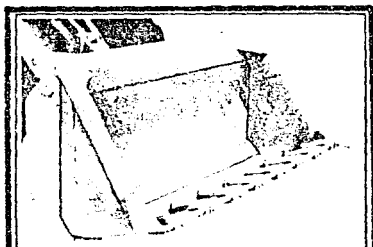


Fig. 4-4

Cargador—Realiza todos los trabajos regulares de excavación, carga y manejo de materiales. Descarga de dos maneras: hacia adelante, a 45 grados o abriendo la almeja para altura máxima de carga. El borde cortante envolvente está equipado con dientes de acero reemplazables.

04.02.02 RENDIMIENTO DEL CARGADOR.

El rendimiento depende de las características propias de la máquina (capacidad de cucharón de máquina, tipo, etc.) y de las características del lugar como son, tipo de material, altura del terreno y otros externos como son, características del operador de la empresa, etc.

Hay tres formas de calcular el rendimiento, se puede valorar de las tres formas siguientes (observación directa, fórmulas, manuales del fabricante).

Observación directa: El procedimiento consiste en ver en obra con un cronómetros el tiempo que tarda un ciclo de carga del cargador. El número de ciclos/hora x capacidad del cucharón-m³/ hr.

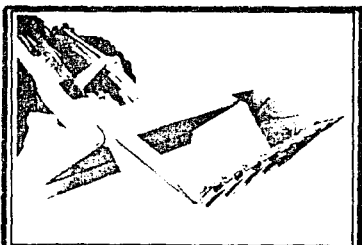


Fig. 4.5 Almeja—Levanta material suelto estando la maquina sin avanzar, avanzando hacia adelante o hacia atrás. De gran utilidad para cortar terrazas con precisión. Mueve con limpieza y rapidez material bituminoso, grava, tierra, escombros, maleza troncos, etc. La almeja es controlada por cilindros hidráulicos gemelos.

04.03 RECOLECCION, CARGA Y ACARREO CON MOTOESCREPA.

La motoescrepa es la máquina más completa, ya que recolecta y carga acarreo, tira y acomoda. Sus características generales son:

Peso Total	de=	33,250 kg	a	66,725 kg
Carga (m ³)	de=	15.3 m ³	a	33.6 m ³
Carga (ton.)	de=	21.8 ton.	a	47.2 ton.
Peso vacío	de=	21,775 kg	a	47,175 kg

En las gráficas siguientes se ve la distancia contra el tiempo para motoescrepa. La motoescrepa puede mover material no duro.

El procedimiento general es: amontonado y aflojado el material. Después de amontonar y aflojar (si es necesario) la motoescrepa, avanza y carga automáticamente acarreando el material, después llegar al lugar de depósito descarga y acomoda.

El rendimiento de la motoescrepa se puede hacer por observación directa, fórmulas o por los datos del fabricante.

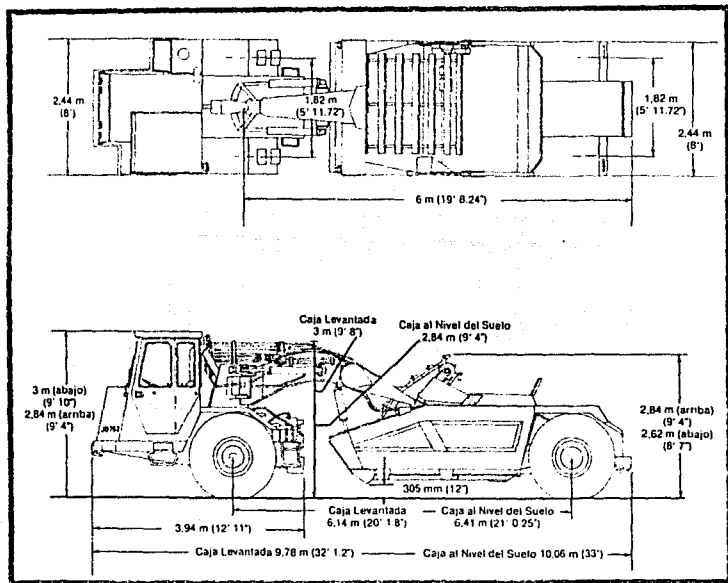


Fig. 4.6 Características principales de la motoescrepa.

Adaptabilidad en tres tamaños

613

623

633C



ESPECIFICACIONES:

Datos Generales	8.4 m ³ (11 yd ³) 150 hp x 2240 RPM	16.6 m ³ (22 yd ³) 300 hp x 2200 RPM	24.5 m ³ (32 yd ³) 415 hp x 1950 RPM
Peso aproximado en las ruedas:		Engranche Amortiguador	Engranche Amortiguador*
Vacia	kg (lb)	kg (lb)	kg (lb)
Tractor	7 800 (17 200)	19 500 (42 900)	26 900 (59 200)
Tralla	5 200 (11 500)	9 700 (21 500)	13 300 (29 300)
Total	13 000 (28 700)	29 200 (64 400)	40 200 (88 500)
Con la siguiente carga indicada:			
Tractor	11 600 (25 600)	22 700 (50 000)	32 700 (72 500)
Tralla	13 200 (29 200)	27 100 (59 700)	38 400 (84 600)
Total	24 800 (54 700)	51 900 (114 400)	71 800 (158 500)
Ancho para viajar sin limitadas A la izquierda**	9,1 m (29' 3") (sin restricciones)	13,7 m (44' 11")	14,8 m (48' 5")
A la derecha (sin restricciones)	9,1 m (29' 3")	10,6 m (34' 8")	11,8 m (38' 8")
Frenos	neumáticos de disco tipo optativos	zapata de freno neumát. estándar	zapata de freno de neumát. estándar
Sistema de frenar por retención	no	optativo	optativo
Retardador hidráulico optativo	no	no	no
Neumáticos estándar			
Tractor	18,00-25 (12 telas) E2	29,5 x 29 (28 telas) E2	33,25-35 (32 telas) E3
Tralla	18,00-25 (16 telas) Radial	29,5 x 29 (28 telas) E2	33,25-35 (32 telas) E2
Opciones	18,00-25 (12-15 telas) E3 23,5-25 (18 telas) Radial 23,5-25 (12-16 telas) E2-E3	29,5 x 29 (28 telas) E3, rocas	33,25-35 (32 telas) E3
Tractor:			
Modelo del motor	3100	D336	D343
Servicio amonstón	Manual	Semi-automático	Semi-automático
Velocidad máxima	4 veloc. avance y 2 retroc. 42 km/h (26 MPH)	8 veloc. avance y 1 retroc. 51 km/h (32 MPH)	8 veloc. avance y 1 retroc. 51 km/h (32 MPH)
Traba del diferencial	no	estándar	estándar
Tralla			
Espacio entre las pletas del elevador	380 mm (15")	508 mm (20")	610 mm (24")
Número de pletas	16	15	13
Caja, profundidad máx. de surco	171 mm (6,75")	202 mm (8,15")	406 mm (16")
Método de elevación	pio deslizante, vector de tipo de topador	pio deslizante, vector de tipo topador	pio de pivote
Apertura máxima del piso	1140 mm (3' 2")	1,51 m (5')	1,85 m (6' 1")

DIMENSIONES

A Altura Total	2,85 m (9' 4-1/2")	2,72 m (9' 0")	3,16 m (10' 5")
B Longitud Total	9,70 m (31' 9")	11,85 m (38' 9")	13,45 m (44' 1-1/2")
C Altura para Embarque	2,50 m (8' 3")	3,43 m (11' 3")	3,55 m (11' 8")
D Altura, incl. tubo vertical (escape)	3,00 m (9' 10")	3,05 m (10')	3,50 m (11' 6")
E Distancia entre ejes	6,35 m (20' 10")	7,50 m (24' 3-5/8")	8,50 m (27' 9")
F Ancho para Embarque	2,44 m (8')	3,54 m (11' 7-1/4")	3,45 m (11' 4")
G Ancho Total	2,44 m (8')	3,54 m (11' 7-1/4")	3,81 m (12' 6")
H Ancho de la Caja	2,76 m (9' 1")	3,05 m (10')	3,20 m (10' 6")
I Entravía (la más ancha)	1,85 m (6' 2-1/2") (tractor y tralla)	2,19 m (7' 2-3/8") (tractor y tralla)	2,39 m (7' 10") (tractor)

*Peso en las ruedas.

* De la E23 un engranche amortiguador, más 850 lb (1 500 lb) de los pesos del tractor vacío, cargado, y del total.

* De la E33C un engranche amortiguador, más 1000 lb (2 200 lb) de los pesos del tractor vacío, cargado, y del total.

* El viraje a la izquierda está limitado a causa de los frenos del Protector de la Carrera en caso de Vuelco.

* Los materiales y especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.

Fig. 4.7 Especificaciones de tres tamaños.

Aquí calcularemos por medio de los datos que nos proporciona el fabricante (Caterpillar).

De acuerdo a las gráficas se puede calcular el rendimiento (Fig. pag. 84,85) Viendo el tiempo fijo, viendo la distancia contra el tiempo, tomando en cuenta la pendiente para motoescrepa cargada y descargada.

Fig. 4.0

INFORMACION DE OPERACION DE LA CARGADORA JD755

INFORMACION DE OPERACION	CUCHARON	
	De Uso General	De Uso Múltiple
Capacidad colmada	1.53 m ³ (2 yd ³)	1.34 m ³ (1 1/4 yd ³)
Capacidad al ras	1.28 m ³ (1.67 yd ³)	1.06 m ³ (1.38 yd ³)
Anchura del cucharón	2.09 m (82.5")	2.13 m (83.8")
Peso del cucharón	703 kg (1.550 lb.)	1127 kg (2.485 lb.)
Fuerza de rompimiento	10 200 kg (22.500 lb.)	9299 kg (20.500 lb.)
Carga basculante (con barra de tiro y cuatro contrapesos)	8845 kg (19.500 lb.)	8421 kg (18 565 lb.)
Capacidad de levante a la altura total	4990 kg (11.000 lb.)	4565 kg (10.065 lb.)
Tiempo de elevación	5.86 segundos	5.86 segundos
Tiempo de descarga	1.27 segundos	1.27 segundos
Tiempo de descenso	3.23 segundos	3.23 segundos
Peso de operación con cubierla y estructura protectora contra volcaduras	14 517 kg (32.005 lb.)	14 941 kg (32.940 lb.)

Otro procedimiento por el que se puede calcular es, el cálculo del rendimiento por medio del ciclo aunque sea por medio de gráficas del fabricante

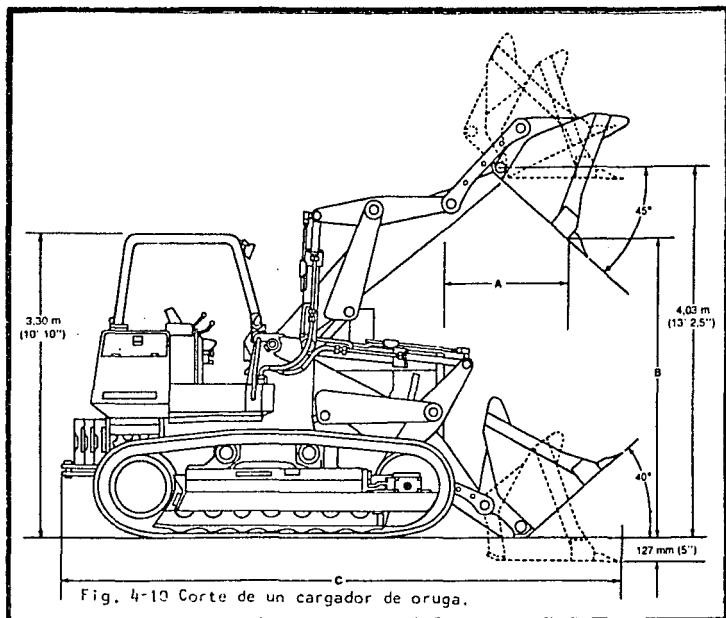


Fig. 4-10 Corte de un cargador de oruga.

De los dos volúmenes obtenidos por hora se obtiene el menor, calculándose siempre el costo total del movimiento de materiales.

04.04 ACARREO EN CAMIONES.

El acarreo en camiones de material ligero se hará con camiones Ford F-600 con motor de combustible Diesel (Peakins). El rendimiento depende del tipo de camino; como los materiales son ligeros, se escoje un camión para este tipo de trabajo.

El camión de volteo deberá recorrer camino de terracería y depositarlo en la cortina de la presa.

Es conveniente que las llantas y el motor sean resistentes y la carrocería lisa para que resbale bien.

04.04.01 PROCEDIMIENTO.

Es conveniente que si el material es pegajoso o lodoso se use cargador de oruga, pero en este caso no es así, por lo que se usará cargador de llanta.

El procedimiento de carga y acarreo será de acuerdo al rendimiento del cargador, se necesitarán el número de camiones.

$$\text{No. Camiones} = \frac{\text{Rendimiento del Cargador}}{\text{Capacidad del Camión}}$$

O también, y de acuerdo al kilometraje y el tiempo que tarde el camión en un ciclo, se puede calcular el tiempo que tarda un camión en acarrear determinados metros cúbicos; de ahí se determina el número de camiones por cargador para acarrear de acuerdo al volumen total del banco y el rendimiento de los cargadores, el número de los mismos para terminar en un tiempo determinado.

C A P I T U L O I V - A

04-A PROBLEMA DE EXPLOTACION, CARGA Y ACARREO DE UN BANCO DE MATERIAL.

En este único anexo consideramos, que tenemos una cortina de una presa de tierra y enrocamiento, la que se muestra en la figura 4 A.1 para la cual necesitamos el material con el que se va a construir. Aquí se muestra el procedimiento general para la explotación de un banco.

04-A.01 DESCRIPCION.

Aquí vemos que tenemos una cortina, la cual tiene las características que se muestran en la figura 4 A.1. También vemos que la cortina es de tierra y enrocamiento, y que los principales componentes son voleos (roca triturada o de cierto diámetro), tepetate (corazón) y un filtro de material permeable.

04-A.02 NECESIDADES.

Teniendo las necesidades que requiere nuestra cortina que se muestran en la figura 4 A.2 se tendrá que hacer una búsqueda de un banco que los volúmenes sean mayores que volúmenes de la cortina.

VOLUMENES DE LA CORTINA Y VOLUMENES DEL BANCO

Aquí se muestra el procedimiento general de explotación.

04-A.03 EXPLORACION DEL LUGAR.

Se hace un reconocimiento de la zona, localizando luga-

res propicios para la explotación.

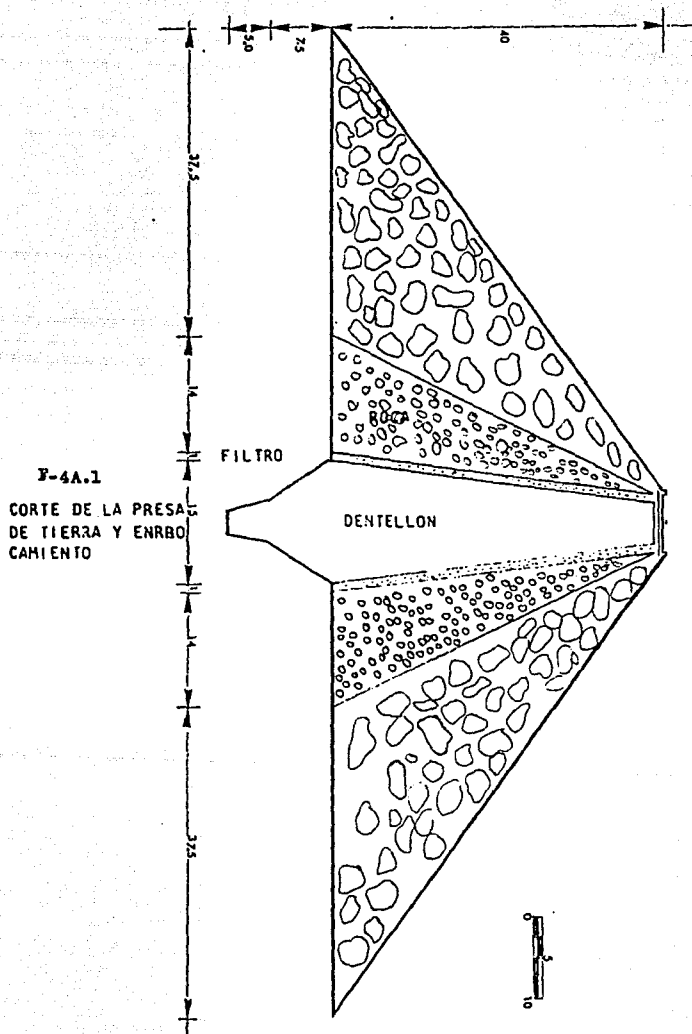
Se detectan unos bancos donde se encuentran los materiales que compondrán la presa, haciendo un bosquejo previo por medio de un laboratorio.

04-A.04 EXPLORACION DETALLADA.

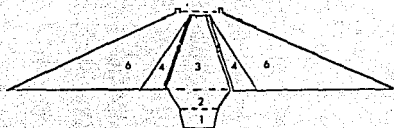
Seleccionando un banco determinado se procede a hacer un estudio detallado del lugar, se hacen sondeos en nuestro banco encontrando las profundidades y material. Las barrenaciones para la exploración fueron seis, las que se muestran a continuación:

RESUMEN DE BARRENACION

	Arcilla (filtro)	Tepetate (dentellón)	Roca
Zondeo 1	0.40 mts.	0.80	34.00
Zondeo 2	0.35 mts.	0.80	46.50
Zondeo 3	0.42 mts.	0.80	38.50
Zondeo 4	0.40 mts.	2.00	33.00
Zondeo 5	0.40 mts.	1.50	15.00
Zondeo 6	0.80 mts.	2.00	11.60



NECESIDADES



AREA 1 : 2125

2 : 7500

3 : 39000

4 : 54 600

5 : 7800

6 : 150000

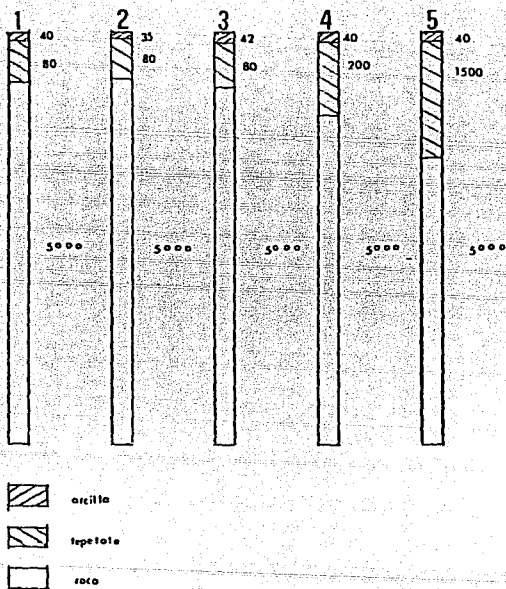
tepetate = 1 + 2 + 3

roco = 6 + 4

filtro = 5

F-4A.2 Corte donde se muestran las necesidades de los materiales.

ZONDEOS

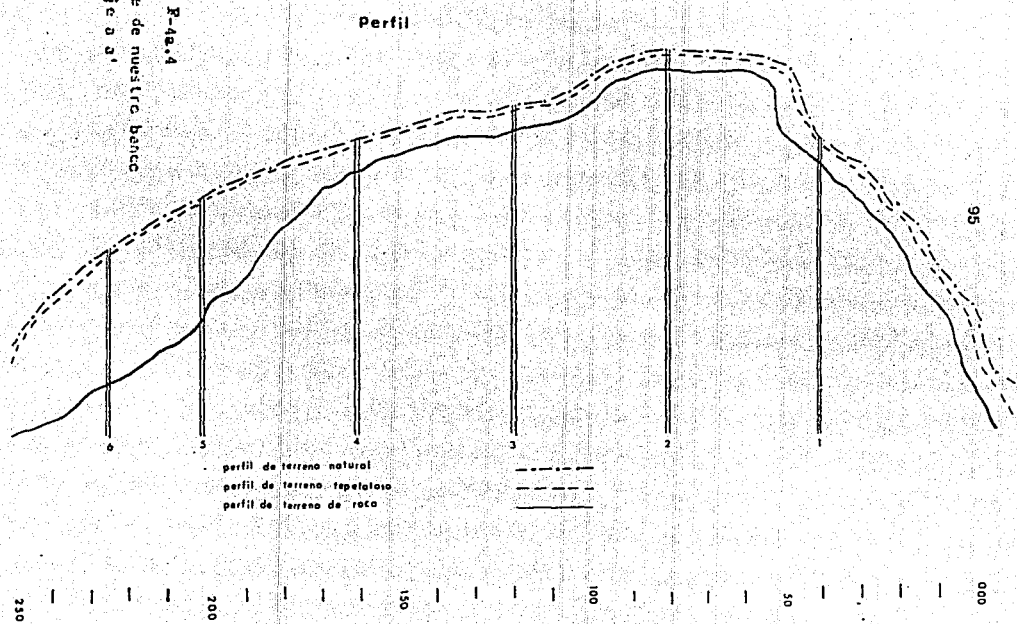


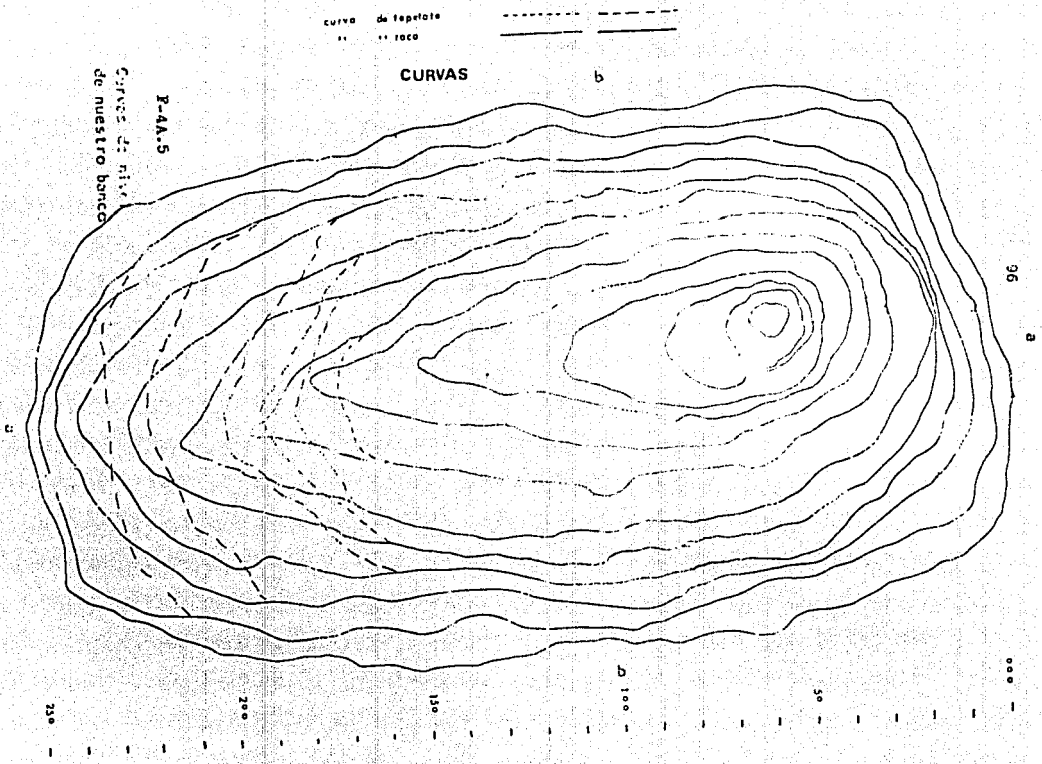
F-4A.3

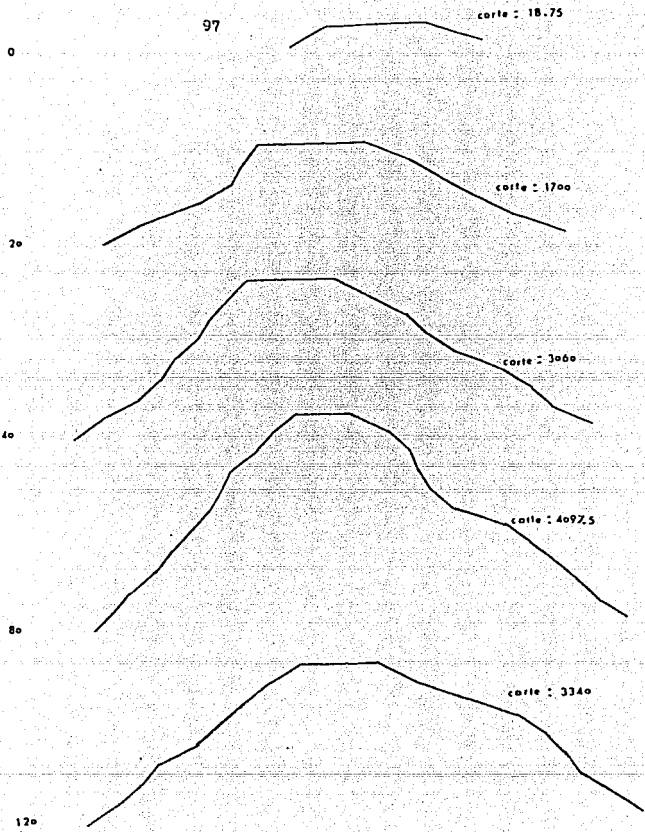
Zondeos realizados en nuestro banco de material.

longitud del perfil : 305 m (eje aa'
longitud del perfil : 200 m (Cálculos)
longitud eje bb' : 170 m
longitud de calculo : 100 m

Perfil







F-4A.6 Secciones de corte

mts



98

160

coste = 67.50 lepetate
coste = 2487.50

200

coste = 727.50 lepetate
coste = 1085

240

coste = 500

04-A.05 DATOS DE BANCO.

Area de Banco	=200 ml. x 100 ml. =20,000 m ²
Espesor promedio de la arcilla	=0.40+0.35+0.42+0.40+0.40+0.80 =0.46
Espesor de cálculo	=0.40 metros
Volumen de arcillas	=0.40 x 20,000 =8,000 m ³
Espesor promedio de tepetate	=0.80 x 3 + 2 x 2 + 1.50/6 =1.31
Espesor de cálculo	=1.00 metros
Volumen del espesor de tepetate	=20,000 x 1 =20,000 m ³
Volumen de tepetate	=20,000m ³ + 40,450 =60,450 m ³
Volumen de roca	=565,387.60

En estos datos se observa que los volúmenes obtenidos si son mayores que las necesidades de material para la construcción de la presa, por lo que si es aceptable ese banco de material.

En la figura 4A.6 se muestra el corte y los sondeos de nuestro banco.

En la figura 4A.3 se ven los sondeos realizados.

Después del sondeo de exploración, se vió que éste banco si cumple con las necesidades requeridas para nuestra cortina. Aquí se muestran las curvas obtenidas en campo.

Tahin 4 A-1

COMPARACION DE VOLUMENES

TIPO DE MATERIAL	CORTINA M3	BANCO M3	OBSERV.
T E P E T A T E	48,625.00	60,450.00	PASA
A R C I L L A	7,800.00	8,000.00	PASA
R O C A	204,600.00	565,387.50	PASA
SUMA TOTAL	272,725.00	633,837.50	PASA

Ahora teniendo los volúmenes: tenemos otra dificultad - que nos marca el ritmo de avance que es el tiempo de terminación que son seis meses. La ubicación y las características del lugar son:

UBICACION: El Caracol, Estado de Guerrero - Mexico.
TEMPERATURA: 20°C en sombra
ALTITUD 1800 M S N M .

04-A.06 TRABAJOS DE EXPLOTACION DE BANCO.

Después que se concluyó que el banco de material si es - aceptable, se procede a "LA EXPLOTACION DE NUESTRO BANCO".

Para facilitar el trabajo lo dividiremos en dos frentes- conjuntos pero, con características diferentes. Después procedemos a iniciar los trabajos de explotación del banco.

- 1.- Seleccionamos el acceso a la cortina.
- 2.- Hacemos la limpieza y despalme.

Preparamos frentes de:

- a) Explotación de tepetate, carga, y acarreo de arcilla
- b) Explotación de roca, carga y acarreo.

Siguiendo los pasos anteriores procedemos como sigue:

04-A.06.01 SELECCION DE ACCESO A LA CORTINA.

Seleccionamos el acceso a la cortina, procediendo como sigue:

- a) Tipo de maquinaria que va a transitar: sabemos que la maquinaria va a ser; principalmente camiones de volteo, camiones fuera de carretera, cargadores, tractores, pala mecánica, etc.
- b) Pendiente y distancia y tipo de acceso.

Teniendo la maquinaria que va a transitar podemos obtener las pendientes máximas (promedio). Obteniendo el trazado del camino y el volumen a por mover, se decidió que nuestro camino deberá ser revestido. La distancia del banco a la cortina es de 1.5 Kilómetros.

04-A.06.02 LIMPIEZA Y DESHIERVE.

Se limpiará la zona de materiales que impidan la explotación y el acceso. La limpieza se hará con un tractor; también se hará un deshieve con la quema y retiro de materiales.

04-A.06.03 PREPARAMOS LOS FRENTES.

Se establecerán dos frentes de ataque, debido a las características de nuestro banco, un frente que entrará primero

que será la explotación de tepetate, arcilla carga y acarreo; y segundo, explotación de roca, carga y acarreo. Aunque tengamos la finalidad de explotar simultáneamente la roca, el tepetate y arcilla, consideramos que lo hacemos por separado; por un lado la explotación de tepetate y arcilla y por otro lado, la roca. A continuación se dividieron los frentes: el frente de explotación de tepetate y arcilla, con duración de 2.5 meses; y el de explotación de roca, con duración de 3.5 meses.

a) Explotación de tepetate y arcilla. Englobaremos los dos conceptos sumando los volúmenes para simplificar y hablar de un solo concepto.

a.1) Alternativas. Usaremos como alternativas las de:

1.- Motoescrapas PUSH PULL

2.- Cargador y camiones alquilados.

a.2) Características y costo de la maquinaria

Tabla 4 A 2 Características de maquinaria usada

NOMBRE	MODELO	CAPACIDAD	COSTO HORARIO (unidades)	OBSERVACION PUSH PULL
Motoescrapa	, 627 B,	15 m ³ ,	1.20/hora,	
Tractor	, D8 K,	4.14x1.52 m,	0.80/hora,	Caterpillar
Cargador erilantado	, 950	, 1.91-2.68	, 0.41/hora,	Caterpillar
Cargador de oruga	, 977 L,	1.9 -2.48	, 0.50/hora,	Caterpillar
Fletero Camión	, F 600	, 7m ³ , 0.007 m ³ /er. km		Ford
Fletero Kms. subsec.	, F 600	, 7m ³ , 0.0027 m ³ /km		Ford

04-A.06.04 PROCEDIMIENTO Y ALTERNATIVA.

Consideramos que toda la máquina tendrá que alquilarse, ya que la Compañía no cuenta con ella. La forma de atacar será:

Amontonamiento con tractor y afloje.

Carga de camiones con cargador.

La motoescrepa carga y camina automáticamente.

Acarreo

Acarrea automáticamente.

Descarga

04-A.07 CARGA Y ACARREO CON MOTOESCREPA. 627 B

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Peso vacío = 34.5 ton.

Carga en M3 = 15.00 m3

Peso volumétrico del material = 1.60 ton./m3

Porcentaje de llenado de la motoescrepa = 80%

Características particulares =

Peso del volumen cargado = $15 \times 1.60 = 24$ ton.

Peso total de la máquina = $34.5 + 24.00 = 58.8$ ton.

El rendimiento de la motoescrepa se puede hacer por observación directa, por fórmulas, por los datos del fabricante. Aquí calcularemos por medio de datos del fabricante.

Fig. 4.A7

Perfil del camino

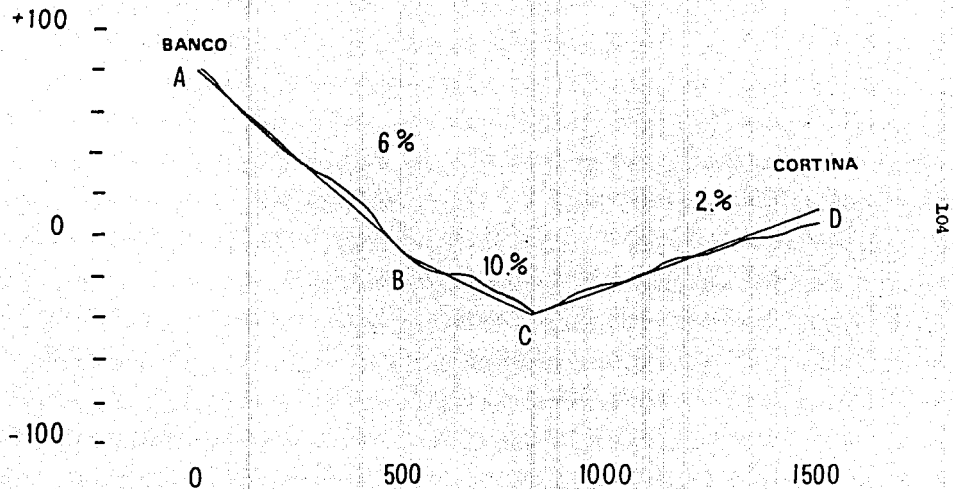
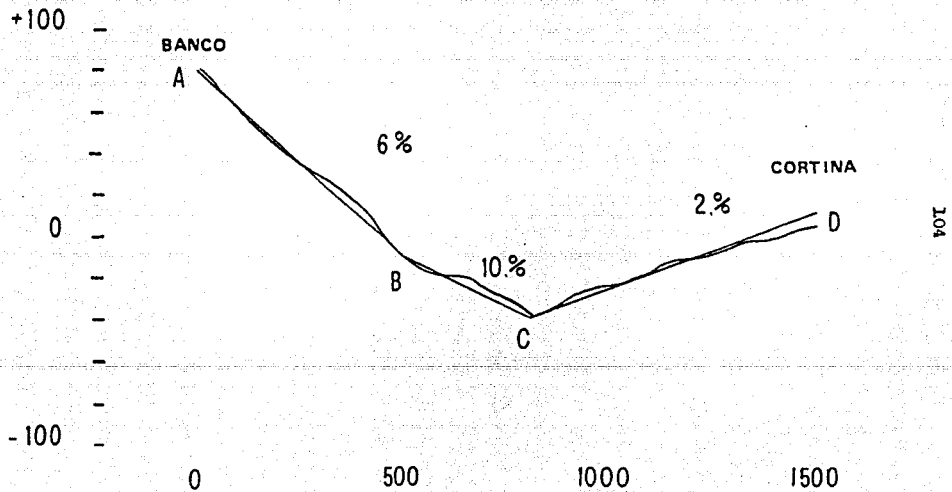


Fig. 4.A7

Perfil del camino



RESUMEN DE PENDIENTES

I D A (CARGADO)			REGRESO (VACIO)		
TRAMO	LONG.	%	TRAMO	LONG.	%
A - B	500	+ 6	D - C	700	+29
B - C	300	+10	C - B	300	-10
C - D	700	- 2	B - A	500	- 6
1500			1500		

Sabemos que el acarreo lo haremos con motoescrepa 627 B.

El tiempo fijo de la máquina (tomado del fabricante) será de 0.6 minutos para carga o de 0.6 minutos para descarga.

En la gráfica 15-27,28* se ve el tiempo contra la distancia con la pendiente.

En la gráfica 15-27* se ve el rendimiento por hora contra la distancia con la pendiente y así combinando ambas gráficas será (con 1.6 min. de tiempos fijos).

Cargada y Descarga

Tramo	Longitud	Pend. %	Tiempo Cargado	Tiempo Vacío	Total	Rendim.m3/hr
1	2	3	4	5	6	7
A-B	(1640') 500m	+ 6 %	0.75	0.74	1.49	235 m3/hr
B-C	(984) 300	+ 10 %	0.55	0.50	1.05	285 m3/hr
C-D	(2297) 700	- 2 %	1.11	1.02	2.13	$\frac{210}{740}$ m3/hr m3/3hs
					4.67 min.	

Nota: La pendiente positiva se considera como 2% por ser la mínima considerada en las gráficas.

* Manual de Caterpillar.

Sabemos de la gráfica 15-57 que el rendimiento de la motoescrepa en 3 horas, será de 740 m³/3 horas obteniendo el rendimiento por hora.

$$\text{Rendimiento por hora} = \frac{740 \text{ m}^3/3 \text{ horas}}{3 \text{ horas}} = 246.7 \text{ m}^3/\text{hora}$$

De la tabla:

Los datos de la columna (1), (2) y (3) Están en perfil terreno					
" " " " " (4)					Están en gráfica 15-27 *
" " " " " (5)					Están en gráfica 15-28 *
" " " " " (7)					Están en gráfica 15-57 *

En la tabla se ve que el tiempo total de un ciclo es de 4.67 minutos. Calculando los ciclos por hora.

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min.}}{4.67 \text{ min.}} = 12.8 \text{ ciclos}$$

Sabemos que la capacidad de carga de la motoescrepa es de 15 m³.

$$\text{Volumen por hora} = 12.8 \text{ ciclos} \times 15 \text{ m}^3 = 192 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Se considera el valor menor obtenido que es 192 (menor que 246.7 obtenido de la gráfica 15-57 columna (7)).

$$\begin{aligned} \text{Costo por m}^3 &= \frac{\text{Costo horario}}{\text{volumen/hora}} = \frac{1.00/\text{hora}}{192} = 0.0052 \\ &= 0.0052 \text{ Unidades/metro cúbico} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volumen Acarreo/día} &= 192 \text{ m}^3/\text{hora} \times 8 \text{ horas} \times 0.8 \\ &= 1229 \text{ m}^3/\text{día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Número de Motoescrepas} &= \frac{2251 \text{ m}^3/\text{día}}{1229 \text{ m}^3/\text{día}} = 1.83 \\ &= 2 \text{ Motoescrepas.} \end{aligned}$$

Costo total de acarreo considerando las 2 motoescrapas.

Sabemos que el tiempo máximo de acarreo es de 90 días, -
lo que:

$$90 \text{ días} \times 2 \text{ motoescrapas} \times 8 \text{ horas} \times 1.00 \text{ U.M./hora} = 1440$$

Costo = 1440 Unidades Monetarias.

04-4.08 CARGA Y ACARREO CON CARGADOR FRONTAL Y CAMIONES.

Características de la maquinaria:

Tipo de máquina a) Caterpillar 950 (cargador frontal -
enlantado de 2.7 m³)

b) Camiones F-600 de 6 m³.

Procedimiento de carga y acarreo. Considerando que te-
nemos que cargar y acarrear 1229 m³/día o sea 154 m³/hora; -
teniendo un cargador 955 y camiones alquilados.

Cálculo del ciclo del cargador:

- Factor de llenado = 0.85

- Tiempo del ciclo

$$\text{Volumen por ciclo} = 0.85 \times 2.7 = 2.3 \text{ m}^3/\text{ciclo de material suelto.}$$

Tiempo del ciclo

Básico = 0.50 min.

Tiempo por ser

material en banco = 0.04 min.

Tiempo de acomodo

de camiones = 0.04 min.

Suma 0.58 min.

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min.}}{0.58 \text{ min.}} = 103.4 \text{ ciclos}$$

$$\begin{aligned} \text{Producción por hora} &= 103.4 \text{ ciclos} \times 2.3 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 0.75 \text{ eficiencia} \\ &= \underline{178.4 \text{ m}^3/\text{hora}} \end{aligned}$$

- Costo de la carga

$$\begin{aligned} \text{ciclos para llenado de camión} &= \frac{6.0 \text{ m}^3}{2.3 \text{ m}^3} = 2.61 = 3 \text{ ciclos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Factor de carga} &= \frac{\text{Vol. por ciclo} \times \text{No. ciclos de llenado}}{\text{Capacidad del camión}} \\ &= \frac{2.3 \times 3}{6} = 1.15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo por m}^3 &= \frac{0.50 \text{ Unidades/hora} \times 1.15}{178.40 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= 0.0032 \text{ Unidades/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Factor de Eficiencia} = 0.80$$

$$\text{Costo por m}^3 = \underline{0.0025 \text{ Unidades/m}^3}$$

RESUMIENDO:

$$\text{Costo de carga} = 0.0025 \text{ Unidades/m}^3$$

Costo de acarreo

$$\text{1er. Kilómetro} = 0.0070 \text{ m}^3 \text{ al 1er. Km.}$$

$$\begin{aligned} 0.50 \text{ Kilómetro} &= \underline{0.00135 \text{ m}^3} \text{ al Km. subsecuente} \\ &= 0.00335 \text{ Unidades Monetarias/m}^3 \end{aligned}$$

Se observa que se necesita un solo cargador porque:

178.04 (producc. horaria) > 154.00 (necesidad horaria) comparando el costo.

Costo de carga y acarreo con cargador y camiones.

$$\text{Costo de cargador} = 90 \times 8 \times 0.41 = 295.20$$

Costo de acarreo = $110610 \text{ m}^3 \times 0.00835 = 923.60$
Costo de carga = $110610 \text{ m}^3 \times 0.0025 = 276.52$
\$1200.12
Costo Total = \$ 1301.74 Unidades Monetarias
COMPARANDO:

Costo total de
carga y acarreo
con motoescropa = \$ 1440.00 Unidades Monetarias
Costo total de
carga y acarreo
con camiones y
cargador = \$ 1200.12 Unidades Monetarias

Por lo que se elige la carga y acarreo con camiones y -
cargador.

04-A-09 EXPLOTACION DE ROCA.

Por facilidad englobaremos la explotación de roca en -
tres conceptos; explotación, carga y acarreo de roca. La al-
ternativa única de carga y acarreo será por conveniencia con-
cargador frontal, pala mecánica y camiones fuera de carretera.

1.- Explotación. Sabemos que tenemos 105 días para la -
explotación, carga y acarreo, como son operaciones -
simultáneas fijaremos como tiempo de explotación to-
tal de 90 días.

Considerando el volumen total de roca necesaria que-
necesitamos, será de 204,600 m³ medidas en banco. El
volumen obtenido diario será de:

Volumen por día = $\frac{204,600 \text{ m}^3}{90 \text{ días}} = 2251 \text{ m}^3/\text{día}$

1.1 Características de la roca volada. Las características que el 60% pase por la maya de 40 cms., y con un volumen total de 54,600 m³ y que el 60% pase por la maya de 70 cms, con un volumen total de 150,000 m³.

Volumen total	Características
54,600 m ³	50% menos de 40 cms.
150,000 m ³	50% menos de 70 cms.

Ahora el porcentaje de fragmentación al 50% será para la roca menor de 40 cms = S50 = 0.35
para la roca menor de 70 cms = S50 = 0.60
El dato es tomado de la página 25.

1.2 Procedimiento General. Sabiendo que nuestro banco es a cielo abierto y el tipo de maquinaria, el procedimiento será:

TOPOGRAFIA (estudio)
VOLUMEN (necesidades;
EQUIPO (existencia)
DIAMETRO DE LAS PERFORACIONES
INICIADORES (tipo)
CONSUMO DE
EXPLOSIVOS (cantidad)
TIPO DE CARGADOR
TIPO DE CAMION

- a) Diámetro de las Perforaciones: Hay que considerar 2 diámetros, ya que a mayor diámetro de perforación hay menor fragmentación; y a menor diámetro, mayor fragmentación, así que se decide un diámetro 1.5" para el volumen de 54,600 m³, y un diámetro de 3" para el volumen de 150,000 m³.

Maquinaria de Perforación. La máquina que se ocupó en este trabajo por su versatilidad, es la perforadora ligera de cargas con un compresor de 900 pies/min. con capacidad para 2 perforadoras.

Maquinaria	Capacidad	Costo horario (c/2 perforadoras)	
Perforadora	4-4 1/2"	0.06	Unidades mon./hora
Compresor	900 pies 3/mfn.	0.04	Unidades mon./hora
	SUMA	0.10	Unidades mon./hora por perforadora.

Rendimiento; el rendimiento de la perforadora es de:

Tamaño de la perforación	Tipo de roca	Velocidad de Perforación	Velocidad de perf-mts/hora
1 3/4"	Dura	(30-35)32.5	9.9
3"	Dura	(5-15)100	3.0

* Velocidad Promedio.

Sabemos que la altura de nuestro banco es en promedio como procedimiento de explotación de 10 mts, la inclinación del taladro es de 3:1, con ancho de 30 mts.

TALADROS DE 3" (7.62)

1.- Piedra máxima teórica = $45 \times d = 45 \times 7.62 \text{ cms.}$

V máx. = 342.9 cm.

V máx. = 3.43 mts.

2.- Sobre perforación U = 0.3 V máx.

U = 0.3 (3.43 mts.)

U = 1.03 mts.

3.- Profundidad del taladro

H = $K + U + 0.05 (K + U)$

H = $10 + 1.03 + 0.05 (11.03)$

H = 11.5² mts.

4.- Error de perforación

F = $0.05 + 0.03 H$

F = $0.05 + 0.03 (11.58)$

F = 0.397 mts.

5.- Piedra práctica

V1 = V máx. - F

V1 = 3.43 - 0.397

V1 = 3.03 mts.

6.- Espaciamiento práctico

E1 = 1.25 V1

7.- Concentración de la carga de fondo

$Q_{bk} = \frac{d^2}{1000}$

$Q_{bk} = (76.2)^2 / 1000$

$$Q_{bk} = 5.8 \text{ kg/m.}$$

8.- Altura de carga de fondo

$$\begin{aligned} h_b &= 1.3 \text{ V m}^2 \times \\ &= 1.3 \times 3.43 \\ &= 4.46 \text{ mts.} \end{aligned}$$

9.- Carga de fondo = Q_b

$$\begin{aligned} &= h_b \times Q_{bk} \\ &= 4.46 \times 5.8 \\ &= 25.86 \text{ kg} \end{aligned}$$

10.- Concentración de la carga de columna

$$\begin{aligned} Q_{pk} &= 0.45 \times Q_{bk} \\ Q_{pk} &= 0.45 \times 5.8 \\ Q_{pk} &= 2.61 \text{ kg/m.} \end{aligned}$$

11. Anchura de la carga de columna

$$\begin{aligned} h_p &= H - (h_b - h_o) \\ &= 11.58 - (4.46 + 3.03) \\ &= 4.09 \text{ mts.} \end{aligned}$$

12.-

$$H_o = V_1 = 3.03 \text{ mts.}$$

13.- Carga de columna Q_p

$$\begin{aligned} &= h_p \times Q_{pk} \\ &= 4.09 \text{ m} \times 2.61 \text{ kg/m.} \\ &= 10.68 \text{ kg.} \end{aligned}$$

14.- Carga total en kg. /barreno

$$\begin{aligned} Q_{tot} &= Q_b + Q_p \\ Q_{tot} &= 25.86 \text{ kg} + 10.68 \text{ kg} \\ &= 36.54 \text{ kg.} \end{aligned}$$

15.- Carga específica en kg/m³

$$q = \frac{(\text{barrenos/hilera} + 1) \times Q_{\text{tot}}}{V_1 \times K \times B}$$
$$q = \frac{(8+1) \cdot 34.54 \text{ kg}}{(3.03) (10) (30)} = \frac{274.86}{909.00}$$
$$= 0.30 \text{ kg/ m}^3$$

16.- Perforación específica

$$b = \frac{(\text{barreno/hilera} + 1) \times H}{V_1 \times K \times B}$$
$$= \frac{9 \times 11.58}{909.00} = \frac{104.22}{909}$$
$$= 0.115 \text{ m. de perforación/m}^3$$

TALADROS DE 1 3/4" (4.445 cm)

- 1.- Piedra máxima teórica
- $$= 45 \times d$$
- $$= 45 \times 4.44 \text{ cm.} = 200.025 \text{ cm.}$$
- $$V_{\text{máx.}} = 200 \text{ cm} = 2 \text{ mts.}$$
- 2.- Sobre perforación
- $$= 0.3 V_{\text{máx.}}$$
- $$= 0.3 (2 \text{ mts.})$$
- $$V = 0.6 \text{ mts.}$$
- 3.- Profundidad del taladro
- $$= \text{altura de banco} + \text{sobreperforación} + 0.05 \text{ (altura de banco} + \text{sobreperforación)}$$
- $$H = K + U + 0.05 (K + U)$$
- $$= 10 + 0.6 + 0.05 (10 + 0.6)$$
- $$= 11.13 \text{ mts.}$$
- 4.- Error de perforación
- $$= 0.05 + 0.034$$
- $$= 0.05 + 0.03 (11.13)$$
- $$F = 0.384 \text{ mts}$$
- 5.- Piedra práctica
- $$V_1 = V_{\text{máx}} - F$$
- $$= 2 \text{ mts} - 0.384 \text{ mts.}$$
- $$= 1.6168 \text{ mts.}$$
- 6.- Espaciamiento práctico
- $$E_1 = 1.25 \times V_1$$
- $$E_1 = 1.25 V_1 = 1.25 \times 1.6168 \text{ mts.}$$
- Número de espacios = $B/E_1 = 30/1.62 = 19$
- $E_1 = 30$
19

7.- Concentración de la carga de fondo $= \frac{Q^2}{1000}$

$$Q_{bk} = \frac{d^2}{1000} = \frac{(44.45)^2}{1000} = 1.97 \text{ kg/m} = 2 \text{ kg/m.}$$

8.- Altura de carga de fondo

$$hb = 1.3 V_{\text{máx.}}$$
$$= 1.3 (2) = 2.6 \text{ mts.}$$

9. Carga de fondo

$$Q_b = hb \times Q_{bk}$$
$$= 2.6 \text{ m} \times 2 \text{ kg/m.} = 5.2 \text{ kg}$$

10. Concentración de la carga de columna

consideramos 0.45

$$Q_{pk} = (0.4-0.5) \times Q_{bk}$$
$$Q_{pk} = 0.45 Q_{bk}$$
$$= 0.45 (2 \text{ kg})$$
$$= 0.90 \text{ kg /m.}$$

11. Altura de carga de columna

$$hp = H - (hb - ho)$$
$$= 11.13 \text{ m.} - (2.6 \text{ m} + 1.617)$$
$$= 6.91 \text{ mts.}$$

12.- Retacado

$$ho = V1 \text{ (o } V_{\text{máx.}})$$
$$= 1.617 \text{ mts.}$$

13.- Carga de columna

$$Q_p = hp \times Q_{pk}$$
$$= 6.91 \text{ m.} \times 0.90 \text{ kg/m.}$$
$$= 6.22 \text{ kg.}$$

14.- Carga total en kg/barreno
 $Q_b + Q_p$

$$Q_{tot} = 5.2 \text{ kg} + 6.22 \text{ kg} \\ = 11.42 \text{ kg.}$$

15.- Carga especifica en kg/m³ = $\frac{(\text{barrenos/hilera}+1) \times Q_{total}}{V_1 \times K \times B}$

$$q = \frac{(19 + 1) \cdot 11.42}{1.62 \times 10 \times 30} = \\ = \frac{228.40}{486} = 0.47 \text{ kg/m}^3.$$

16.- Perforación especifica
b

$$= \frac{(\text{barrenos/hilera} + 1) \times H}{V_1 \times K \times B} \\ = \frac{8 \times 11.13}{1.62 \times 10 \times 30} = \frac{89.04 \text{ m}}{486 \text{ m}^3} \\ = 0.183 \text{ m. perforación/m}^3$$

Tabla 4 A.3

RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES PARA
DIAMETRO DE TALADRO DE 1 3/4"

Altura de banco	Profund. de taladro	Piedra	Espaciamento	Carga de fondo	Carga de Columna	Carga específica	Perf. específica
M.	M.	M.	M.	kg.	kg.	kg/m ³	M/m ³
10.00	11.13	1.62	1.6	5.2	6.22 kg/m 0.90	0.47	0.183

RESUMEN DE DATOS IMPORTANTES PARA
DIAMETRO DE TALADRO DE 3"

Altura de banco	Profund. de taladro	Piedra	Espaciamento	Carga de fondo	Carga de Columna	Carga específica	Perf. específica
M.	M.	M.	M.	kg	kg	kg/m ³	m/m ³
10.00	11.58	3.03	3.79	25.86	10.68 kg/m 2.61	0.30	0.115

Volumen por explotar con taladro de 3" = 150,000 m³

Volumen por explotar con taladro de 1 3/4" = 54,600 m³

Longitud de perforación de 3" = 150,000 m³ × 0.115 m/3³ = 17,250 m

Longitud de perforación de 1 3/4" = 54,000 m³ × 0.183 m/m³ = 9,882 m

Tiempo de perforación de 3" = $\frac{150,000 \text{ m}^3}{3 \text{ m/h}}$ = 50,000 horas

Tiempo de perforación de 1 3/4" = $\frac{54,000 \text{ m}^3}{9.9 \text{ m/h}}$ = 5454.6 horas

Suma total de horas = 50,000 horas + 5454.6 horas

= 55,454.6 horas

Tiempo límite de perforación = 90 días x 8 horas = 720 horas

Número de perforadoras = $\frac{55,454.6 \text{ horas}}{720 \text{ horas}}$ = 77.02

= 77 Perforad.

Costo de perforación = 77 perforadoras x 8 horas x 90 días x
0.10 unidades/hora

= 5544 Unidades Monetarias.

2.- Carga de la roca volada. El procedimiento a seguir será el amontonar y cargar. El amontonamiento se hará con tractor y hoja tapadora y con un cargador frontal enllantado con protección en las llantas.

2.1 Amontonamiento se hará al material que sufrió alguna proyección. Se considera como volumen proyectado de roca un 15% del total.

Volumen total = Volumen de roca x % proyectado x abundamiento.

$$= (54600 + 150,000) \times 0.15 \times 1.40$$

$$= 204,600 \times 0.15 \times 1.40$$

$$= 42966 \text{ m}^3.$$

2.2 Costo y Rendimiento del Tractor. Consideramos un tractor caterpillar 08K con una hoja universal 8U de medidas 4.14 x 1.52. La distancia más alejada de amontonamiento es de 75 metros, con una pendiente negativa de 0.0 El peso volumétrico suelto es de 1850 kg/m³ y el compacto de 2300kg/m³.

Datos		Factor
Distancia	75 metros	355m ³ /hora
Peso volumétrico de la roca	1850 kg/m ³	1850 kg/m ³
Horas de 50 min.		0.80
Operador regular		0.75
Tipo de material suelto		1.20
Relación entre pesos volumétricos	<u>1850</u> kg/m ³	

$$\begin{aligned} \text{Relación entre pe-} \\ \text{sos volumétricos} &= \frac{1850 \text{ kg/m}^3}{2300 \text{ kg/m}^3} && 0.80 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{La producción ho-} \\ \text{raria será} &= 355 \text{ m}^3/\text{hora} \times 0.80 \times 0.75 \times 1.20 \\ &\quad \times 0.80 \\ &= 204.48 \text{ m}^3/\text{hora.} \end{aligned}$$

Los datos fueron tomados de la pág. 45 del capítulo II.

Considerando que el volumen total de amontonamiento es - de 42 966m³ en un período de 90 días es:

$$\text{Necesidades por hora} = \frac{42\,966 \text{ m}^3}{90 \text{ días} \times 8 \text{ horas}} = 59.67 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Lo que si satisface la necesidad de amontonamiento, hay - que considerar que el tiempo perdido es del orden del 50%.

$$\text{Costo} = 90 \times 8 \text{ horas} \times 0.80/\text{hora} = 576 \text{ unidades,}$$

3.- Acarreo de Roca.- El procedimiento general será ya cargado el camión, recorrer el camino en este ejemplo se hará el recorrido de carga con camión fuera de camino. Sabemos que el tipo de acceso- es camino revestido y la longitud es de 1.5 kilo- metros.

3.1 Maquinaria. La maquinaria con la que se hace - el acarreo es camiones fuera de camino.

Modelo	Potencia	Capacidad	Velocidad	Peso
-	H.P.	Ton.	km/h	Ton.
773	600	50	67.20	83.20

Capacidad	Costo horario
m ³	
38.8	2.1 Unidades

3.2 Rendimiento. El rendimiento será de acuerdo a -
la pendiente y la longitud del camino.

Tramo	Pend. Conc.	Longitud	Tiempo
A B	0%	500 m	0.85
B C	0%	300 m	0.65
C D	2%	700 m	1.05
D C	0	700 m	0.90
C B	10%	300 m	0.75
B A	6%	500 m	<u>1.15</u>

5.35 min.

Más 1.5 minutos de tiempo muerto por carga, descarga,
acomodo y maniobras. Total = 5.35 + 1.5 = 6.85 min.

Los datos tomados son del fabricante (pag. 66,67 cap.
II).

Tomando horas de 50 minutos será (0.83 de hora)

Tiempo de 1 ciclo = 6.85 min.

$$= \frac{60}{6.85} = 8.76 \text{ ciclos/hora}$$

$$= 9 \text{ ciclos/hora} \times 0.83 \text{ horas}$$

$$= 6 \text{ ciclos/hora}$$

Densidad del material = 1850 kg/m³

Volumen de acarreo = $\frac{50 \text{ ton.}}{1.85 \text{ ton/m}^3} \times 0.80$

$$= 21.6 \text{ m}^3/\text{camión}$$

Acarreo de 1 camión

Volumen por hora = $6.00 \times 21.6 \times 8 = 1036.8 \text{ m}^3/\text{día}$

Necesidades de
acarreo/día = $\frac{204600}{90} = 227.4 \text{ m}^3/\text{día}$

= $227.4 \times 1.3 \text{ abund.}$

= $2956.2 \text{ m}^3/\text{día}$

Número de camiones = $\frac{2956.2 \text{ m}^3/\text{día}}{1036.8 \text{ m}^3/\text{día}} = 3 \text{ camiones}$

Costo de acarreo = $3 \text{ camiones} \times 90 \times 2.1 \text{ unidades} \times 8 \text{ horas.}$

= $4536 \text{ Unidades Monetarias.}$

4.- Carga de Roca.- El procedimiento general será - el cargado con cargador, ya que la roca está - suelta, la maquinaria usada es una pala mecánica marca Kink-Belt. Speeder Corp. de 1 Yd³ y ó - 2 Yd³. Debe considerarse que la pala es necesaria en un 10% del material, el otro 90% se cargará con cargador caterpillar 955 enllantado.

4.1 Rendimiento de la Pala.- Sabemos que el material a cargar es roca dinamitada, el ángulo de giro - de la pala en el banco es de 180°.

Opción 1.-

Concepto	Coefficiente
Rendimiento (giro 180°) roca dinamitada	72 pies cúbicos/h
Operador regular	0.75
Condiciones de obra mediana (Refacciones, camiones y admon.)	0.65

$$\text{Rendimiento total} = 72 \times 0.75 \times 0.65 = 35.10 \text{ Yd}^3/\text{hora}$$

$$1 \text{ Yd} = 0.9144 \text{ m}$$

$$1 \text{ Yd}^3 = (0.9144)^3 = 0.699 \text{ m}^3$$

$$\text{Rendimiento total} = 35.1 \text{ Yd}^3/\text{h} \times \frac{0.699 \text{ m}^3}{1 \text{ Yd}^3} = 24.53 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Por lo que es muy poco.

Opción 2. Pala de 2 Yd³

Concepto	Coefficiente
Rendimiento (giro 180° roca dinamitada)	133 Yd ³
Operador regular	0.75
Condiciones de obra (mediana) y administración	0.65
Rendimiento total = 133 x 0.75 x 0.65	= 64.83 Yd ³ /hora
	= 64.83 Yd ³ /h x $\frac{0.699 \text{ m}^3}{1 \text{ Yd}^3}$ = 45.31 m ³ / hora

$$\text{Rendimiento por día} = 45.31 \times 8 = 362.48 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\text{Rendimiento de pala de 2 Yd}^3 = 45.31 \text{ m}^3/\text{hora}$$

4.2 Rendimiento del cargador.- Consideremos que el cargador actúa en un 90% del volumen total de la roca.

Cálculo de ciclo del cargador. Caterpillar 990 C enllantado 4 m³.

Concepto	Coefficiente
-Factor de llenado	0.85
-Capacidad del cucharón 4 m ³	-
-Tipo de material dinamitado mediano	0.75
-Eficiencia	0.85

Cálculo del ciclo

$$\text{Ciclo básico} = 30 \text{ seg.} = 30 \text{ seg.}$$

Tiempo por ser material de banco = 2.2 seg.

Tiempo de acomodo de camiones = 2.2 seg.
= 34.4 seg.

Si 34.4 seg. = 0.57 min.

Ciclos por hora = $\frac{60 \text{ min.}}{0.57 \text{ min.}}$

Produccion por hora = 105.26 ciclos x 4 m³/ciclo x
0.75 x 0.95 = 228.25 m³/hora

Producción por día = 8 hs x 228.15 m³/hora
= 1825.20

Necesidades por día = 2251 m³/día

Producción total:

cargador	=	1825.20	
pala	=	362.48	
		<u>2187.68</u>	= 2251 m ³ /día

Por lo que sí pasa.

Costo de la carga de roca,

Duración (hrs) maquinaria c/hora (Unidad Monet.) Costo
Total

90x8= 720 hrs	Pala mec.	1.1	792.00
90x8= 720 hrs	Cargador	0.70	<u>504.00</u>
			1296.00

CALCULO DE LA CANTIDAD DE EXPLOSIVO

RESUMEN DE DATOS

Ø Perf.	Carga especif. kg/m ³	Perf. especif. m/m ³	Carga columna kg	Vol. perf. m ³	Long. perf. m	Tiempo de perf. hrs.
1.3/4"	0.47 kg/m ³	0.183 m/m ³	6.22 kg	54,600 m ³	9,882 m	5454.6 hrs.
3.00 "	0.30 kg/m ³	0.115 m/m ³	10.68 kg	150,000 m ³	17,250 m	17,250 m

Sabiendo del costo del kilo de explosivo = 0.66 unid/kg

El explosivo es Dynamex B 55 x 400.

Ø Perf	Carga especif. kg/m ³	Volumen (m ³)	Costo/kg	Costo unid/kg.
1 3/4"	0.47	54,000	0.06	1,522.80
3.00"	0.30	150,000	0.06	<u>2,700.00</u>
Costo total de explosivos:				4,222.80

4A.10

RESUMEN TOTAL DEL PROBLEMA

COSTO POR UNIDADES MONETARIAS

CONCEPTO	CANTIDADES
Costo total de carga (tepetate)	276.52
Costo total de acarreo (tepetate)	<u>923.60</u>
	SUMA 1,200.12
Costo total de perforación de roca	5,544.00
Costo total de explosivos (roca)	4,222.80
Costo por amontonamiento (roca)	576.00
Costo por acarreo de roca	4,536.00
Carga de roca (pala)	792.00
Carga de roca (cargador)	<u>504.00</u>
	16,174.80

COSTO TOTAL DE EXPLOTACION

17,374.92

C O N C L U S I O N

Al terminar el presente trabajo de Investigación y recopilación se ve que la explotación de materiales para la colocación de los mismos en presas de tierra y enrocamiento, es una área muy especializada donde se requiere también personal altamente capacitado para explotar este recurso de nuestra tierra y producir tanto material como lo necesitamos y que cumpla con las características hidráulicas, mecánicas preestablecidas, para las obras que permitan el desarrollo de nuestro País.

Cabe destacar que este trabajo se realizó con la finalidad de proporcionar a los estudiantes y profesores de la Ingeniería Civil, además de otras ramas afines, información sobre este tema que se encontraba dispersa y se recopiló de diferentes fuentes, pero de la misma manera se abunda en ciertos temas considerados como importantes debido a que no hay mucha información.

A continuación se dan algunas conclusiones fundamentales para la explotación de bancos de materiales para la colocación de los mismos en presas de tierra y enrocamiento.

- 1.- Es necesario que antes de empezar a trabajar sobre un banco, conocer la calidad y características de los productos que se van a obtener, que servirá para seleccionar los equipos necesarios.
- 2.- Más importante aún es conocer la calidad y características de los materiales que vamos a necesitar para así proceder al punto 1.
- 3.- El costo de la maquinaria y equipo en la actualidad se debe planear aún más ya que no siempre se va a comprar o rentar equipo y se utilizará el equipo disponible.

- 4.- En la explotación de roca se manejan explosivos por lo que aumenta el rendimiento, pero también aumenta el riesgo, por lo que es conveniente tomar las precauciones necesarias ya que mientras tengamos mejor personal para el manejo de explosivos mejores resultados tendremos.
- 5.- Es conveniente lograr un balance entre los costos de explotación, carga y acarreo de roca y otros materiales.

En este trabajo como última conclusión que en un trabajo de explotación de bancos de material, es muy conveniente realizar un buen trabajo de planeación ya que esto traerá como consecuencia menor dirección y control en todo el proceso.

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

- 1.- Autor: H. I. Nichols
Título: Movimiento de tierras
Traducción: Ing. Fernando Romero Ferrer
No. Edición: 5a.
País: México
Editorial: CECSA
Volumen: Unico
Año: 1976
Páginas: 111

- 2.- Autor: Rune Gustassof
Título: Técnica Sueca de Voladuras
Traducción: (No tiene por ser copias)
No. Edición: 5a.
País: México
Editorial: SPINORA
Año: 1976
Páginas: 1o y 2o capítulo.

- 3.- Autor: Centro de Educación Continua
Título: Apuntes de movimientos de Tierra.
No. Edición: 1980
País: México
Editorial: U N A M
Año: 1980
Páginas 600

- 4.- Autor: H. L. Peurifoy
Título: Métodos de Planeamiento y
Equipo de Construcción
Traducción: Jaime F. Sandoval.
No. Edición: 12a.
País: México
Editorial: DIANA
Año: 1978
Páginas: 597

- 5.- Autor: Caterpillar U.S.A.
Título: Caterpillar Performance Hand Book
Traducción: (Ingles).
No. Edición: 9
País: U.S.A.
Editorial: Caterpillar
Año: 1978
Páginas: 500
- 6.- Autor: Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
Título: Técnicas Modernas de Producción
de agregados.
No. Edición: 1980
País: México
Editorial: U.N.A.M.
Año: 1980
Páginas: 200
- 7.- Autor: H. L. Feurifoy
Título: Estimación de los costos en
Construcción
Traducción: Jaime F. Sandoval
No. Edición: 12a.
País: México
Editorial: DIANA
Año: 1980
Páginas: 600
- 8.- Autor: Facultad de Ingeniería
Título: Movimiento de tierras
No. Edición: 1982
País: México
Editorial: U.N.A.M.
Año: 1982
Páginas: 315
- 9.- Autor: Ricci F. Chacon
Título: Explosivos y Materiales
Traducción: Instituto Técnico de Ingeniería A.C.
Edición: 1982
País: México
Editorial: Instituto Técnico de Ingeniería A. C.
Año: 1982
Páginas: 158