



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

SOLUCION DEL PROBLEMA CORRESPONDIENTE

AL TALLER

Ing. Mauricio Jessurun Solomou

JUNIO, 1984.

PROBLEMA

1.- A PARTIR DE LOS DATOS DEL PROYECTO GEOMETRICO QUE SE MUESTRA, (PERFIL Y CURVA MASA), ANALICE LOS RENDIMIENTOS DE UN SISTEMA: TRACTOR-EMPUJADOR-MOTOESCREPA. -- CON EL PROPOSITO DE DETERMINAR LOS COSTOS UNITARIOS DIRECTOS DE EXCAVACION Y ACARREOS, EN FUNCION DE LOS SIGUIENTES DATOS:

- SE USARAN:

TRACTOR D8 Y MOTOESCREPAS TS-14B

- TRANSITARAN SOBRE UN CAMINO SIN REVESTIR.

- COEFICIENTE DE TRACCION = 0.45

- PESO DE LA MAQUINA EN LAS RUEDAS MOTRICES = 55%

- FACTOR DE VELOCIDAD = 0.65

- EFICIENCIA = 45 MIN/HORA.

- ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR = 800 M.

- TIEMPOS FIJOS = 1.5 MIN.

- EL MATERIAL ES UN LIMO ARCILLOSO CUYAS CARACTERÍSTICAS SON:

PESO VOLUMETRICO EN BANCO = 1640 KG/M³

PESO VOLUMETRICO SUELTO = 1260 KG/M³

- EN GENERAL LOS TERRAPLENES SE CONSTRUIRAN CON EL PRODUCTO DE LAS EXCAVACIONES, DE ACUERDO CON EL DIAGRAMA DE MASAS, EXCEPTO LOS INDICADOS CON (A) Y (B), PARA CUYOS CASOS SE TIENE LO SIGUIENTE:

PRESTAMO (A).- UBICADO EN UNA FRANJA DE 20 M. PARALELA AL EJE DEL CAMINO, A UNA DISTANCIA DE 40 A 60M., MEDIDA TRANSVERSALMENTE DESDE EL EJE DEL CAMINO.

PRESTAMO (B).- UBICADO EN UNA AREA DE 200 x 200 M., A 520 M. DE CENTRO DE EXTRACCION A CENTRO DEL TIRO.

- LOS PENDIENTES DE ACARREO SE INDICAN EN LA CURVA MASA.

- EL TIEMPO DEL CICLO DEL TRACTOR EMPUJADOR ES DE ---
2.3 MIN.

DETERMINE:

- A).- EL TIEMPO DEL CICLO DE LAS MOTOESCREPAS EN CADA UNO DE LOS TRAMOS.
- B).- EL CONJUNTO MOTOESCREPAS - TRACTOR OPTIMO.
- C).- EL COSTO PROMEDIO POR M³ EXCAVADO Y ACARREADO, --- MEDIDO EN BANCO.
- D).- EL EQUIPO REQUERIDO PARA REALIZAR EL TRABAJO EN 90 DIAS HABILES CON TURNOS DE 8 HORAS.

OLIN INTERNACIONAL S.A. de C.V.

*** COSTO HORARIO ***

CLIENTE.....
 OBRA.....
 CONCURSO No..

MOTOCREPA TEREX TS-14B

II DATOS GENERALES.

El Precio de Adquisición:	53,285,100.00	Fecha de Cotización.....	05/JUN/84
El Equipo Adicional:	0.00	Vida Económica (Ve).....	12000 Horas
El Valor Inicial (Va):	53,285,100.00	Horas Por Año (Ha).....	2000 Hr/Año
El Valor de Rescate (Vr) % 15.00	7,992,765.00	Motor DIESEL De	288.00 H.P.
El Tasa de Interés (i) % 64.00		Factor de Operación (Fo).....	0.85
El Prima de Seguros (s) % 6.00		Potencia de Operación.....	244.80 HP.op.
		Coefficiente de Almacenaje (K)...	3.00
		Factor de Mantenimiento (Q).....	80.00

I.- CARGOS FIJOS.

II.- CONSUMOS.

a) Depreciación	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	= \$ 3,774.36
b) Inversión	$I = \frac{Va + Vr}{2Ha}$	= \$ 9,804.45
c) Seguros	$S = \frac{Va + Vr}{2Ha}$	= \$ 919.16
d) Almacenaje	$A = K D$	= \$ 113.23
e) Mantenimiento	$M = Q D$	= \$ 3,019.48

a) Combustible	$E = a Pc$	DIESEL = \$ 30.00
	$E = 0.1514 \times 244.80 \text{ HP.op.} \times \$ 30.00 / \text{lt}$	$E = \$ 1,111.83$
b) Otras Fuentes de Energía:		
c) Lubricantes	$L = a Pe$	ACEITE = \$ 240.00
	Capacidad de Carter C= 29 Litros	
	Cambio de Aceite t= 100 Horas	
	$= C/t + 0.0035 \times 244.80 \text{ HP.op.} = 1.1448 \text{ lt/hr.}$	
	$L = 1.1448 \text{ lt/hr} \times \$ 240.00 / \text{lt}$	$L = \$ 274.75$

S U M A = \$ 17,630.68

d) Llantas	$LI = \frac{VLL (Valor Llantas)}{Hv (Vida Económica)}$	
	Hv= 2800 Horas	$LI = \$ 991.42$

III.- OPERACION

Salario del Operador	So= \$ 1,600.00	
Horas por Turno	Ht= 9	
a) Operación	$Op = \frac{So}{Fg \times Ht}$	= \$ 235.29
	S U M A = \$ 235.29	

e) Equipo Adicional de Consumo		
	Valor Equipo Adicional	
	$EQ = \frac{\text{Valor Equipo Adicional}}{\text{Vida Util Eq. Adicional}}$	$EQ = \$ 0.00$
	S U M A = \$ 2,378.05	

CARGOS FIJOS POR HORA.....	\$ 17,630.68
CONSUMOS POR HORA.....	\$ 2,378.05
OPERACION POR HORA.....	\$ 235.29
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA....	\$ 20,244.02

⑤
OLIN INTERNACIONAL, S.A. de C.V.

***** COSTO HORARIO *****

CLIENTE.....
OBRA.....
CONCURSO No..

TRACTOR CATERPILLAR D9-K

DATOS GENERALES.

ñ Precio de Adquisición:	42,360,100.00	Fecha de Cotización.....	05/JUN/84
ñ Equipo Adicional:	6,841,355.00	Vida Económica (Va).....	12000 Horas
ñ Valor Inicial (Va):	49,201,455.00	Horas Por Año (Ha).....	2000 Hr/Año
ñ Valor de Rescate (Vr) % 10.00	4,920,145.50	Motor DIESEL De	300.00 H.P.
ñ Tasa de Interés (i) % 64.00		Factor de Operación (Fo).....	0.80
ñ Prima de Seguros (s) % 6.00		Potencia de Operación (P).....	240.00 HP.op.
ñ		Coefficiente de Almacenaje (K)...	3.00
ñ		Factor de Mantenimiento (Q).....	100.00

I.- CARGOS FIJOS.

ñ			
ñ		Va - Vr	
ñ	a) Depreciación	D= $\frac{Va - Vr}{2Ha}$	= \$ 3,119.99
ñ			
ñ		Va + Vr	
ñ	b) Inversión	I= $\frac{Va + Vr}{2Ha}$	i = \$ 7,564.83
ñ			
ñ		Va + Vr	
ñ	c) Seguros	S= $\frac{Va + Vr}{2Ha}$	s = \$ 709.20
ñ			
ñ	d) Almacenaje	A= K D	= \$ 93.59
ñ	e) Mantenimiento	M= Q D	= \$ 3,119.99
ñ			
ñ		S U M A	= \$ 14,607.60

II.- CONSUMOS.

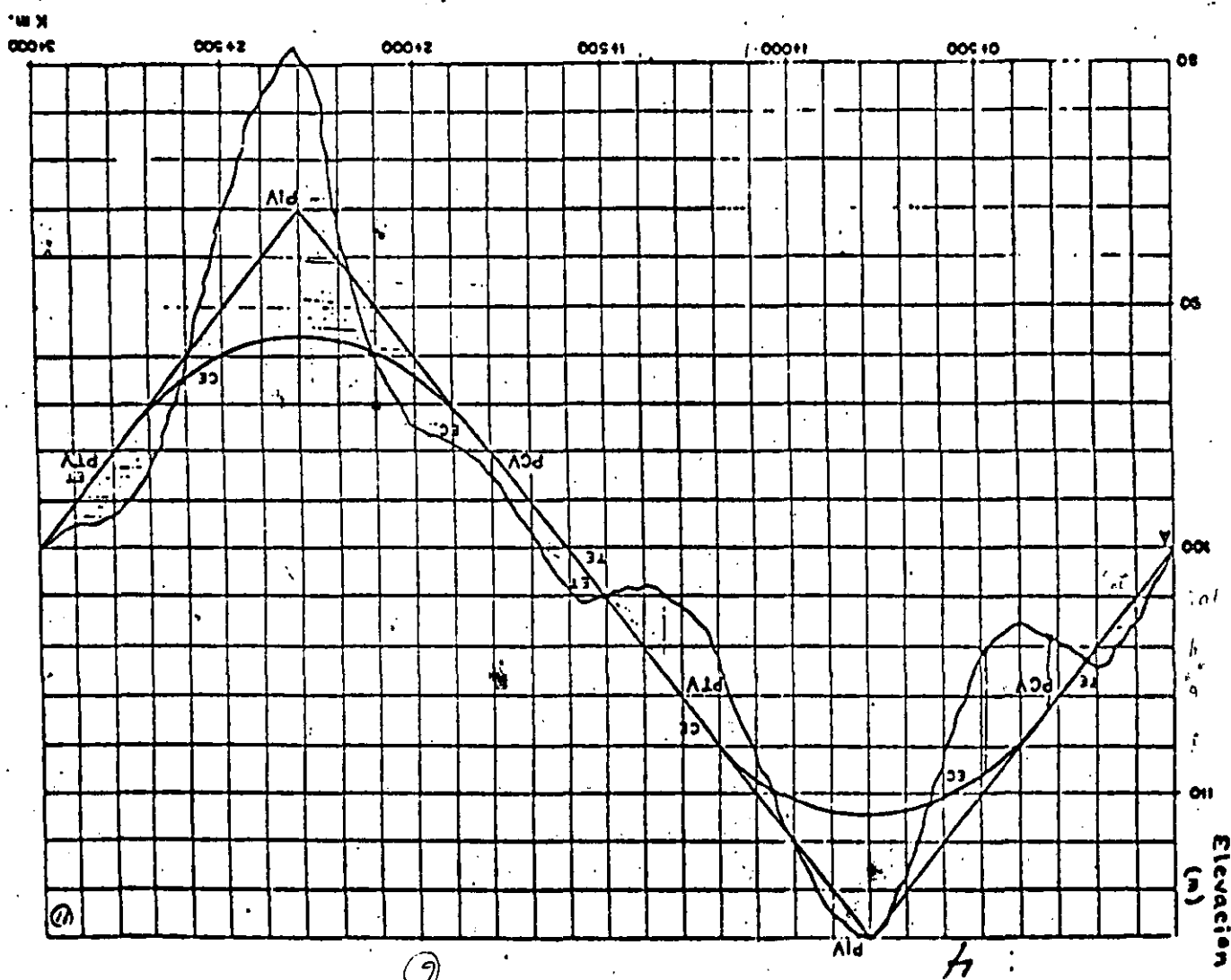
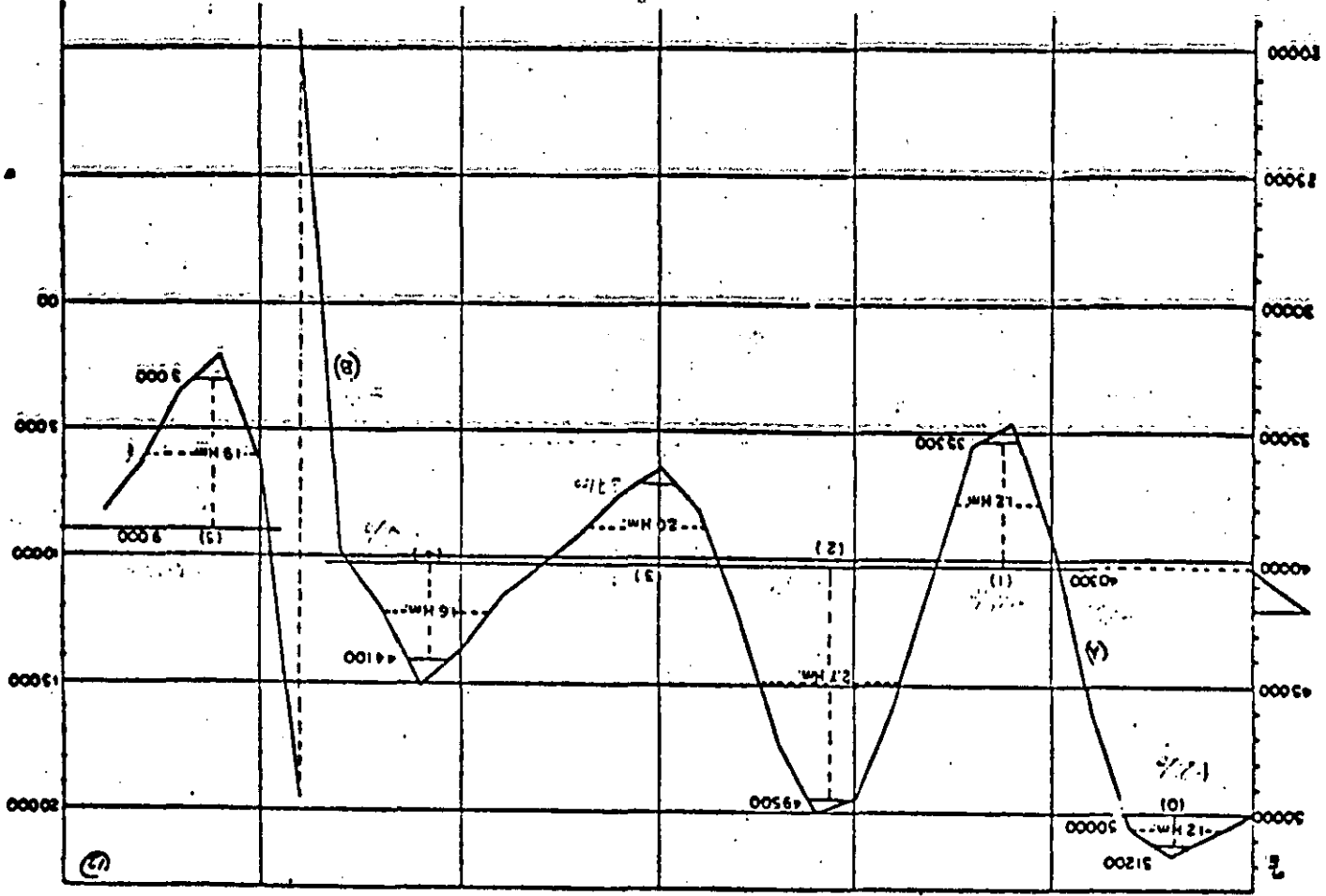
ñ			
ñ	a) Combustible	E= e P _e DIESEL	= \$ 30.00
ñ		E= 0.1514 x 240.00 HP.op. x \$ 30.00 /lt	E= \$ 1,090.07
ñ	b) Otras Fuentes de Energías:		
ñ	c) Lubricantes	L= a P _e ACEITE	= \$ 240.00
ñ		Capacidad de Carter C= 33 Litros	
ñ		Cambio de Aceite t= 100 Horas	
ñ		a= C/t + 0.0035 x 240.00 HP.op. = 1.1712 lt/hr.	
ñ		L= 1.1712 lt/hr x \$ 240.00 /lt	L= \$ 281.09
ñ			
ñ		VLL (Valor Llantas)	
ñ	d) Llantas	Li= $\frac{VLL}{Hv}$	
ñ		Hv= 0 Horas	Li= \$ 0.00

III.- OPERACION

ñ			
ñ	Salario del Operador	So= \$	1,600.00
ñ	Horas por Turno	Ht=	3
ñ		So	
ñ	a) Operación	Op= $\frac{So}{Fo \times Ht}$	= \$ 250.00
ñ			
ñ		S U M A	= \$ 250.00

ñ			
ñ	e) Equipo Adicional de Consumo		
ñ		Valor Equipo Adicional :	
ñ		EQ= $\frac{EQ}{Vida Util Eq. Adicional}$	EQ= \$ 955.16
ñ			
ñ		S U M A	= \$ 2,226.31

CARGOS FIJOS POR HORA.....	\$ 14,607.60
CONSUMOS POR HORA.....	\$ 2,226.31
OPERACION POR HORA.....	\$ 250.00
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA....	\$ 17,083.91



RESUMEN DE DATOS

TERRAPLEN	VOLUMEN SIELTO		DISTANCIA	PENDIENTE
(0)	$\frac{51,200 - 50,000}{0.77}$	= 1558	140 m.	+ 2%
(1)	$\frac{40,300 - 35,300}{0.77}$	= 6494	140 m.	- 3%
(2)	$\frac{49,500 - 40,300}{0.77}$	= 11,948	290 m.	- 3%
(3)	$\frac{40,300 - 37,100}{0.77}$	= 4156	220 m.	+ 2%
(4)	$\frac{44,100 - 40,300}{0.77}$	= 4935	180 m.	- 5%
(5)	$\frac{9,000 - 3,000}{0.77}$	= 7792	210 m.	- 6%
(6)	$\frac{50,000 - 40,300}{0.77}$	= 12597	50 m.	- 2%
(8)	$\frac{40,300 - 9,000}{0.77}$	= 40,649	520 m.	- 5%

VOLUMEN

TOTAL = 90,129 M3 SIELTOS.

VII.-

TIEMPO DE ACARREO.-

(1)

TRAMO	DISTANCIA	I D A		R E G R E S O	
		VEL.	TIEMPO	VEL.	TIEMPO
(0)	140 m	9.1	0.92	24	0.35
(1)	140	24	0.35	16.9	0.50
(2)	290	24	0.72	16.9	1.03
(3)	220	9.1	1.45	24.0	0.55
(4)	180	24	0.45	13.0	0.83
(5)	210	24	0.52	11.7	1.07
(A)	*200	18	0.67	17.6	0.68
(B)	520	24	1.30	13.0	2.40

VIII.-

TIEMPOS DE CICLO.-

TRAMO	DISTANCIA	T I E M P O S			
		FIJO	IDA	REGRESO	T O T A L
(0)	140	1.5	0.92	0.35	2.77
(1)	140	1.5	0.35	0.50	2.35
(2)	290	1.5	0.72	1.03	3.25
(3)	220	1.5	1.45	0.55	3.50
(4)	180	1.5	0.45	0.83	2.78
(5)	210	1.5	0.52	1.07	3.09
(A)	200	1.5	0.67	0.68	2.85
(B)	520	1.5	1.30	2.40	5.20

IX.-

ANALISIS DEL CONJUNTO

(12)

TRACTOR - MOTOESCROPAS.

Se utiliza tractor D8 con placa amortiguadora hasta para una velocidad de 8 Km/hr. y prácticamente no tiene pérdida durante el acomodo para empuje.

Las maniobras, impulso y retorno las realiza según datos observados en: 1.6 min. Buena Eficiencia

2.4 min. Regular Eficiencia

Tomaremos para nuestro ejemplo un ciclo del tractor igual a 2.3 min.

TRAMO	CICLO MOTOESCREPA	CICLO TRACTOR	DIF.	NUMERO MOTOESCROPAS
(0)	2.77	2.3	0.47	1.2
(1)	2.35	2.3	0.05	<u>1.0</u>
(2)	3.25	2.3	0.95	1.4
(3)	3.50	2.3	1.20	<u>1.5</u> x
(4)	2.78	2.3	0.48	1.2
(5)	3.09	2.3	0.79	1.3
(A)	2.85	2.3	0.55	1.2
(B)	5.20	2.3	0.60	2.2

X.- ANALISIS DE CICLOS OPTIMO Y MAS DESFAVORABLE.

COSTO HONORARIOS

Tractor -----

4.17083.91

Motoescropa ----

4.20244.02

Dados los costos honorarios analizados resulta mas conveniente tener tiempos de espera de tractor que de motoescropa.

En estas condiciones el ciclo correspondiente al tramo (3) es el que tendria mayor tiempo de espera de tractor y por lo tanto el más defavorable.

Por lo que respecta al ciclo correspondiente al tramo (1), es el que prácticamente no tiene tiempos de espera o demoras, por lo tanto es el óptimo.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS

NOTAS ADICIONALES

ING. JOSE PIÑA GARZA

JUNIO, 1984

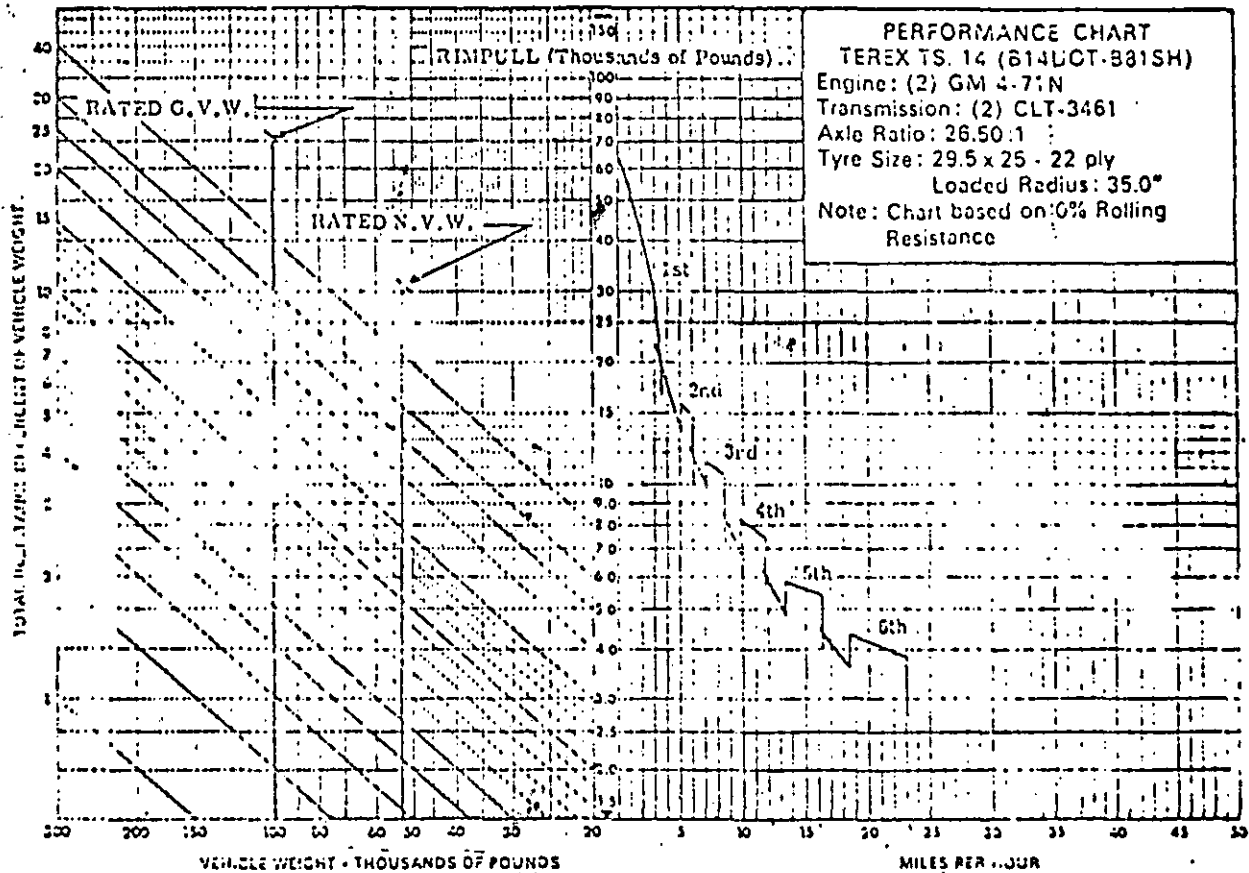
IV.- RESISTENCIA TOTAL (R.R ± R.P) P.T. (10)

TRAMO	IDA CARGADA	REGRESO VACIA
(0)	$(65 + 20) 42.9 = 3646.5$	$(65 - 20) 24 = 1080$
1	$(65 - 30) 42.9 = 1501.5$	$(65 + 30) 24 = 2280$
2	$(65 - 30) 42.9 = 1501.5$	$(65 + 30) 24 = 2280$
3	$(65 + 20) 42.9 = 3646.5$	$(65 - 20) 24 = 1080$
4	$(65 - 50) 42.9 = 643.5$	$(65 + 50) 24 = 2760$
5	$(65 - 60) 42.9 = 212.5$	$(65 + 60) 24 = 3000$
(A)	$(65 - 20) 42.9 = 1930.5$	$(65 + 20) 24 = 2040$
(B)	$(65 - 50) 42.9 = 643.5$	$(65 + 50) 24 = 2760$

V.- CORRECCION POR ALTITUD
NO HAY POR SER MENOR DE 1,500

VI.- VELOCIDAD NOMINAL X FACTOR VEL = VEL MEDIA

TRAMO	IDA CARGADA	REGRESO VACIA
(0)	$14 \times 0.65 = 9.1$	$37 \times 0.65 = 24.0$
(1)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$26 \times 0.65 = 16.9$
(2)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$26 \times 0.65 = 16.9$
(3)	$14 \times 0.65 = 9.1$	$37 \times 0.65 = 24.0$
(4)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$20 \times 0.65 = 13.0$
(5)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$18 \times 0.65 = 11.7$
(A)	$28 \times 0.65 = 18.2$	$27 \times 0.65 = 17.6$
(B)	$37 \times 0.65 = 24.0$	$20 \times 0.65 = 13.0$



INSTRUCTIONS:

1. FIND VEHICLE WEIGHT ON LOWER LEFT HORIZONTAL SCALE
2. READ UP TO SLANTED TOTAL RESISTANCE

3. FROM INTERSECTION READ HORIZONTALLY TO THE RIGHT TO INTERSECTION WITH PERFORMANCE OR RETARDER CURVE
4. READ DOWN FOR VEHICLE SPEED



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

I.- Peso de la máquina vacía = 24 toneladas

Peso de la máquina cargada = 24 + 15 m³ X 1.20 Ton/m³.

P. Maq. cargada = 42.9 Ton.

II.- Resistencia al rodamiento

Camino sin revestir - 7.5cm de penetración

$$15 \times \frac{7.5}{2.5} = 45 \text{ Kg por tonelada.}$$

Fricciones internas = 20 Kg por tonelada

Resistencia al Rodamiento = 45 + 20

$$RR = 65 \text{ Kg X Ton.}$$

III.- Resistencia por pendiente

10 Kg por tonelada por 1%

<u>TRAMO</u>	<u>IDA</u>	<u>REGRESO</u>
(0)	+ 2 x 10 = 20	- 2 x 10 = - 20
(1)	- 3 x 10 = -30	+ 3 x 10 = 30
(2)	- 3 x 10 = -30	+ 3 x 10 = 30
(3)	+ 2 x 10 = 20	- 2 x 10 = 20
(4)	- 5 x 10 = -50	5 x 10 = 50
(5)	- 6 x 10 = -60	+ 6 x 10 = 60
(A)	- 2 x 10 = -20	+ 2 x 10 = 20
(B)	- 5 x 10 = -50	+ 5 x 10 = 50

MES	CAPITAL INCIAL	PRCTJE INV EQP	CAPITAL INV EQP	INTRSES INV EQP	INTRSES ING ANT	ACUM DE ING ESP	TARIFA INVERSN	INTRSES TRF COB	ACM ING TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000						
1	1.0234	0.9822	1.0101	0.0048	0.0000	0.0048	0.0055	0.0000	0.0055
2	1.0577	0.9644	1.0200	0.0048	0.0001	0.0093	0.0055	0.0001	0.0112
3	1.0878	0.9466	1.0297	0.0049	0.0003	0.0150	0.0055	0.0003	0.0171
4	1.1187	0.9288	1.0390	0.0049	0.0005	0.0205	0.0055	0.0005	0.0232
5	1.1505	0.9114	1.0486	0.0050	0.0006	0.0262	0.0060	0.0007	0.0300
6	1.1832	0.8941	1.0579	0.0050	0.0008	0.0321	0.0060	0.0009	0.0371
7	1.2169	0.8767	1.0668	0.0050	0.0010	0.0383	0.0060	0.0012	0.0443
8	1.2515	0.8594	1.0755	0.0051	0.0012	0.0447	0.0060	0.0014	0.0519
9	1.2871	0.8424	1.0843	0.0051	0.0014	0.0513	0.0065	0.0017	0.0602
10	1.3236	0.8255	1.0927	0.0052	0.0017	0.0583	0.0065	0.0020	0.0688
11	1.3613	0.8086	1.1007	0.0052	0.0019	0.0655	0.0065	0.0022	0.0776
12	1.4000	0.7917	1.1083	0.0052	0.0021	0.0729	0.0065	0.0025	0.0868
							0.0726	0.0363	0.0505
13	1.4398	0.7752	1.1161	0.0053	0.0024	0.0807	0.0071	0.0016	0.0593
14	1.4808	0.7587	1.1234	0.0053	0.0026	0.0887	0.0071	0.0019	0.0685
15	1.5229	0.7422	1.1302	0.0053	0.0029	0.0971	0.0071	0.0022	0.0779
16	1.5662	0.7257	1.1365	0.0054	0.0032	0.1058	0.0071	0.0025	0.0877
17	1.6107	0.7096	1.1429	0.0054	0.0035	0.1147	0.0078	0.0029	0.0985
18	1.6565	0.6935	1.1488	0.0054	0.0038	0.1240	0.0078	0.0032	0.1096
19	1.7036	0.6774	1.1540	0.0055	0.0041	0.1337	0.0078	0.0036	0.1211
20	1.7520	0.6613	1.1587	0.0055	0.0044	0.1436	0.0078	0.0040	0.1330
21	1.8019	0.6456	1.1634	0.0055	0.0047	0.1539	0.0085	0.0044	0.1459
22	1.8531	0.6300	1.1674	0.0055	0.0051	0.1646	0.0085	0.0048	0.1593
23	1.9058	0.6143	1.1707	0.0055	0.0054	0.1757	0.0085	0.0052	0.1731
24	1.9600	0.5986	1.1732	0.0056	0.0058	0.1871	0.0085	0.0057	0.1874
							0.0942	0.0471	0.1403
25	2.0157	0.5833	1.1758	0.0056	0.0062	0.1989	0.0093	0.0046	0.1543
26	2.0730	0.5680	1.1775	0.0056	0.0066	0.2112	0.0093	0.0051	0.1687
27	2.1320	0.5527	1.1784	0.0056	0.0070	0.2238	0.0093	0.0056	0.1837
28	2.1926	0.5374	1.1783	0.0056	0.0074	0.2369	0.0093	0.0060	0.1991
29	2.2550	0.5225	1.1782	0.0056	0.0078	0.2504	0.0101	0.0066	0.2159
30	2.3191	0.5076	1.1772	0.0056	0.0083	0.2643	0.0101	0.0071	0.2332
31	2.3850	0.4927	1.1751	0.0056	0.0087	0.2787	0.0101	0.0077	0.2511
32	2.4529	0.4778	1.1719	0.0055	0.0092	0.2935	0.0101	0.0083	0.2696
33	2.5226	0.4632	1.1686	0.0055	0.0097	0.3089	0.0110	0.0089	0.2896
34	2.5943	0.4487	1.1641	0.0055	0.0102	0.3247	0.0110	0.0096	0.3104
35	2.6681	0.4342	1.1584	0.0055	0.0107	0.3410	0.0110	0.0103	0.3318
36	2.7440	0.4196	1.1514	0.0054	0.0113	0.3578	0.0110	0.0110	0.3539
							0.1223	0.0611	0.2927
37	2.8220	0.4054	1.1442	0.0054	0.0118	0.3751	0.0121	0.0097	0.3145
38	2.9023	0.3913	1.1356	0.0054	0.0124	0.3930	0.0121	0.0104	0.3371
39	2.9848	0.3771	1.1256	0.0053	0.0130	0.4115	0.0121	0.0111	0.3604
40	3.0697	0.3629	1.1141	0.0053	0.0136	0.4304	0.0121	0.0119	0.3844
41	3.1570	0.3491	1.1021	0.0052	0.0142	0.4500	0.0131	0.0127	0.4104
42	3.2467	0.3353	1.0886	0.0051	0.0149	0.4701	0.0131	0.0136	0.4372
43	3.3391	0.3215	1.0734	0.0051	0.0156	0.4909	0.0131	0.0145	0.4649
44	3.4340	0.3076	1.0564	0.0050	0.0163	0.5122	0.0131	0.0154	0.4935
45	3.5317	0.2942	1.0389	0.0049	0.0170	0.5342	0.0143	0.0163	0.5243
46	3.6321	0.2807	1.0195	0.0048	0.0177	0.5568	0.0143	0.0174	0.5561
47	3.7354	0.2672	0.9982	0.0047	0.0184	0.5800	0.0143	0.0184	0.5890
48	3.8416	0.2537	0.9748	0.0046	0.0192	0.6040	0.0143	0.0195	0.6229
							0.1587	0.0793	0.5436
49	3.9508	0.2406	0.9506	0.0045	0.0200	0.6286	0.0156	0.0180	0.5773
50	4.0632	0.2275	0.9242	0.0044	0.0208	0.6538	0.0156	0.0191	0.6122
51	4.1787	0.2143	0.8956	0.0042	0.0217	0.6798	0.0156	0.0203	0.6482
52	4.2975	0.2012	0.8646	0.0041	0.0225	0.7065	0.0156	0.0215	0.6854
53	4.4197	0.1884	0.8326	0.0039	0.0234	0.7340	0.0171	0.0227	0.7253
54	4.5454	0.1756	0.7981	0.0038	0.0243	0.7622	0.0171	0.0240	0.7665
55	4.6747	0.1628	0.7609	0.0036	0.0253	0.7911	0.0171	0.0254	0.8091
56	4.8076	0.1500	0.7209	0.0034	0.0262	0.8208	0.0171	0.0268	0.8531
57	4.9443	0.1375	0.6797	0.0032	0.0272	0.8513	0.0186	0.0283	0.9001
58	5.0849	0.1250	0.6355	0.0030	0.0282	0.8826	0.0186	0.0298	0.9486
59	5.2295	0.1125	0.5883	0.0028	0.0293	0.9147	0.0186	0.0315	0.9988
60	5.3782	0.1000	0.5378	0.0025	0.0303	0.9477	0.0196	0.0331	1.0507
							0.2059	0.1030	0.9477

MES	CAPYL+ INTSES	INTRSES ACUMS	CAPITAL INICIAL	RENTA BASE	FACTOR REDUC	RENTA AJUSTDA	INTRSES RTS COB	INGRSOS DEL MES	ACUM DE INGRSOS
0	1.0000		1.0000						
1	1.0046	0.0046	1.0030	0.0300	1.0000	0.0300	0.0000	0.0300	0.0300
2	1.0093	0.0093	1.0000	0.0292	1.0000	0.0292	0.0009	0.0302	0.0594
3	1.0140	0.0139	1.0000	0.0284	1.0000	0.0284	0.0019	0.0303	0.0881
4	1.0187	0.0187	1.0000	0.0276	1.0000	0.0276	0.0028	0.0304	0.1162
5	1.0234	0.0234	1.0000	0.0300	0.9750	0.0293	0.0037	0.0330	0.1460
6	1.0282	0.0281	1.0000	0.0292	0.9750	0.0285	0.0047	0.0332	0.1752
7	1.0329	0.0329	1.0000	0.0284	0.9750	0.0277	0.0056	0.0333	0.2037
8	1.0377	0.0377	1.0000	0.0276	0.9750	0.0269	0.0065	0.0335	0.2316
9	1.0426	0.0425	1.0000	0.0300	0.9506	0.0285	0.0074	0.0360	0.2612
10	1.0474	0.0474	1.0000	0.0292	0.9506	0.0277	0.0084	0.0362	0.2902
11	1.0523	0.0522	1.0000	0.0284	0.9506	0.0270	0.0093	0.0363	0.3186
12	1.0571	0.0571	1.0000	0.0276	0.9506	0.0262	0.0102	0.0365	0.3463
				0.2000	1.0000	0.2397	0.1429	0.0734	0.2729
13	1.0621	0.0620	1.0000	0.0300	0.9269	0.0279	0.0088	0.0366	0.3020
14	1.0670	0.0669	1.0000	0.0292	0.9269	0.0270	0.0097	0.0368	0.3305
15	1.0719	0.0719	1.0000	0.0284	0.9269	0.0263	0.0106	0.0370	0.3584
16	1.0769	0.0769	1.0000	0.0276	0.9269	0.0256	0.0115	0.0371	0.3857
17	1.0819	0.0819	1.0000	0.0300	0.9037	0.0271	0.0124	0.0396	0.4146
18	1.0869	0.0869	1.0000	0.0292	0.9037	0.0264	0.0133	0.0398	0.4430
19	1.0920	0.0919	1.0000	0.0284	0.9037	0.0256	0.0143	0.0399	0.4707
20	1.0970	0.0970	1.0000	0.0276	0.9037	0.0249	0.0152	0.0401	0.4979
21	1.1021	0.1021	1.0000	0.0300	0.8811	0.0264	0.0160	0.0425	0.5267
22	1.1073	0.1073	1.0000	0.0292	0.8811	0.0257	0.0170	0.0427	0.5548
23	1.1124	0.1124	1.0000	0.0284	0.8811	0.0250	0.0179	0.0429	0.5825
24	1.1176	0.1176	1.0000	0.0276	0.8811	0.0243	0.0188	0.0431	0.6095
				0.2000	1.0000	0.2685	0.1020	0.0832	0.5263
25	1.1227	0.1227	1.0000	0.0300	0.8591	0.0258	0.0169	0.0428	0.5545
26	1.1280	0.1280	1.0000	0.0292	0.8591	0.0251	0.0179	0.0430	0.5822
27	1.1332	0.1332	1.0000	0.0284	0.8591	0.0244	0.0188	0.0432	0.6093
28	1.1384	0.1384	1.0000	0.0276	0.8591	0.0237	0.0196	0.0434	0.6359
29	1.1437	0.1437	1.0000	0.0300	0.8376	0.0251	0.0205	0.0457	0.6640
30	1.1490	0.1490	1.0000	0.0292	0.8376	0.0244	0.0214	0.0459	0.6916
31	1.1544	0.1544	1.0000	0.0284	0.8376	0.0238	0.0223	0.0461	0.7186
32	1.1597	0.1597	1.0000	0.0276	0.8376	0.0231	0.0232	0.0463	0.7451
33	1.1651	0.1651	1.0000	0.0300	0.8167	0.0245	0.0240	0.0486	0.7731
34	1.1705	0.1705	1.0000	0.0292	0.8167	0.0238	0.0249	0.0488	0.8005
35	1.1760	0.1760	1.0000	0.0284	0.8167	0.0232	0.0258	0.0490	0.8275
36	1.1814	0.1814	1.0000	0.0276	0.8167	0.0225	0.0267	0.0492	0.8539
				0.2000	1.0000	0.2489	0.0728	0.0880	0.7659
37	1.1869	0.1869	1.0000	0.0300	0.7962	0.0239	0.0247	0.0486	0.7934
38	1.1924	0.1924	1.0000	0.0292	0.7962	0.0232	0.0256	0.0488	0.8203
39	1.1979	0.1979	1.0000	0.0284	0.7962	0.0226	0.0264	0.0491	0.8467
40	1.2035	0.2035	1.0000	0.0276	0.7962	0.0220	0.0273	0.0493	0.8727
41	1.2091	0.2091	1.0000	0.0300	0.7763	0.0233	0.0281	0.0515	0.9001
42	1.2147	0.2147	1.0000	0.0292	0.7763	0.0226	0.0290	0.0517	0.9269
43	1.2203	0.2203	1.0000	0.0284	0.7763	0.0220	0.0299	0.0519	0.9533
44	1.2260	0.2260	1.0000	0.0276	0.7763	0.0214	0.0307	0.0522	0.9792
45	1.2317	0.2317	1.0000	0.0300	0.7569	0.0227	0.0316	0.0543	1.0065
46	1.2374	0.2374	1.0000	0.0292	0.7569	0.0221	0.0325	0.0546	1.0333
47	1.2432	0.2432	1.0000	0.0284	0.7569	0.0215	0.0333	0.0548	1.0596
48	1.2489	0.2489	1.0000	0.0276	0.7569	0.0209	0.0342	0.0551	1.0854
				0.2000	1.0000	0.2307	0.0520	0.0393	0.9961
49	1.2547	0.2547	1.0000	0.0300	0.7380	0.0221	0.0321	0.0543	1.0229
50	1.2605	0.2605	1.0000	0.0292	0.7380	0.0215	0.0330	0.0546	1.0492
51	1.2664	0.2664	1.0000	0.0284	0.7380	0.0209	0.0338	0.0548	1.0751
52	1.2723	0.2723	1.0000	0.0276	0.7380	0.0203	0.0347	0.0551	1.1004
53	1.2782	0.2782	1.0000	0.0300	0.7195	0.0216	0.0355	0.0571	1.1272
54	1.2841	0.2841	1.0000	0.0292	0.7195	0.0210	0.0364	0.0574	1.1534
55	1.2901	0.2901	1.0000	0.0284	0.7195	0.0204	0.0372	0.0576	1.1792
56	1.2961	0.2961	1.0000	0.0276	0.7195	0.0198	0.0380	0.0579	1.2046
57	1.3021	0.3021	1.0000	0.0300	0.7016	0.0210	0.0389	0.0599	1.2313
58	1.3081	0.3081	1.0000	0.0292	0.7016	0.0205	0.0397	0.0602	1.2575
59	1.3142	0.3142	1.0000	0.0284	0.7016	0.0199	0.0406	0.0605	1.2833
60	1.3203	0.3203	1.0000	0.0276	0.7016	0.0193	0.0414	0.0608	1.3086
				0.2000	1.0000	0.2138	0.0371	0.0883	1.2203
									0.1000
									1.3203

MES	CAPITAL INCIAL	PRCTJE INV EQP	CAPITAL INV EQP	INTRSES INV EQP	INTRSES ING ANT	ACUM DE ING ESP	TARIFA INVERSN	INTRSES TRF COB	ACM ING TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000						
1	1.0000	0.9822	0.9822	0.0046	0.0000	0.0046	0.0053	0.0000	0.0053
2	1.0000	0.9644	0.9644	0.0046	0.0001	0.0093	0.0052	0.0001	0.0106
3	1.0000	0.9466	0.9466	0.0045	0.0003	0.0138	0.0050	0.0003	0.0157
4	1.0000	0.9288	0.9288	0.0044	0.0004	0.0183	0.0049	0.0005	0.0208
5	1.0000	0.9114	0.9114	0.0043	0.0005	0.0228	0.0052	0.0006	0.0261
6	1.0000	0.8941	0.8941	0.0042	0.0007	0.0271	0.0051	0.0008	0.0313
7	1.0000	0.8767	0.8767	0.0041	0.0008	0.0315	0.0049	0.0010	0.0364
8	1.0000	0.8594	0.8594	0.0041	0.0010	0.0357	0.0048	0.0011	0.0414
9	1.0000	0.8424	0.8424	0.0040	0.0011	0.0399	0.0051	0.0013	0.0467
10	1.0000	0.8255	0.8255	0.0039	0.0012	0.0440	0.0049	0.0015	0.0519
11	1.0000	0.8086	0.8086	0.0038	0.0014	0.0481	0.0048	0.0016	0.0570
12	1.0000	0.7917	0.7917	0.0037	0.0015	0.0521	0.0047	0.0018	0.0620
							0.0518	0.0259	0.0360
13	1.0000	0.7752	0.7752	0.0037	0.0016	0.0560	0.0049	0.0011	0.0412
14	1.0000	0.7587	0.7587	0.0036	0.0018	0.0599	0.0048	0.0013	0.0462
15	1.0000	0.7422	0.7422	0.0035	0.0019	0.0637	0.0047	0.0014	0.0512
16	1.0000	0.7257	0.7257	0.0034	0.0020	0.0675	0.0045	0.0015	0.0560
17	1.0000	0.7096	0.7096	0.0033	0.0021	0.0712	0.0048	0.0018	0.0611
18	1.0000	0.6935	0.6935	0.0033	0.0023	0.0748	0.0047	0.0019	0.0661
19	1.0000	0.6774	0.6774	0.0032	0.0024	0.0784	0.0045	0.0021	0.0710
20	1.0000	0.6613	0.6613	0.0031	0.0025	0.0819	0.0044	0.0022	0.0759
21	1.0000	0.6456	0.6456	0.0030	0.0026	0.0854	0.0047	0.0024	0.0809
22	1.0000	0.6300	0.6300	0.0030	0.0027	0.0888	0.0046	0.0026	0.0859
23	1.0000	0.6143	0.6143	0.0029	0.0028	0.0921	0.0044	0.0027	0.0909
24	1.0000	0.5986	0.5986	0.0028	0.0029	0.0954	0.0043	0.0029	0.0956
							0.0480	0.0240	0.0715
25	1.0000	0.5833	0.5833	0.0027	0.0030	0.0987	0.0046	0.0023	0.0765
26	1.0000	0.5680	0.5680	0.0027	0.0031	0.1019	0.0044	0.0024	0.0813
27	1.0000	0.5527	0.5527	0.0026	0.0032	0.1050	0.0043	0.0026	0.0861
28	1.0000	0.5374	0.5374	0.0025	0.0033	0.1080	0.0042	0.0027	0.0907
29	1.0000	0.5225	0.5225	0.0024	0.0034	0.1110	0.0045	0.0029	0.0957
30	1.0000	0.5076	0.5076	0.0024	0.0035	0.1140	0.0043	0.0030	0.1006
31	1.0000	0.4927	0.4927	0.0023	0.0036	0.1168	0.0042	0.0032	0.1053
32	1.0000	0.4778	0.4778	0.0022	0.0037	0.1197	0.0041	0.0034	0.1099
33	1.0000	0.4632	0.4632	0.0022	0.0038	0.1224	0.0043	0.0035	0.1148
34	1.0000	0.4487	0.4487	0.0021	0.0039	0.1251	0.0042	0.0037	0.1196
35	1.0000	0.4342	0.4342	0.0020	0.0040	0.1278	0.0041	0.0038	0.1243
36	1.0000	0.4196	0.4196	0.0020	0.0041	0.1304	0.0040	0.0040	0.1290
							0.0445	0.0222	0.1067
37	1.0000	0.4054	0.4054	0.0019	0.0042	0.1329	0.0042	0.0034	0.1115
38	1.0000	0.3913	0.3913	0.0018	0.0042	0.1354	0.0041	0.0035	0.1161
39	1.0000	0.3771	0.3771	0.0018	0.0043	0.1378	0.0040	0.0037	0.1207
40	1.0000	0.3629	0.3629	0.0017	0.0044	0.1402	0.0039	0.0038	0.1252
41	1.0000	0.3491	0.3491	0.0016	0.0045	0.1425	0.0041	0.0040	0.1300
42	1.0000	0.3353	0.3353	0.0016	0.0046	0.1448	0.0040	0.0041	0.1347
43	1.0000	0.3215	0.3215	0.0015	0.0046	0.1470	0.0039	0.0043	0.1392
44	1.0000	0.3076	0.3076	0.0014	0.0047	0.1492	0.0038	0.0044	0.1437
45	1.0000	0.2942	0.2942	0.0014	0.0048	0.1513	0.0040	0.0046	0.1485
46	1.0000	0.2807	0.2807	0.0013	0.0048	0.1533	0.0039	0.0047	0.1531
47	1.0000	0.2672	0.2672	0.0012	0.0049	0.1553	0.0038	0.0049	0.1577
48	1.0000	0.2537	0.2537	0.0012	0.0050	0.1572	0.0037	0.0050	0.1622
							0.0413	0.0206	0.1415
49	1.0000	0.2406	0.2406	0.0011	0.0050	0.1591	0.0039	0.0045	0.1461
50	1.0000	0.2275	0.2275	0.0010	0.0051	0.1609	0.0038	0.0047	0.1507
51	1.0000	0.2143	0.2143	0.0010	0.0051	0.1627	0.0037	0.0048	0.1551
52	1.0000	0.2012	0.2012	0.0009	0.0052	0.1644	0.0036	0.0050	0.1595
53	1.0000	0.1884	0.1884	0.0008	0.0053	0.1661	0.0038	0.0051	0.1641
54	1.0000	0.1756	0.1756	0.0008	0.0053	0.1677	0.0037	0.0052	0.1686
55	1.0000	0.1628	0.1628	0.0007	0.0054	0.1692	0.0036	0.0054	0.1731
56	1.0000	0.1500	0.1500	0.0007	0.0054	0.1707	0.0035	0.0055	0.1774
57	1.0000	0.1375	0.1375	0.0006	0.0055	0.1722	0.0037	0.0057	0.1820
58	1.0000	0.1250	0.1250	0.0005	0.0055	0.1736	0.0036	0.0058	0.1866
59	1.0000	0.1125	0.1125	0.0005	0.0056	0.1749	0.0035	0.0060	0.1910
60	1.0000	0.1000	0.1000	0.0004	0.0056	0.1762	0.0034	0.0061	0.1954
							0.0382	0.0191	0.1762

MES	CAPTL+ INTSES	INTRSES ACUMS	CAPITAL INICIAL	RENTA BASE	FACTOR REDUC	RENTA AJUSTADA	INTRSES RTS COB	INGRSOS DEL MES	ACUM DE INGRSOS
0	1.0000		1.0000						
1	1.0332	0.0047	1.0284	0.0267	1.0000	0.0267	0.0000	0.0267	0.0267
2	1.0675	0.0098	1.0577	0.0267	1.0000	0.0267	0.0000	0.0276	0.0544
3	1.1030	0.0152	1.0878	0.0267	1.0000	0.0267	0.0018	0.0286	0.0830
4	1.1396	0.0209	1.1187	0.0267	1.0000	0.0267	0.0027	0.0295	0.1126
5	1.1774	0.0269	1.1505	0.0299	0.9750	0.0292	0.0037	0.0329	0.1456
6	1.2166	0.0333	1.1832	0.0299	0.9750	0.0292	0.0043	0.0340	0.1796
7	1.2570	0.0400	1.2169	0.0299	0.9750	0.0292	0.0059	0.0351	0.2148
8	1.2987	0.0472	1.2515	0.0299	0.9750	0.0292	0.0071	0.0363	0.2512
9	1.3418	0.0547	1.2871	0.0335	0.9506	0.0318	0.0083	0.0402	0.2914
10	1.3854	0.0627	1.3236	0.0335	0.9506	0.0318	0.0096	0.0415	0.3329
11	1.4324	0.0711	1.3613	0.0335	0.9506	0.0318	0.0110	0.0429	0.3759
12	1.4800	0.0800	1.4000	0.0335	0.9506	0.0318	0.0124	0.0443	0.4202
				0.2000	1.2000	0.3515	0.2400	0.0557	0.3645
13	1.5292	0.0893	1.4393	0.0375	0.9269	0.0347	0.0121	0.0468	0.4113
14	1.5799	0.0991	1.4808	0.0375	0.9269	0.0347	0.0136	0.0484	0.4597
15	1.6324	0.1095	1.5229	0.0375	0.9269	0.0347	0.0152	0.0500	0.5098
16	1.6866	0.1205	1.5662	0.0375	0.9269	0.0347	0.0169	0.0516	0.5615
17	1.7426	0.1319	1.6107	0.0419	0.9037	0.0379	0.0186	0.0565	0.6180
18	1.8005	0.1440	1.6565	0.0419	0.9037	0.0379	0.0205	0.0584	0.6765
19	1.8603	0.1567	1.7036	0.0419	0.9037	0.0379	0.0224	0.0603	0.7368
20	1.9221	0.1700	1.7520	0.0419	0.9037	0.0379	0.0244	0.0623	0.7992
21	1.9859	0.1840	1.8019	0.0469	0.8811	0.0413	0.0265	0.0679	0.8671
22	2.0519	0.1987	1.8531	0.0469	0.8811	0.0413	0.0288	0.0701	0.9373
23	2.1200	0.2142	1.9058	0.0469	0.8811	0.0413	0.0311	0.0724	1.0098
24	2.1904	0.2304	1.9600	0.0469	0.8811	0.0413	0.0335	0.0748	1.0847
				0.2000	1.4400	0.4561	0.2880	0.0840	1.0006
25	2.2631	0.2474	2.0157	0.0525	0.8591	0.0451	0.0332	0.0783	1.0789
26	2.3383	0.2653	2.0730	0.0525	0.8591	0.0451	0.0358	0.0809	1.1599
27	2.4160	0.2840	2.1326	0.0525	0.8591	0.0451	0.0385	0.0836	1.2435
28	2.4962	0.3036	2.1926	0.0525	0.8591	0.0451	0.0413	0.0864	1.3299
29	2.5791	0.3241	2.2550	0.0587	0.8376	0.0492	0.0441	0.0933	1.4233
30	2.6647	0.3456	2.3191	0.0587	0.8376	0.0492	0.0472	0.0964	1.5197
31	2.7532	0.3682	2.3850	0.0587	0.8376	0.0492	0.0504	0.0996	1.6194
32	2.8447	0.3918	2.4529	0.0587	0.8376	0.0492	0.0537	0.1030	1.7224
33	2.9391	0.4165	2.5226	0.0657	0.8167	0.0536	0.0572	0.1109	1.8332
34	3.0367	0.4424	2.5943	0.0657	0.8167	0.0536	0.0608	0.1145	1.9478
35	3.1376	0.4695	2.6681	0.0657	0.8167	0.0536	0.0646	0.1183	2.0661
36	3.2418	0.4978	2.7440	0.0657	0.8167	0.0536	0.0686	0.1223	2.1884
				0.2000	1.7280	0.5919	0.3456	0.1231	2.0653
37	3.3495	0.5274	2.8220	0.0735	0.7962	0.0585	0.0685	0.1271	2.1924
38	3.4607	0.5584	2.9023	0.0735	0.7962	0.0585	0.0728	0.1313	2.3237
39	3.5756	0.5908	2.9848	0.0735	0.7962	0.0585	0.0771	0.1357	2.4594
40	3.6944	0.6247	3.0697	0.0735	0.7962	0.0585	0.0816	0.1402	2.5996
41	3.8170	0.6601	3.1570	0.0822	0.7763	0.0638	0.0863	0.1502	2.7498
42	3.9438	0.6971	3.2467	0.0822	0.7763	0.0638	0.0913	0.1552	2.9050
43	4.0748	0.7357	3.3391	0.0822	0.7763	0.0638	0.0964	0.1603	3.0653
44	4.2101	0.7761	3.4340	0.0822	0.7763	0.0638	0.1018	0.1656	3.2309
45	4.3499	0.8183	3.5317	0.0920	0.7569	0.0696	0.1073	0.1769	3.4079
46	4.4944	0.8623	3.6321	0.0920	0.7569	0.0696	0.1132	0.1828	3.5907
47	4.6436	0.9083	3.7354	0.0920	0.7569	0.0696	0.1192	0.1889	3.7796
48	4.7979	0.9563	3.8416	0.0920	0.7569	0.0696	0.1255	0.1952	3.9747
				0.2000	2.0736	0.7680	0.4147	0.1767	3.7980
49	4.9572	1.0064	3.9508	0.1029	0.7380	0.0759	0.1261	0.2021	4.0001
50	5.1218	1.0587	4.0632	0.1029	0.7380	0.0759	0.1328	0.2088	4.2089
51	5.2919	1.1132	4.1787	0.1029	0.7380	0.0759	0.1398	0.2157	4.4247
52	5.4677	1.1701	4.2975	0.1029	0.7380	0.0759	0.1469	0.2229	4.6475
53	5.6492	1.2295	4.4197	0.1151	0.7195	0.0828	0.1543	0.2372	4.8847
54	5.8368	1.2914	4.5454	0.1151	0.7195	0.0828	0.1622	0.2451	5.1298
55	6.0307	1.3560	4.6747	0.1151	0.7195	0.0828	0.1704	0.2532	5.3830
56	6.2310	1.4234	4.8076	0.1151	0.7195	0.0828	0.1788	0.2616	5.6446
57	6.4379	1.4936	4.9443	0.1288	0.7016	0.0903	0.1875	0.2778	5.9224
58	6.6517	1.5668	5.0849	0.1288	0.7016	0.0903	0.1967	0.2870	6.2095
59	6.8726	1.6431	5.2295	0.1288	0.7016	0.0903	0.2062	0.2966	6.5060
60	7.1008	1.7226	5.3782	0.1288	0.7016	0.0903	0.2161	0.3064	6.8125
				0.2000	2.4883	0.9966	0.4977	0.2495	6.5630
									0.5378
									7.1008

MES	CAPITAL INCIAL	PRCTJE INV EQP	CAPITAL INV EQP	INTRSES INV EQP	INTRSES ING ANT	ACUM DE ING ESP	TARIFA INVERSN	INTRSES TRF COB	ACM ING TRF INV
0	1.0000	1.0000	1.0000						
1	1.0284	0.9822	1.0101	0.0048	0.0000	0.0048	0.0055	0.0000	0.0055
2	1.0577	0.9644	1.0200	0.0048	0.0001	0.0098	0.0055	0.0001	0.0112
3	1.0878	0.9466	1.0297	0.0049	0.0003	0.0150	0.0055	0.0003	0.0171
4	1.1187	0.9288	1.0390	0.0049	0.0005	0.0205	0.0055	0.0005	0.0232
5	1.1505	0.9114	1.0486	0.0050	0.0006	0.0262	0.0060	0.0007	0.0300
6	1.1832	0.8941	1.0579	0.0050	0.0008	0.0321	0.0060	0.0009	0.0371
7	1.2169	0.8767	1.0668	0.0050	0.0010	0.0383	0.0060	0.0012	0.0443
8	1.2515	0.8594	1.0755	0.0051	0.0012	0.0447	0.0060	0.0014	0.0519
9	1.2871	0.8424	1.0843	0.0051	0.0014	0.0513	0.0065	0.0017	0.0602
10	1.3236	0.8255	1.0927	0.0052	0.0017	0.0583	0.0065	0.0020	0.0688
11	1.3613	0.8086	1.1007	0.0052	0.0019	0.0655	0.0065	0.0022	0.0776
12	1.4000	0.7917	1.1083	0.0052	0.0021	0.0729	0.0065	0.0025	0.0868
							0.0726	0.0363	0.0505
13	1.4398	0.7752	1.1161	0.0053	0.0024	0.0807	0.0071	0.0016	0.0593
14	1.4808	0.7587	1.1234	0.0053	0.0026	0.0887	0.0071	0.0019	0.0685
15	1.5229	0.7422	1.1302	0.0053	0.0029	0.0971	0.0071	0.0022	0.0779
16	1.5662	0.7257	1.1365	0.0054	0.0032	0.1058	0.0071	0.0025	0.0877
17	1.6107	0.7096	1.1429	0.0054	0.0035	0.1147	0.0078	0.0029	0.0985
18	1.6565	0.6935	1.1488	0.0054	0.0038	0.1240	0.0078	0.0032	0.1096
19	1.7036	0.6774	1.1540	0.0055	0.0041	0.1337	0.0078	0.0036	0.1211
20	1.7520	0.6613	1.1587	0.0055	0.0044	0.1436	0.0078	0.0040	0.1330
21	1.8019	0.6456	1.1634	0.0055	0.0047	0.1539	0.0085	0.0044	0.1459
22	1.8531	0.6300	1.1674	0.0055	0.0051	0.1646	0.0085	0.0048	0.1593
23	1.9058	0.6143	1.1707	0.0055	0.0054	0.1757	0.0085	0.0052	0.1731
24	1.9600	0.5986	1.1732	0.0056	0.0058	0.1871	0.0085	0.0057	0.1874
							0.0942	0.0471	0.1403
25	2.0157	0.5833	1.1758	0.0056	0.0062	0.1989	0.0093	0.0046	0.1543
26	2.0730	0.5680	1.1775	0.0056	0.0066	0.2112	0.0093	0.0051	0.1687
27	2.1320	0.5527	1.1784	0.0056	0.0070	0.2238	0.0093	0.0056	0.1837
28	2.1926	0.5374	1.1783	0.0056	0.0074	0.2369	0.0093	0.0060	0.1991
29	2.2550	0.5225	1.1782	0.0056	0.0078	0.2504	0.0101	0.0066	0.2159
30	2.3191	0.5076	1.1772	0.0056	0.0083	0.2643	0.0101	0.0071	0.2332
31	2.3850	0.4927	1.1751	0.0056	0.0087	0.2787	0.0101	0.0077	0.2511
32	2.4529	0.4778	1.1719	0.0055	0.0092	0.2935	0.0101	0.0083	0.2696
33	2.5226	0.4632	1.1686	0.0055	0.0097	0.3089	0.0110	0.0089	0.2896
34	2.5943	0.4487	1.1641	0.0055	0.0102	0.3247	0.0110	0.0096	0.3104
35	2.6681	0.4342	1.1584	0.0055	0.0107	0.3410	0.0110	0.0103	0.3318
36	2.7440	0.4196	1.1514	0.0054	0.0113	0.3578	0.0110	0.0110	0.3539
							0.1223	0.0611	0.2927
37	2.8220	0.4054	1.1442	0.0054	0.0118	0.3751	0.0121	0.0097	0.3145
38	2.9023	0.3913	1.1356	0.0054	0.0124	0.3930	0.0121	0.0104	0.3371
39	2.9848	0.3771	1.1256	0.0053	0.0130	0.4115	0.0121	0.0111	0.3604
40	3.0697	0.3629	1.1141	0.0053	0.0136	0.4304	0.0121	0.0119	0.3844
41	3.1570	0.3491	1.1021	0.0052	0.0142	0.4500	0.0131	0.0127	0.4104
42	3.2467	0.3353	1.0886	0.0051	0.0149	0.4701	0.0131	0.0136	0.4372
43	3.3391	0.3215	1.0734	0.0051	0.0156	0.4909	0.0131	0.0145	0.4649
44	3.4340	0.3076	1.0564	0.0050	0.0163	0.5122	0.0131	0.0154	0.4935
45	3.5317	0.2942	1.0389	0.0049	0.0170	0.5342	0.0143	0.0163	0.5243
46	3.6321	0.2807	1.0195	0.0048	0.0177	0.5568	0.0143	0.0174	0.5561
47	3.7354	0.2672	0.9982	0.0047	0.0184	0.5800	0.0143	0.0184	0.5890
48	3.8416	0.2537	0.9748	0.0046	0.0192	0.6040	0.0143	0.0195	0.6229
							0.1587	0.0793	0.5436
49	3.9508	0.2406	0.9506	0.0045	0.0200	0.6286	0.0156	0.0180	0.5773
50	4.0632	0.2275	0.9242	0.0044	0.0208	0.6538	0.0156	0.0191	0.6122
51	4.1787	0.2143	0.8956	0.0042	0.0217	0.6798	0.0156	0.0203	0.6482
52	4.2975	0.2012	0.8646	0.0041	0.0225	0.7065	0.0156	0.0215	0.6854
53	4.4197	0.1884	0.8326	0.0039	0.0234	0.7340	0.0171	0.0227	0.7253
54	4.5454	0.1756	0.7981	0.0038	0.0243	0.7622	0.0171	0.0240	0.7665
55	4.6747	0.1628	0.7609	0.0036	0.0253	0.7911	0.0171	0.0254	0.8091
56	4.8076	0.1500	0.7209	0.0034	0.0262	0.8208	0.0171	0.0268	0.8531
57	4.9443	0.1375	0.6797	0.0032	0.0272	0.8513	0.0186	0.0283	0.9001
58	5.0849	0.1250	0.6355	0.0030	0.0282	0.8826	0.0186	0.0298	0.9486
59	5.2295	0.1125	0.5883	0.0028	0.0293	0.9147	0.0186	0.0315	0.9988
60	5.3782	0.1000	0.5378	0.0025	0.0303	0.9477	0.0186	0.0331	1.0507
							0.2059	0.1030	0.9477

MES CAPTL PRCTJE CAPITAL TARIFA PERD VA CAPITAL TARIFA DIFR DE ACUM DE ACM INT
INICL CAP RC A RCUP DEPRCN CAP REC RECUPRD IMPUSTS INTRSES DIFERCS CAP REC

0 1.0000 0.0000

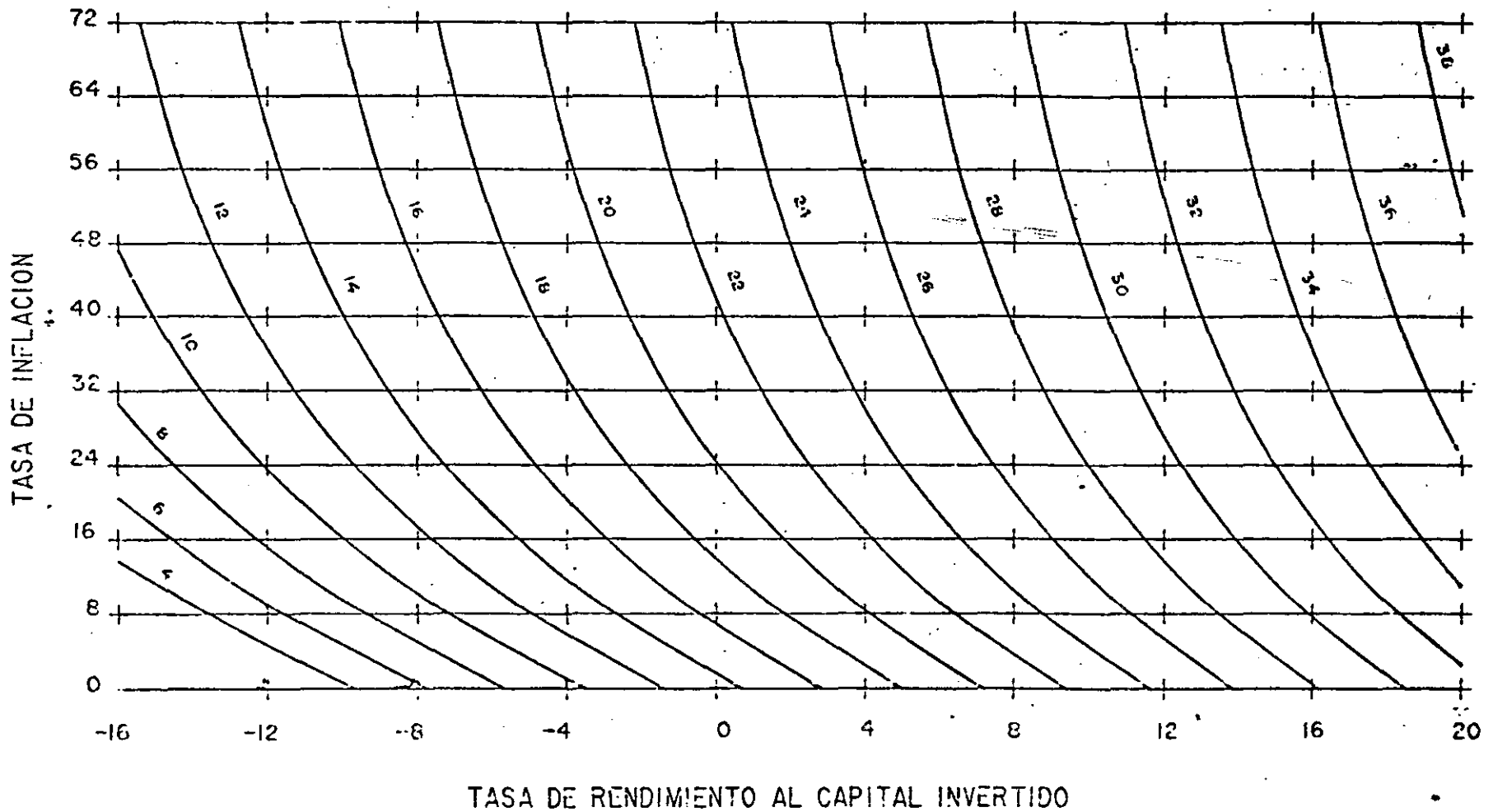
T9

Table with 12 columns: MES, CAPTL INICL, PRCTJE CAP RC, CAPITAL A RCUP, TARIFA DEPRCN, PERD CAP REC, VA CAP REC, CAPITAL RECUPRD, TARIFA IMPUSTS, DIFR INTRSES, DE ACUM DIFERCS, ACM INT CAP REC. Rows 1-60 show monthly financial data with values ranging from 0.0000 to 5.3782.

0.5378
5.3782

0.7749
1.7226

RENDA INICIAL EN MILES DE PESOS POR
POR CADA MILLON INVERTIDO EN EQUIPO





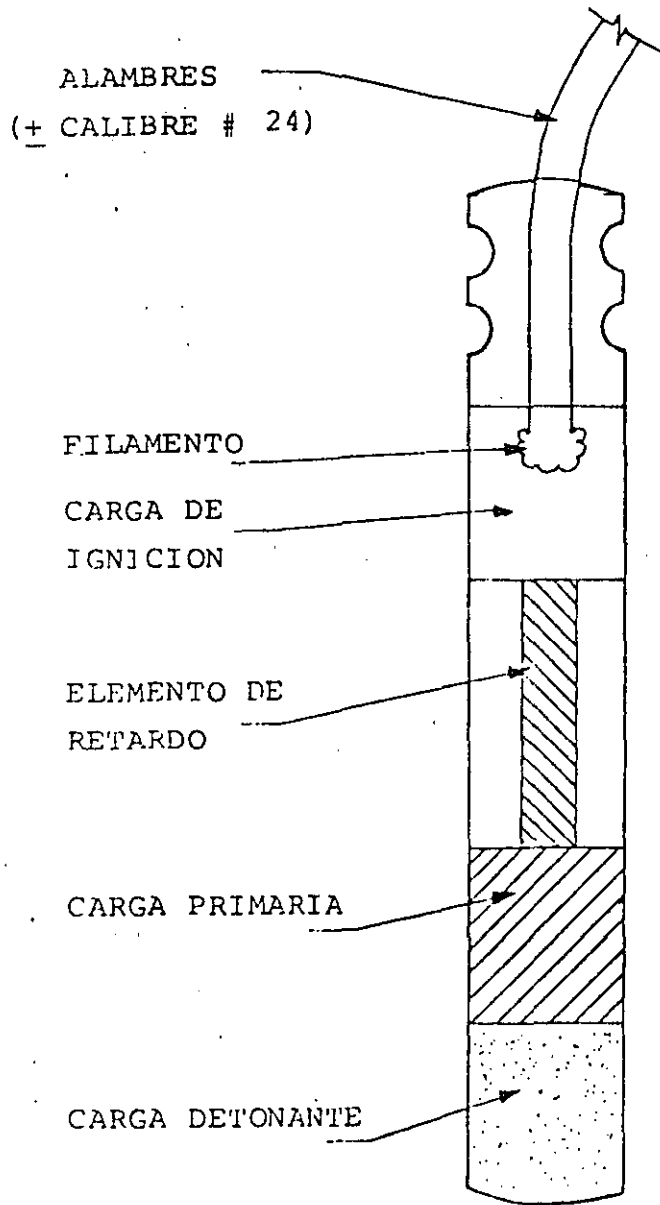
**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

MOVIMIENTO DE TIERRAS

APUNTES ADICIONALES

ING:FEDERICO ALCARAZ LOZANO

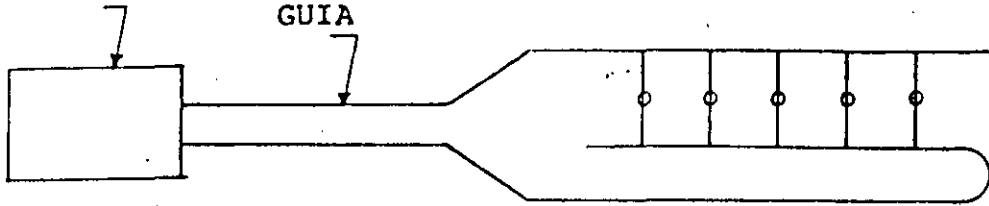
JUNIO, 1984



ESTRUCTURA DE UN ESTOPIN DE
TIEMPO

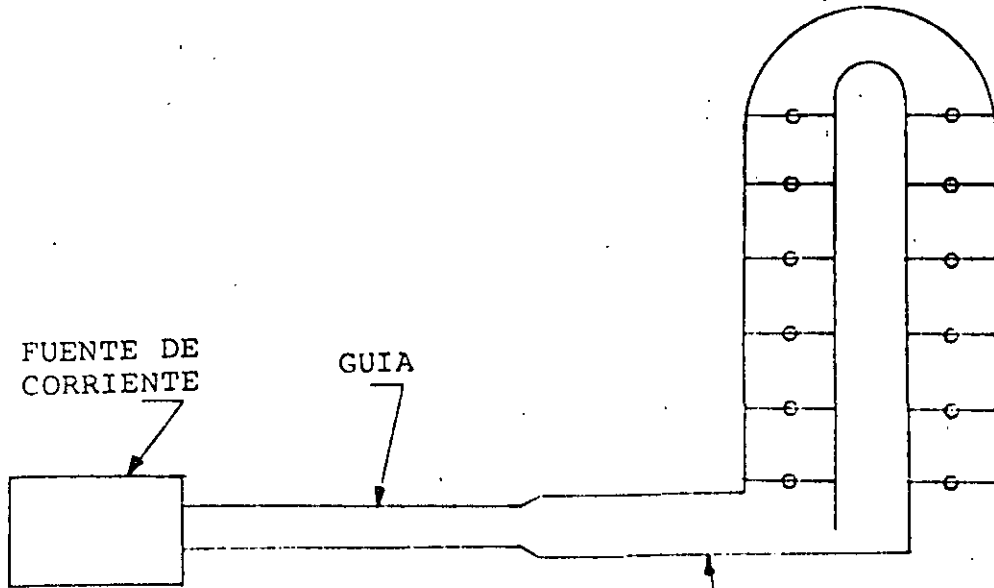
FUENTE DE
CORRIENTE

GUIA



FUENTE DE
CORRIENTE

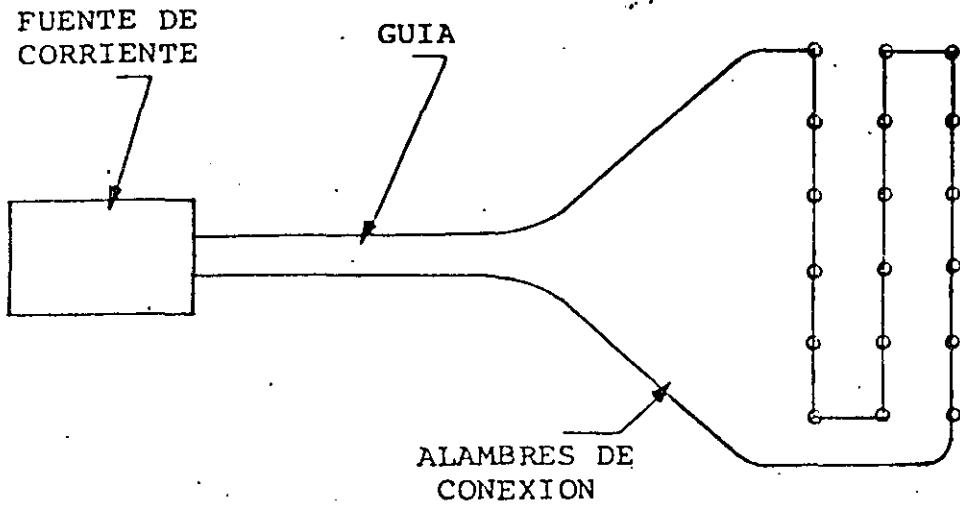
GUIA



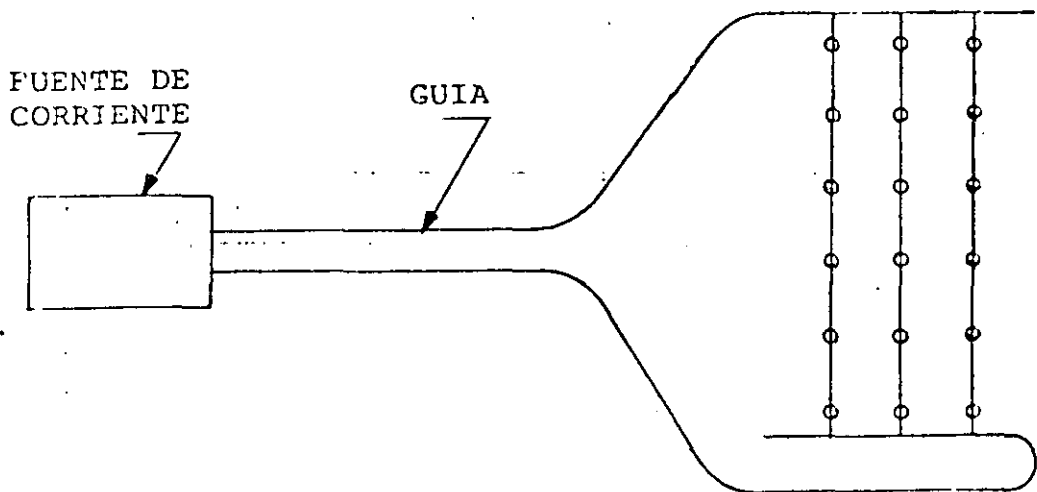
ALAMBRES DE
CONEXION

La corriente que pasa por cada estopín recorre la misma longitud de alambre, y por lo tanto la resistencia y la intensidad son iguales para cada estopín.

ESTOPINES CONECTADOS EN PARALELO

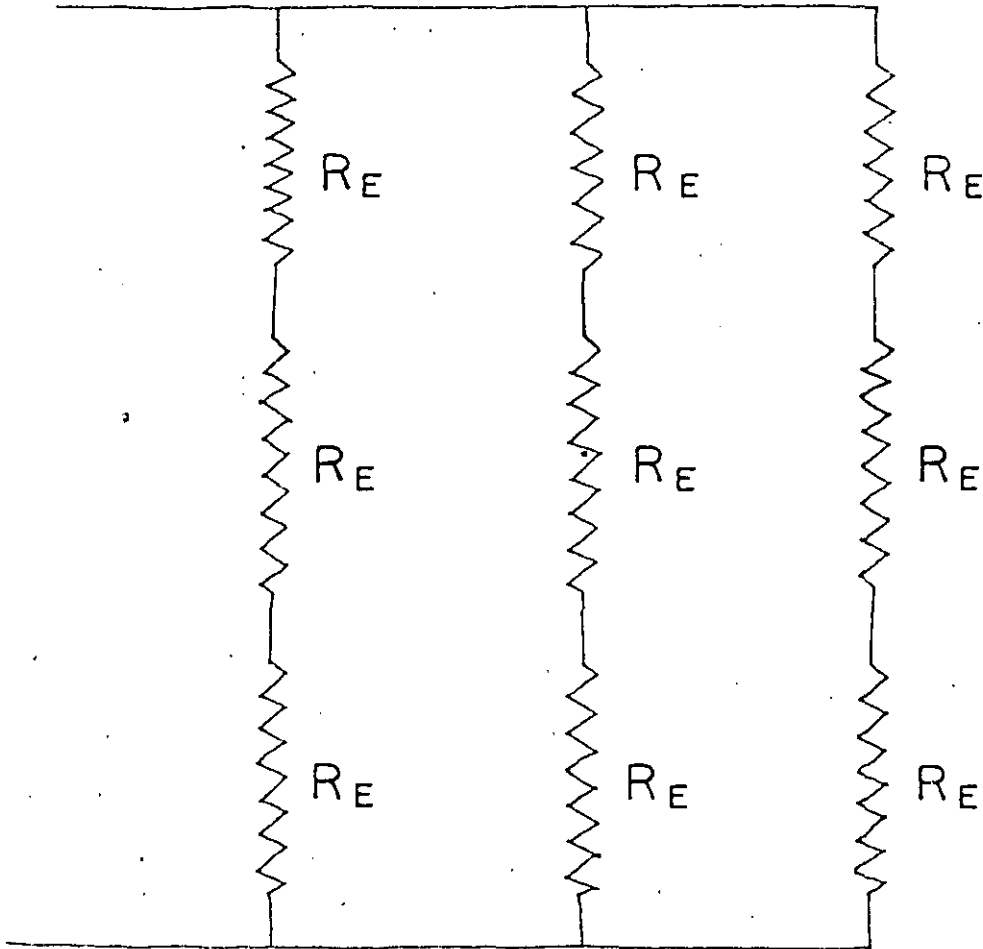


ESTOPINES CONECTADOS EN SERIE



ESTOPINES CONECTADOS EN SERIE - PARALELO.

CONEXIONES EN SERIE PARALELO



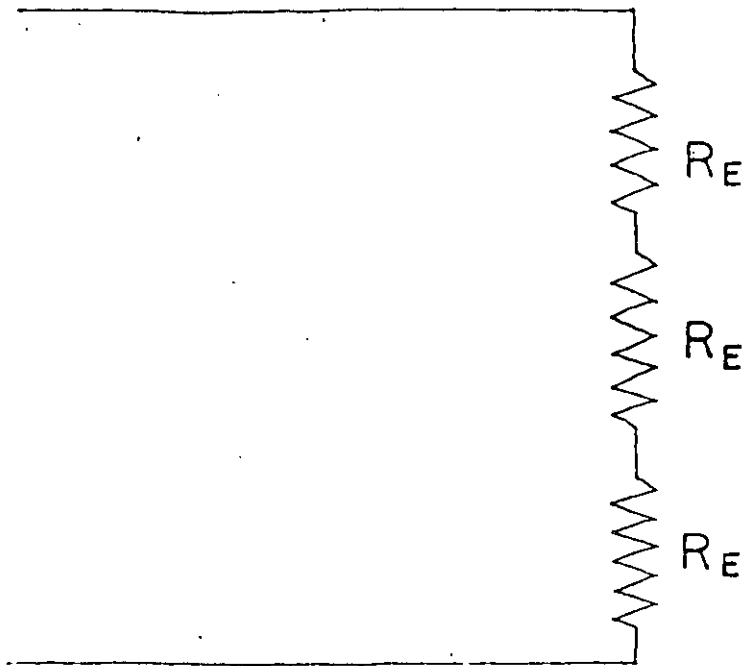
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{N_1 R_E} + \frac{1}{N_2 R_E} + \frac{1}{N_3 R_E} + \dots$$

Si: $N_1 = N_2 = N_3 = \dots = N_s$:

$$R_T = R_E \frac{N_1}{N_s}$$

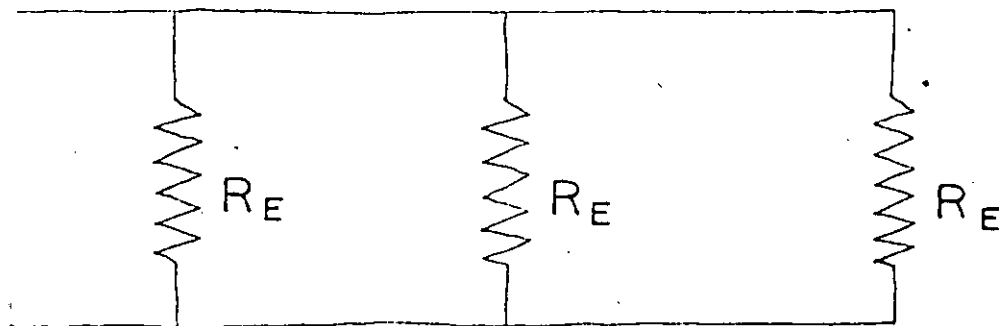
R_T = RESISTENCIA TOTAL
 R_E = RESISTENCIA DE CADA ESTOPIN
 N_1 = NUMERO DE ESTOPINES POR SERIE
 N_s = NUMERO DE SERIES

C O N E X I O N E S



$$R_T = NR_E$$

SERIE SIMPLE



$$R_T = \frac{R_E}{N}$$

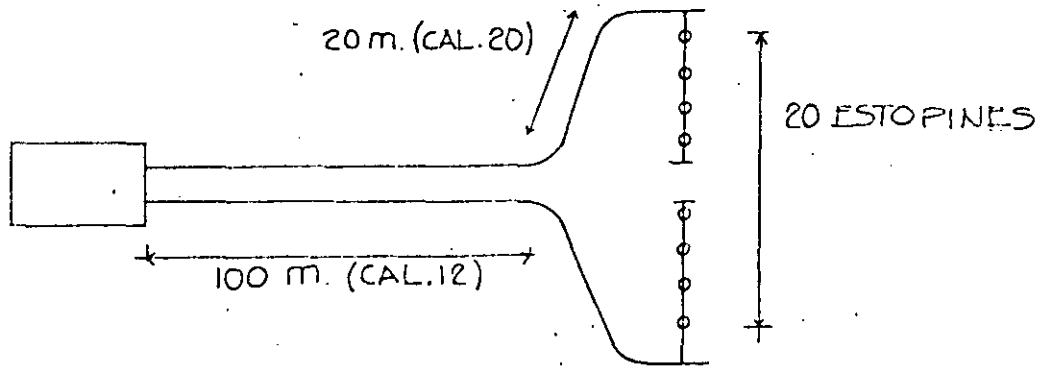
PARALELO

RESISTENCIA DE LAS CAPSULAS DETONANTES ELECTRICAS NORMALES Y RETARDADAS.		
LONGITUDES DE LAS PATAS DE ALAMBRE, FT.	RESISTENCIA, OHMS POR CÁPSULA	
	NORMAL	RETARDADA
2	1.6	
2.5	1.7	
3.0	1.8	1.68
3.5	1.9	
5.0	2.18	2.06
6.0	2.37	
7.0	2.56	
9.0	2.75	
10.0	3.14	

RESISTENCIA DE ALAMBRE DE COBRE	
CALIBRE A W G NÚM.	RESISTENCIA, OHMS POR 1,000 FT.
8	0.628
10	0.999
12	1.588
14	2.525
16	4.015
18	6.385
20	10.150
22	16.140

CORRIENTE DE DISPARO		
	MÍNIMA	PARADISEÑO
ESTOPINES INSTANTANEOS:	0.3 A	2.0 A
ESTOPINES DE TIEMPO:	0.4 A	2.0 A

EJEMPLO: UNA SERIE DE 20 ESTOPINES DE 10M. DE LARGO.



RESISTENCIA:

DE ALAMBRE:

$$200 \text{ M. CAL 12} \times 1.588/305 = 1.04 \ \Omega$$

$$40 \text{ M. CAL 20} \times 10.15/305 = \underline{1.33 \ \Omega}$$

$$20 \text{ ESTOPINES} \times 3.14 \ \Omega = \underline{62.80 \ \Omega}$$

$$65.17 \ \Omega$$

$$V = RI$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{80}{65.17} = 1.23 \text{ AMPS.}$$

NO ES SUFICIENTE, PORQUE PARA ASEGURAR EL ESTALLIDO SE RECOMIENDAN POR LO MENOS 1.5 AMPS EN CORRIENTE DIRECTA, Y 2 EN CORRIENTE ALTERNA. SUGERENCIA: USAR DOS SERIES DE 10 ESTOPINES.

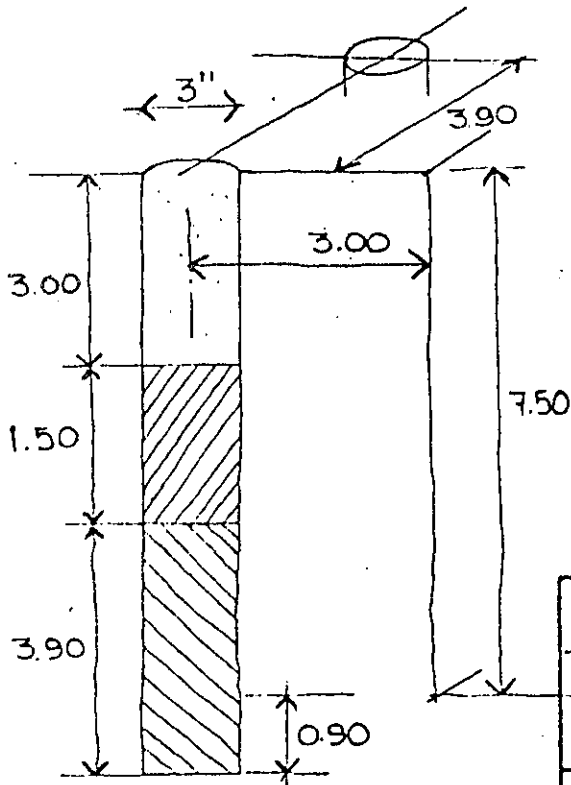
CARACTERÍSTICAS DE UNA BUENA VOLADURA

- LA ROCA DEBE TENER LA GRANULOMETRÍA REQUERIDA.
- CONSUMO MÍNIMO DE EXPLOSIVOS.
- MÍNIMA BARRENACIÓN.
- MÍNIMAS PROYECCIONES.
- MÍNIMA FRACTURACIÓN DE LA ROCA NO VOLADA.

USO DE LA ENERGÍA DEL EXPLOSIVO:

- 1º FRACTURAR LA ROCA. (ÚTIL)
- 2º MOVERLA DE LUGAR PARA EVITAR TRABAZONES. (ÚTIL)
- 3º PROYECTAR ROCAS. (INÚTIL)

EN OTRO EJEMPLO, SUPONIENDO QUE HUBIÉRAMOS LLEGADO AL SIGUIENTE RESULTADO:



$$V = 3.90 \times 3 \times 7.5 = 87.75 \text{ m}^2$$

$$\text{SI } q = 0.35 \text{ Kg./m}^2$$

$$Q = 0.35 \times 87.75 = 30.71 \text{ Kg.}$$

$$C_c = 8.3 \text{ Kg.}$$

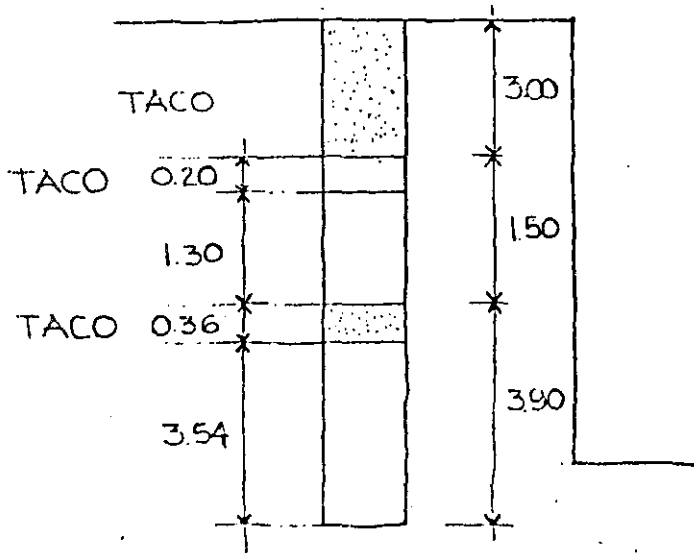
$$C_f = 22.41 \text{ Kg.}$$

DENSIDAD DEL EXPLOSIVO: 1.45

C A R G A S			
CALCULADA		CAPACIDAD DEL BARRENO	
PESO	ALTURA	PESO	ALTURA
CARGA DE FONDO:	22.41 Kg.	3.54	24.65 Kg. 3.90 m
CARGA DE COLUMNA:	8.3 Kg.	1.30	9.57 Kg. 1.50

POR LO TANTO SOBRA ESPACIO EN EL BARRENO, LO QUE NO PODEMOS PERMITIR YA QUE TENDRÍAMOS QUE DEJAR UN ESPACIO ENTRE LAS CARGAS, RELLENANDO CON TACO, LO QUE EQUIVALE A PONER DOS CEBOS Y A DESPÉRDICIAR BARRENACIÓN.

SI QUISIÉRAMOS DEJAR ASÍ EL BARRENO QUEDARÍA:



A) DISPONEMOS DE 1.5 M PARA CARGA DE COLUMNA Y SÓLO NECESITAMOS 1.30 M., SOBRAN 0.20 M. DE BARRENO (15%)

$$(1.50 \div 1.30 = 1.15)$$

B) DISPONEMOS DE 3.90 M PARA CARGA DE FONDO Y SÓLO NECESITAMOS 3.54, SOBRAN 0.36 M. DE BARRENO (10%)

$$(3.90 \div 3.54 = 1.10)$$

PARA MEJORAR ÉSTO TENEMOS QUE AUMENTAR LA SEPARACIÓN ENTRE BARRENOS, PARA QUE AL AUMENTAR EL VOLÚMEN ($V = A \times B \times H$), (CON EL MISMO CONSUMO ESPECÍFICO) AUMENTE LA CANTIDAD DE EXPLOSIVOS Y SE LLENE EL BARRENO. ÉSTE AUMENTO DEL VOLÚMEN DEBE SER EN EN LA MISMA PROPORCIÓN QUE ENTRE LA CAPACIDAD DEL BARRENO Y LA CARGA CALCULADA.

TENEMOS DOS PROPORCIONES (1.15 Y 1.10) USAREMOS 1.10 YA QUE LA CARGA DE COLUMNA NO LA PODEMOS AUMENTAR 1.15 VECES.

SI QUIERO AUMENTAR EL VOLÚMEN EN LA PROPORCIÓN K:

$$\left. \begin{aligned} Q_2 &= K Q_1 \\ V_2 &= K V_1 \end{aligned} \right\} \text{DONDE: } K = \frac{\text{CAPACIDAD DEL BARRENO}}{\text{CARGA CALCULADA}}$$

$$A' \times B' \times H' = K \times A \times B \times H$$

$$A' B' = K A B$$

$$\text{PERO: } R = \frac{A}{B} = \text{CONSTANTE} \quad (\text{PARA NO VARIAR LA GRANULOMETRÍA})$$

$$A = R \times B$$

$$A' = R \times B'$$

$$R B'^2 = K R B^2$$

$$B' = \sqrt{K} B$$

Y TAMBIÉN

$$A' = \sqrt{K} A$$

... (1)

LO QUE SE ENTIENDE SI MULTIPLICAMOS AMBAS EXPRESIONES:

$$A' B' = K A B.$$

APLICANDO LAS ECUACIONES (1) A NUESTRO CASO:

$$A' = \sqrt{1.10} \times 3.00 = 3.14 \text{ M}$$

$$B' = \sqrt{1.10} \times 3.90 = 4.09 \text{ M}$$

CON ESTAS NUEVAS SEPARACIONES EL VOLÚMEN QUEDA:

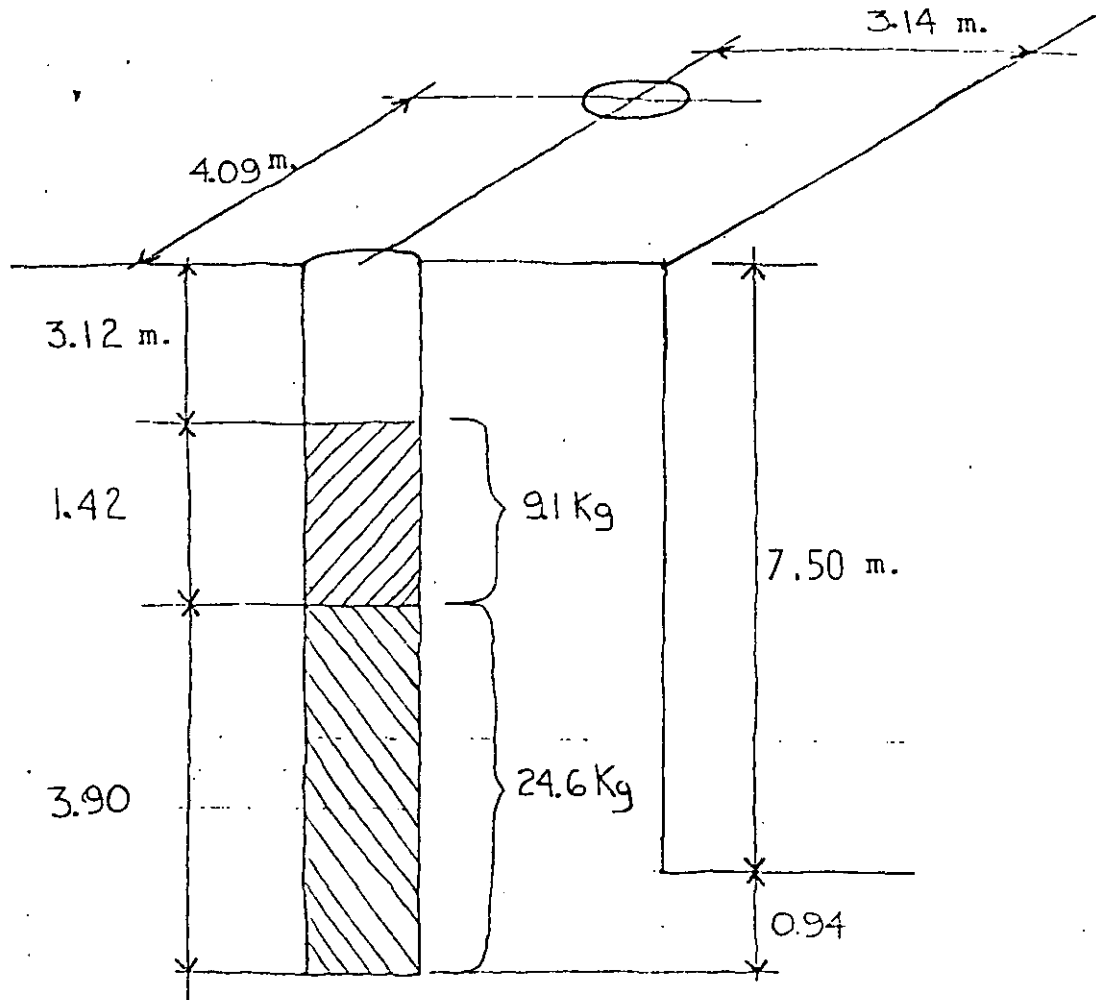
$$V = 3.14 \times 4.09 \times 7.5 = 96.31 \text{ M}^3$$

$$Q = 0.35 \times 96.31 = 33.70 \text{ Kg.}$$

$$C_c = 9.1 \quad ; \quad h_c = 1.42 \text{ M}$$

$$C_f = 24.6 \text{ Kg.} \quad ; \quad h_f = 3.90 \text{ M.}$$

CON LO QUE EL BARRENO AJUSTADO QUEDA ASÍ:



AHORA NOS QUEDA EL PROBLEMA DE AJUSTAR EL BARRENO AL BANCO, Y TOMAR EN CUENTA LA GRANULOMETRÍA REQUERIDA DE LA ROCA Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA EN EL BANCO.

PARA ELLO RECORDEMOS QUE EL AUMENTAR LA RELACIÓN B/A DISMINUYE EL TAMAÑO DE LA ROCA Y VICEVERSA; Y QUE PARA EL DISEÑO DEL BARRENO USAMOS $B/A = 1.3$, POR ELLO, PARA AJUSTAR EL BARRENO AL BANCO DEBO SABER SI QUIERO ROCA GRANDE O CHICA.

EN EL SEGUNDO EJEMPLO, SUPONDREMOS QUE SE REQUIERE ROCA CHICA, DE 0.50, PARA LO QUE NECESITAMOS AUMENTAR B/A A PARTIR DE 1.3, SE SUGIERE:

EN LA PRUEBA 1: $B/A = 1.3$

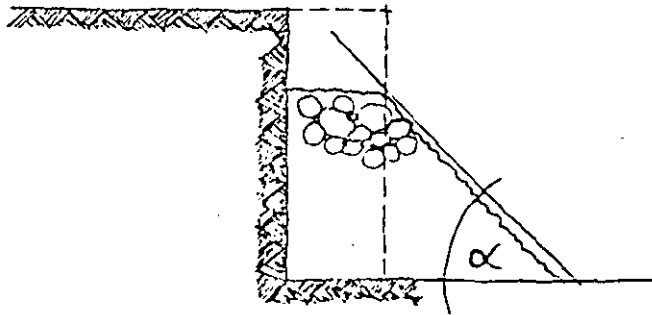
EN LA PRUEBA 2: $B/A = 1.5$

EN LA PRUEBA 3: $B/A = 1.7$

EN LA PRUEBA 4: $B/A = 1.9$

EN LA PRUEBA 5: $B/A = 2.1$

QUE SON PRUEBAS QUE SE HACEN FISICAMENTE EN EL BANCO, OBSERVANDO LAS PROYECCIONES, EL TAMAÑO DE LA ROCA Y EL ANGULO DEL MONTON DE ROCA DESPUÉS DE LA VOLADURA.



ESTE ÁNGULO α DEBE SER 45° , SI ES MAYOR FALTA EXPLOSIVO, Y SI ES MENOR SOBРАН EXPLOSIVOS; MUCHAS PROYECCIONES TAMBIÉN INDICAN EXCESO DE EXPLOSIVOS.

RESUMEN DE LA OBSERVACION ..

$R = B'/A'$	TAMAÑO DE LA ROCA	α	PROYECCIONES
1.3	1.00 m.	30°	MUCHAS
1.5	0.80	32°	"
1.7	0.60	35°	"
1.9	0.50	37°	REGULAR
2.1	0.40	40°	POCAS

LO QUE NOS INDICA QUE DEBEMOS USAR UNA RELACIÓN $B'/A' = 1.9$ Y QUE TENEMOS EXCESO DE EXPLOSIVO.

1º) AJUSTAREMOS LA RELACIÓN B/A:

EN NUESTRO EJEMPLO SABEMOS QUE

$$A' \times B' = B \times A = 4.09 \times 3.14 = 12.84 \text{ m}^2$$

$$\text{COMO } \frac{B'}{A'} = 1.9$$

$$B' = 1.9 A'$$

$$1.9 A'^2 = 12.84$$

$$A' = \sqrt{\frac{12.84}{1.9}} = 2.60 \text{ m.}$$

$$B' = 1.9 \times 2.60 = 4.94 \text{ m.}$$

Y LA NUEVA SEPARACIÓN ENTRE BARRENOS SERA:

$$2.60 \times 4.94$$

LAS FÓRMULAS GENERALES SON:

$$A' = \sqrt{\frac{A \times B}{R}}$$

$$B' = A' R$$

2º) AJUSTAREMOS LA CANTIDAD DE EXPLOSIVOS.

COMO HAY EXCESO: TENEMOS QUE SEPARAR LOS BARRENOS PARA DISMINUIR EL CONSUMO DE EXPLOSIVOS, PERO CONSERVANDO LA RELACIÓN A/B PARA NO VARIAR LA GRANULOMETRÍA.

HAREMOS PRUEBAS NUEVAMENTE EN EL BANCO CON CONSUMOS ESPECIFICOS 95%, 90% Y 85% DEL CONSUMO ORIGINAL, PARA ELLO APLICAMOS LAS FÓRMULAS 1:

PARA 95%:

$$A_1 = \frac{A}{\sqrt{0.95}} = \frac{2.60}{\sqrt{0.95}} = 2.67 \text{ m.}$$

$$B_1 = \frac{B}{\sqrt{0.95}} = \frac{4.94}{\sqrt{0.95}} = 5.07 \text{ m.}$$

COMPROBACIÓN:

$$\frac{A_1 \times B_1}{A \times B} = \frac{2.60 \times 4.94}{2.67 \times 5.07} = 0.95$$

$$\frac{B_1}{A_1} = \frac{5.07}{2.67} = 1.90$$

LA FÓRMULA GENERAL ES:

$$A' = \frac{A}{\sqrt{C}}$$
$$B' = \frac{B}{\sqrt{C}}$$

DONDE C = PORCENTAJE DE CONSUMO CON RESPECTO AL ORIGINAL.

USANDO LA MISMA FÓRMULA OBTENEMOS PARA 90%:

$$A_2 = \frac{2.60}{\sqrt{0.90}} = 2.74 \text{ m.}$$

$$B = \frac{4.94}{\sqrt{0.90}} = 5.21 \text{ m.}$$

PARA 85%

$$A_3 = \frac{2.60}{\sqrt{0.85}} = 2.82 \text{ m.}$$

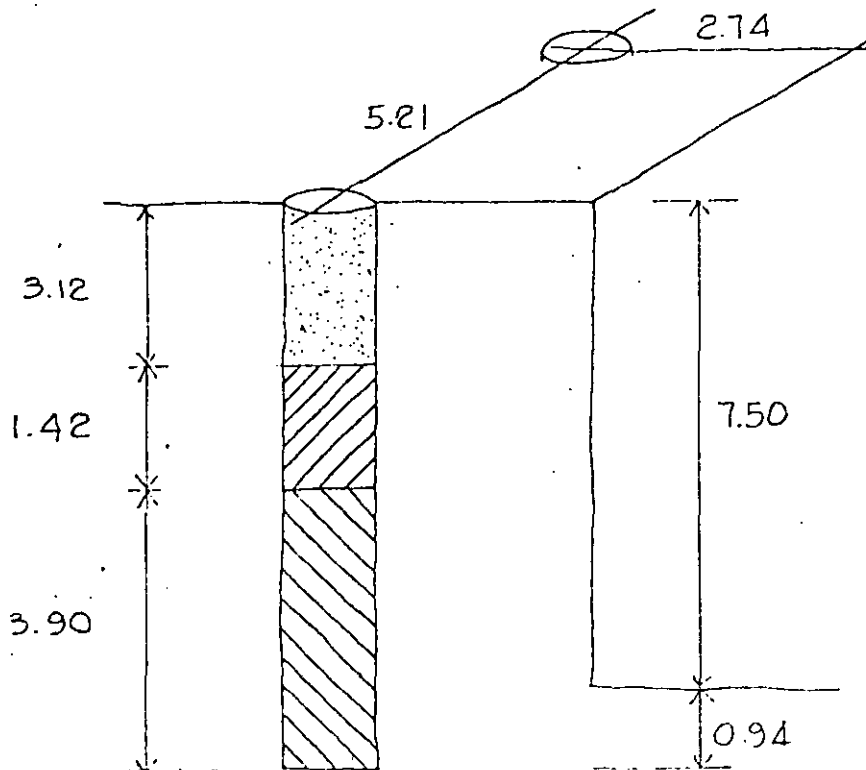
$$B_3 = \frac{4.94}{\sqrt{0.85}} = 5.36 \text{ m.}$$

CON ESTAS SEPARACIONES, Y EL MISMO DISEÑO DE BARRENO SE REALIZAN NUEVAMENTE PRUEBAS EN EL BANCO OBSERVANDO EL ÁNGULO α Y LAS PROYECCIONES.

RESUMEN DE LA OBSERVACION

C	A	B	α	PROYECCIONES
0.95	2.67	5.07	40°	REGULAR
0.90	2.74	5.21	45°	POCAS
0.85	2.82	5.36	48°	POCAS

EL VALOR ADECUADO ES ENTONCES EL SEGUNDO, Y NUESTRO DISEÑO FINAL SERÁ:



CON ESTO HEMOS ASEGURADO LAS CARACTERISTICAS DE LA VOLADURA:

- GRANULOMETRÍA REQUERIDA.
- CONSUMO MÍNIMO DE EXPLOSIVOS.
- MÍNIMA BARRENACIÓN.
- MÍNIMAS PROYECCIONES.
- MÍNIMO DAÑO A LA ROCA DETRÁS DE LA VOLADURA.

DIRECTORIO DE ALUMNOS AL CURSO "MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS"
IMPARTIDO EN ESTA DIVISION DEL 4 AL 16 DE JUNIO DE 1984.

- 1.- ALVAREZ DIAZ ANTONIO
DIRECCION GRAL. CAMINOS RURALES
S. C. T.
ANALISTA TECNICO
VERTIZ No. 1243
COL. VERTIZ NARVARTE
MELCHOR OCAMPO No. 71
COL. MAGDALENA MIXHUCA
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15830 MEXICO, D.F.
768-29-49
- 2.- AMADOR FLORES RAUL
I. C. A.
JEFE DE FRENTE
EL CARACOL, GRO.
ALDAMA No. 60 DEPTO. 3
IGUALA, GRO.
- 3.- ARCINIEGA PANDURO JOSE LUIS
S.C. T. DIREC. GRAL. CAMINOS RURALES
DR. VERTIZ No. 1243
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
575-05-75
CALLE 23 DE ABRIL Nj. 344
COL. SAN PEDRO XALPA
DELEGACION AZCAPOTZALCO
02710 MEXICO, D.F.
- 4.- BALDERAS OLVERA VICTOR
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
JEFE DE OBRA "C"
MINERIA No. 145
516-04-60
INDEPENDENCIA No. 65
SAYULA, JALISCO
207-02
- 5.- CAMARGO REYES ENRIQUE
CONSTRUCCIONES CONDUCCIONES Y PAV.
JEFE DE OBRA
MINERIA No. 145
COL. ESCANDON
516-04-60
DIONISIOS No. 4
FRAC. LAS ROSAS
TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO
397-76-34
- 6.- COLIN ZEPEDA ALFREDO
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
JEFE DE OBRA
RIO ATOYAC No. 8
COL. DEL I. M. S.S.
IGUALA, GRO.
NORTE 75 No. 353
COL. JARDIN AZPEITIA
DELEGACION ATZCAPOTZALCO
02530 MEXICO, D.F.
556-57-36
- 7.- CONTRERAS AGUILERA MIGUEL ABRAHAM
SECRETARIA COMUNICACIONES Y TRANSP.
JEFE DE SECCION DE ESPECIFICACIONES
CHIAPAS No. 121
COL. ROMA
574-83-00
VALLE DE MARAÑON No. 31-4
VALLE DE ARAGON
EDO. DE MEXICO

- 8.- CRUZ ARENAS JAVIER
GRUPO CONMAR
ANALISTA DE PROYECTOS UNITARIOS
LAFAYETTE No. 40
COL. NUEVA ANZURES
DELEGACION MIBUEL HIDALGO
545-63-28
- ODESA No. 1204
COL. PORTALES
DELEGACION BENITO JUAREZ
03300 MEXICO, D.F.
688-73-77
- 9.- CHAVEZ VEGA JUAN ANTONIO
INFONAVIT
ANALISTA DE COSTOS
AV. LAZARO CARDENAS No. 1903
58260 MEXICO, D.F.
4-37-05
- MARCONI No. 62
COL. VIVEROS
58290 MEXICO, D.F.
4-6060
- 10.- DELGADO FLORES JOSE LUIS L.
SECRETARIA COMUNICACIONES Y TRANSP.
ANALISTA DE COSTOS DE OBRA
CHIAPAS No. 121-5o. PISO
COL. ROMA
574-83-00
- I. ZARAGOZA No. 612 CONDOMINIO IV-F-503
COL. CUATRO ARBOLES
DELEGACION VENUSTIANO CARRANZA
15730 MEXICO, D.F.
- 11.- ESCOBAR AGUILAR JOSE LUIS
ICA
JEFE DE PLANEACION Y CONTROL OBRA
- 12.- FALCON VALVERDE MIGUEL A.
C.C.Y.P., S.A.
JEFE DE OBRA
MINERIA No. 145
COL. ESCANDON
DELEGACION CUAUHEMOC
516-04-16
- AGRARIO No. 8-A
COL. ESTRELLA
DELEGACION IZTAPALAPA
09800 MEXICO, D.F.
670-15-97
- 13.- FERNANDEZ GAUTIES FAUSTO
S. C. T.
AYUDANTE SUBDIRECTOR DE OBRAS
XOLA Y AV. UNIVERSIDAD
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
530-33-23
- NAVARRO No. 93-A
COL. ALAMOS
DELEGACION BENITO JUAREZ
03400 MEXICO, D.F.
530-48-02
- 14.- FLORES MACHADO HECTOR
BANCO DE CREDITO RURAL DEL NOROESTE
SUPERVISOR DE OBRAS
JALISCO Y ALLENDE
CD. OBREGON, SONORA
322-78
- 5 DE FEBRERO No. 539-A-SUR
CD. OBREGON, SONORA

- 15.- SALAS RIZO JUAN MANUEL
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
SUPERINTENDENTE DE CONSTRUCCION
MINERIA No. 145
COL. ESCANDON
516-04-60
- SOJA No. 116
IZTAPALAPA
09810 MEXICO, D.F.
- 16.- GARCIA NIEOLAS ALBERTO
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSP.
JEFE DE SECCION
XOLA Y AV. UNIVERSIDAD
COL. NARVARTE
DELEGACION CUAUHTEMOC
03028 MEXICO, D.F.
- BRISAS Y ANDADOR No. 49 EDIF. 18-308 "D"
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO
07270 MEXICO, D.F.
- 17.- GARCIA SOTO ANTONIO
S. C. T.
SUPERVISOR EST. GEOTECNICOS
XOLA Y AV. UNIVESIDAD
- ZEMPOALA No. 294-26
COL. NARVARTE
696-73-07
- 18.- GONZALEZ VALDEZ RUBEN
JUNTA LOCAL DE CAMINOS
RESIDENTE
- NIÑOS HEROES S/N
JILOTEPEC MEXICO
- 19.- GRANADOS SANCHEZ PROCASO
IPESA
SUPERVISOR DE OBRA
SAN LORENZO No. 153-7o. PISO
COL. DEL VALLE
DELEGACION BENITO JUAREZ
554-15-76
- LA VIGA No. 1898 B-003
COL. ESMERALDA
DELEGACION IZTAPALAPA
09810 MEXICO, D.F.
- 20.- LOPEZ MORA ARTURO
S. C. T.
ANALISTA
XOLA Y AV. UNIVERSIDAD
- C. MIGUEL ANGEL No. 189
COL. MODERNA
DELEGACION BENITO JUAREZ
- 21.- LUGO PFEIFFER JOSE ARMANDO
CONSTRUCTORA MERCEDES, S.A.
GERENTE DE CONSTRUCCION
AV. LOS CONSTITUYENTES No. 1000
2o. PISO
COL. LOMAS ALTAS
570-34-88
- PALLARES Y PORTILLO No. 156-401
COL. SAN ANDRES
DELEGACION COYOACAN
549-66-62

22.- LUIS SIBAJA LEONARDO CESAR
S. C. T. JUNTA LOCAL DE CAMINOS
DEL EDO. DE MEXICO
JEFE DE OFINA. DE RECONSTRUCCION
POR ADMINISTRACION
AV. IND. OTE. 1329
TOLUCA, EDO. DE MEXICO
4-03-99

LOTOS No. 47
COL. LAS MARGARITAS
TLALNEPANTLA,
54050 EDO. DE MEXICO
397-89-02

23.- MAYAGOITIA WITRON FERNANDO
FERTILIZANTES MEXICANOS, S.A.
RESIDENTE SISTEMA EVAPORACION SOLAR
CERRO PRIETO BAJA CALIFORNIA

LORROQUE No. 2070
COL. NUEVA
2-22-80

24.- MIRANDA HERRERA HUMBERTO
S. C. T.
JEFE DE SECCION
DIRECCION GRAL. SERV. TECNICOS
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03020 MEXICO, D.F.
519-69-84

AV. UNIVERSIDAD No. 54
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03020 MEXICO, D.F.

25.- MORALES MORALES DAVID
GOBIERNO EDO. DE TLAXCALA
JEFE DEPTO. CAPACITACION
PALACIO GOBIERNO PLANTA
BAJA
CD. DE TLAXCALA
2-03-66 ext. 144

CERRADA JACARANDAS No. 30
COL. TEPETLAPA
EDO. DE TLAXCALA

26.- MORENO FRANCISCO JAVIER
S. A. R. H.
JEFE DE OFICINA
PASEO REFORMA No. 45 PISO 10
COL. TABACALERA
DELEGACION CUAUHTEMOC
592-12-42

FRANCISCO PEREZ No. 24
COL. HEROES DE NACCOZARI
DELEGACION GUSTAVO A. MADERO

27.- MURILLO DELGADO J. ABEL
SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSP.
ESPECIALISTA EN GEOLOGIA
XOLA Y AV. UNIVERSIDAD
519-69-84

COLEGIO MILITAR No. 14-F-2
COL. POPOTLA
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
527-23-54

28.- OROZCO VEGA ENRIQUE
I P E S A
RESIDENTE DE PROYECTO
SAN LORENZO No. 153-6o. PISO
COL. DEL VALLE
576-40-77

LAGUNA DE SAN CRISTOBAL No. 72-3
COL. ANAHUAC
11320 MEXICO, D.F.
396-40-92

29.- PALMA PEREZ ROGELIO
PACSA
RESIDENTE
AV. SAN ANTONIO No. 319 DESP. 109
COL. SAN PEDRO DE LOS PINOS
DELEGACION BENITO JUAREZ
598-64-02

RETORNO 59 No. 26
COL. AVANTE
DELEGACION COYOACAN
677-69-93

30.- PLATAS ZAVALA AGUSTIN
COYSER, S.A. DE C.V.
ANALISTA DE MAQUINARIA
LAFAYETTE No. 40
COL. ANZURES
545-63-28

FUENTES BROTTANTES No. 15
COL. PORTALES
552-02-49

31.- PEREZ MILICUA LAVIN ANTONIO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
SUPERVISOR CIVIL
MISSISSIPPI No. 71-10o. PISO
COL. CUAUHEMOC
553-71-33 ext. 2251

RENAN No. 18-502
COL. ANZURES
DELEGACION MIGUEL HIDALGO
11590 MEXICO, D.F.
250-68-69

32.- RAMOS HERNANDEZ JOSE LUIS
S. C. T.
JEFE DE SECCION
CENTRO SCOP
XOLA Y AV. UNIVERSIDAD
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03029 MEXICO, D.F.
538-90-85

MANZANA 2 ENTRADA C-201
UNIDAD INFONAVIT NATIVITAS
COL. STA. MARIA NATIVITAS
DELEGACION XOCHIMILCO
16450 MEXICO, D.F.

33.- REZA NAVARRETE RAUL
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
JEFE DE FRENTE
MINERIA No. 145
COL. ESCANDON
516-04-60 ext. 767

CALLE CAFETAL No. 451-4
COL. GRANJAS MEXICO
DELEGACION IZTACALCO
657-04-20

34.- RIVAS ORTIZ RICARDO
CONSTRUCTORA CODAGAN
GERENTE DE CONSTRUCCION
RANCHO GUADALUPE
METEPEC EDO. DE MEXICO

M. GONZALEZ No. 150 EDIF. S.L.P.
ENTRADA "A" DEPTO. 102
TLATELOLCO
06900 MEXICO, D.F.
597-06-73

35.- RIVERA MORALES JAIME
I. C. A.
JEFE DE FRENTE

HIDALGO No. 131 PTE.
4-54-69

- 36.- RODRIGUEZ MIAZ MARTIN
S. C. T.
CAMINOS RURALES
AUXILIAR
VERTIZ No. 1243
COL. VERTIZ
DELEGACION BENITO JUAREZ
575-03-75
- 37.- TAPIA ESPINOSA DOMINGO
S. C. T.
DIRECCION GRAL. AEROPUERTOS
JEFE DE OFICINA
CHIAPAS No. 121
COL. ROMA
DELEGACION CUAUHEMOC
574-83-81
- 38.- VALENCIA MORA JORGE
- 39.- VARGAS CARRERA JAIME
JUNTA LOCAL DE CAMINOS
DEL EDO. DE MEXICO
RESIDENTE DE TOLUCA
AV. INDEPENDENCIA No. 1329
TOLUCA- EDO. DE MEXICO
4-03-99
- 40.- VARGAS CARRERA HECTOR
JUNTA LOCAL DE CAMINOS
DEL EDO. DE MEXICO
AUXILIAR DE UNIDAD TECNICA
INDEPENDENCIA No. 1329
4-03-99
- 41.- ZAMBRANO ROMERO GUILLERMO
CONSTRUCCIONES, CONVERSIONES
Y PAVIMENTOS
SUPERINTENDENTE DE OBRA
MINERIA No. 145
COL. ESCANDON
516-04-60
- 42.- ZORRILLA GONZALEZ MARCELO JAVIER
INGENIEROS Y CONTRATISTAS, S.A.
AUXILIAR TECNICO
DARWIN No. 102-2o. PISO
COL. ANZURES
11590 MEXICO, D.F.
533-18-00
- REP. DE COSTA RICA No. 66-21
COL. MORELOS
DELEGACION CUAUHEMOC
06020 MEXICO, D.F.
7-91-00-64
- PUEBLA No. 50-12
COL. ROMA
DELEGACION CUAUHEMOC
06700 MEXICO, D.F.
- APATZINGAN No. 725
COL. INDEPENDENCIA
5-65-35
- APATZINGAN No. 725
COL. INDEPENDENCIA
5-65-35
- GUADALAJARA No. 5
COL. VALLE CEYLAN
TLALNEPANTLA, EDO. DE MEXICO
565-42-39
- ANAXAGORAS No. 590-3
COL. NARVARTE
DELEGACION BENITO JUAREZ
03020 MEXICO, D.F.
543-21-43

43.- WONG VERGA ROBERTO
INMOBILIARIA ROCALY
ASISTENTE
INSURGENTES SUR No. 1799-321
COL. SAN JOSE INSURGENTES
524-48-74

SAN BERNABE No. 872-19
COL. SAN JERONIMO
DELEGACION COYOACAN

TERRACERIAS JUNIO DE 1984.

1. ING. CARLOS MANUEL CHAVARRI MALDONADO (COORDINADOR)
Gerente de Planeación
ICOR, S.A.
Antonio Maceo No. 16-11
11800 México, D.F.
515 80 81 y 5158442

2. ING. MARIANO RUIZ VAZQUEZ
Jefe de la División de Ingeniería
en Ciencias de la Tierra
Facultad de Ingeniería
UNAM
México, D.F.
550 00 40

3. ING. ERNESTO RENE MENDOZA SANCHEZ
Jefe del Departamento de Construcción
División de Ingeniería Civil,
Topográfica y Geodésica
Facultad de Ingeniería
UNAM
México, D.F.
548 96 69

4. ING. MAURICIO JESSURUN SOLOMOU
Gerente General
Olin Internacional, S.A. de C.V.
Tehuantepec 125
México, D.F.
564 13 57 t 564 30 64

5. ING. RAFAEL ABURTO VALDES
Director General
Grupo Empresas
Infran, S.A. Ings. Civ. del Pacífico, S.A.
Insurgentes Sur 1802-2° Piso
Col. Florida
México, D.F.
524 66 31 y 524 66 84

6. ING. JULIO CESAR ACEVES SERRANO
INGENIEROS CIVILES ASOCIADOS
Minería 145 Edificio 1 2° Piso
Escandón
México, D.F.
277 72 97

7. ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO
Director General
Grupo de Ingeniería Integral, S.A.
Adolfo Prieto No. 430
México, D.F.
536 03 29

8. ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPARZA
Jefe de Ingeniería de Ventas
Compacto
Div. Maquinaria de Industria del Hierro, S.A.
Tonalá No. 130-1° Piso
México, D.F.
584 41 88 y 565 46 38

9. ING. FERNANDO PAVELA LOZOYA
Vicepresidente
ICA Internacional
Minería 145
México, D.F.
516 04 60 Ext. 120

10. ING. JOSE PIÑA GARZA
ICATEC, S.A.
San Francisco No. 25-3° Piso
México 12, D.F.
536 64 40

11. ING. VICENTE SAISO SEMPERE
Presidente
GESCO, S.A.
Av. S. Antonio No. 188-102
México 19, D.F.
543 89 71

12. ING. JORGE HUMBERTO DE ALBA CASTAÑEDA
Coordinador de Supervisión
ICATEC
Av. S. Francisco 469-2
Tlalpán
México, D.F.
655 01 84

13. ING. ROBERTO LEON RENDON LEON
Coordinador de la Carrera de Ingeniería Civil
Universidad Anáhuac
México 10, D.F.
589 22 99 Ext. 134

MOVIMIENTO DE TIERRAS, EXCAVACIONES Y TERRACERIAS JUNIO DE 1984.

Fecha	Tema	Horario	Profesores
Junio 4	INTRODUCCION	9 a 9:30 a.m.	Ing. Carlos M. Chavarrí M.
	Geología	9:30 a 11 a.m.	Ing. Mariano Ruiz Vázquez
	Planeación	11 a 13 h	Ing. Ernesto Mendoza S.
	Comida	13 a 14 h	
	Tractores Motoescrapas	14 a 17:14 h 17:15 a 20:30 h	Ing. Rafael Aburto Valdés Ing. Julio César Aceves S.
Junio 5	Cargadores	9 a 10:45 a.m.	Ing. Carlos M. Chavarrí M.
	Retroexcavadoras	10:45 a 12 h	Ing. Carlos M. Chavarrí M.
	Otros Equipos	12 a 13:30 h	Ing. Carlos M. Chavarrí M.
	Comida	13:30 a 14:30 h	
	Taller	14:30 a 16 h	Ing. Mauricio Jessurun S.
Junio 6	Compactación	9 a 12 h	Ing. Federico Alcaraz L.
	Explotación de Rocas	12 a 13 h	Ing. Federico Alcaraz L.
	Comida	13 a 14 h	
	Explotación de Rocas	14 a 16 h	Ing. Federico Alcaraz L.
	Cuidado del Equipo de Terracerías	16 a 18:30 h	Ing. Vicente Saiso Sempere
Junio 7	Reemplazo de Equipo	9 a 13 h	Ing. Ernesto Mendoza S.
	Comida	13 a 14 h	
	Técnicas de Producción de Agregados	14 a 19 h	Ing. Pedro Luis Benítez
Junio 8	Principales Factores que Influyen en la Selección de Equipo	9 a 10:20 h	Ing. Fernando Favela L.
	Métodos de selección de equipo	10:20 a 13 h	Ing. Fernando Favela L.
	Comida	13 a 14 h	
	Métodos de Selección de Equipo	14 a 16:30 h	Ing. José Piña Garza
	El Equipo de Construcción en el Proceso Inflacionario	16:30 a 18:30 h	Ing. José Piña Garza
Junio 9	Control	9 a 12 h	Ing. Jorge H. de Alba Castañeda
	Estudios de Tiempos y Movimientos	12 a 14 h	Ing. León Roberto León Rendón.
Junio 11	PRACTICA DE CAMPO.		

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

①

CURSO: MOVIMIENTO DE TIERRAS, EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

FECHA: Del 4 al 11 de junio de 1984.

		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
CONFERENCISTA						
1.	ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO					
2.	ING. MARIANO RUIZ VAZQUEZ					
3.	ING. ERNESTO MENDOZA S.					
4.	ING. RAFAEL ABURTO VALDES					
5.	ING. JULIO CESAR ACEVES S.					
6.	ING. MAURICIO JESSURUM S.					
7.	ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO					
8.	ING. VICENTE SAISO SEMPERE					
9.	ING. PEDRO LUIS BENITEZ E.					
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10						

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE



CURSO:

FECHA:

	DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIOVISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD
CONFERENCISTA				
1. ING. FERNANDO FANELA LOZOVA				
2. ING. JOSE PIÑA GARZA				
3. ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA				
4. ING. LEON ROBERTO LEON RENDON				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
ESCALA DE EVALUACION : 1 a 10				

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

2

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

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
INTRODUCCION					
GEOLOGIA					
PLANIFICACION					
TRACTORES					
MOTODESCREPAS					
CARGADORES					
RETROEXCAVADORAS					
OTROS EQUIPOS					
TALLER					
COMPACTACION					

ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10

EVALUACION DEL CURSO

3

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

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

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

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

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

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

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

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

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

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

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

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

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

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

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

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

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

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

10. Otras sugerencias:



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

MOTOESCREPAS

ING. JULIO CESAR ACEVES S.

JUNIO, 1984

Motoescrepas.

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

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

Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes.

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

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

En la 1a. se observa como baja la caja presentando la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30 cms. en motoescrepas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cms. en la de mayor tamaño. De acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla será la longitud de corte para el llenado total de la caja. Una vez llena la caja se levanta, se cierra la compuerta delantera y se ejecuta el acarreo.

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

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

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

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

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

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

Otra evolución que han tenido las motoescrapas es en relación con el tamaño de las mismas. Podemos ver motoescrapas desde 8 m³ de capacidad hasta 50 m³.

En la transparencia siguiente podemos observar la motoescropa L-90 La Tourneau, constituida por un conjunto de 32 mts. de longitud, 3.60 mts. de ancho y una altura al tope de la cabina de 4.20 mts. Todas sus funciones son operadas eléctricamente por medio de 3 motores diesel de 475 H.P. c/u acoplados a 3 generadores de corriente continua conectados a 12 motores para las ruedas y mecanismos. Esta motoescropa carga en 40 segundos sin empujador 50 m³ de material a 500 m³/hora.

En esta otra transparencia vemos motoescrepa La Terex TS-32 de 43 yd³ colmada (33 m³) operada con sistema hidráulico.

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

En la gráfica vemos como aumenta el costo a medida que disminuye el tamaño de la motoescrepa tomando como 100% de costo la de 54 yd³ hasta llegar a la de 18 yd³ con un incremento de un 20%.

En el caso particular de México por las características de las obras sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo las motoescrepas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos las de 24 yd³.

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

<u>MAQUINA</u>	<u>TIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>NO. DE MODELO</u>
Motoescrepa	Estándar	8-31 m ³	6
Motoescrepa	De potencia en Tandem	11-32 m ³	4
Motoescrepa	De rito y empuje (Push-Pull)	11-49 m ³	3
Motoescrepa	De autocarga (con mecanismo elevador)	11-31 m ³	3

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

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

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

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

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

Se elimina el tractor empujador.

Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de escrapas convencionales y el empujador.

No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.

Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que esperar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como en las convencionales.

Es un equipo balanceado con menor inversión.

El costo por el arreglo consistente en un refuerzo especial en los bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche representa tan solo de un 6 a un 7% de la inversión de una motoescrapa de 2 motores.

Las Motoescrapas Autocargables

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

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

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

Nos queda ahora responder a las siguientes preguntas dado un trabajo de terminado: que tipo y que tamaño de Motoescrepa debemos seleccionar?. Su - poniendo que se trata por supuesto de un trabajo para Motoescrepas, lo míni mo que debemos conocer es:

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

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

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

- 1.- Cargos Fijos
 - a).- Depreciación anual
 - b).- Intereses seguros impuestos
 - c).- Reparaciones mayores y menores
 - d).- Talleres
 - e).- Almacenaaje

II.- Cargos por consumos

- a).- Combustibles
- b).- Lubricantes
- c).- Llantas
- d).- Eléctricos
- e).- Otros

III.- Cargos por Operación

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

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

- 1).- Observación directa
- 2).- Por medio de reglas y fórmulas
- 3).- Por medio de datos del Fabricante

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

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

Tiempo medio de espera	0.28 minutos
Tiempo medio de demora	0.25 "
Tiempo medio de carga	0.65 "
Tiempo medio de acarreo	4.26 "
Tiempo medio de descarga	0.50 "
Tiempo medio de retorno	2.06 "

T o t a l : 8.00 minutos

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

Peso de la unidad cargada.

Pesada No. 1 42 375 kgs.

Pesada No. 2 40 720 kgs.

Pesada No. 3 40 260 kgs.

123 355 kgs.

Peso medio 41 120 kgs.

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

2.- Peso volumétrico del material 1 890 kg/m³ en banco.

3.- Carga = $\frac{19\ 050\ \text{kgs.}}{1\ 890\ \text{kg/m}^3}$ = 10 m³ en banco

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

5.- Producción Media = 7.5 x 10 = 75 m³/hora en banco.

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

Por medio de Reglas y Fórmulas:

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

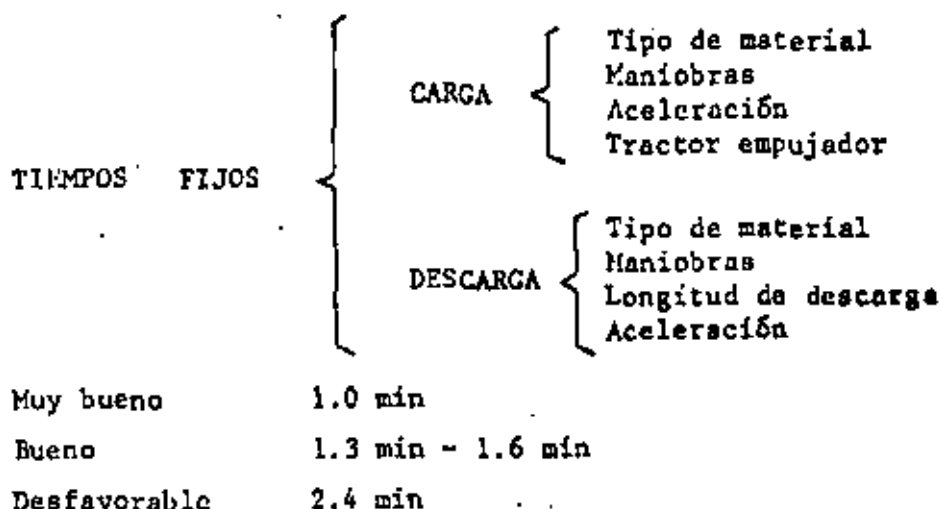
a) La carga. - se realizará en el tiempo necesario cuando ayudada o no por el tractor empujador force el material con la cuchilla de la motoscrapa hacia adentro de la caja y quede completamente llena.

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

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

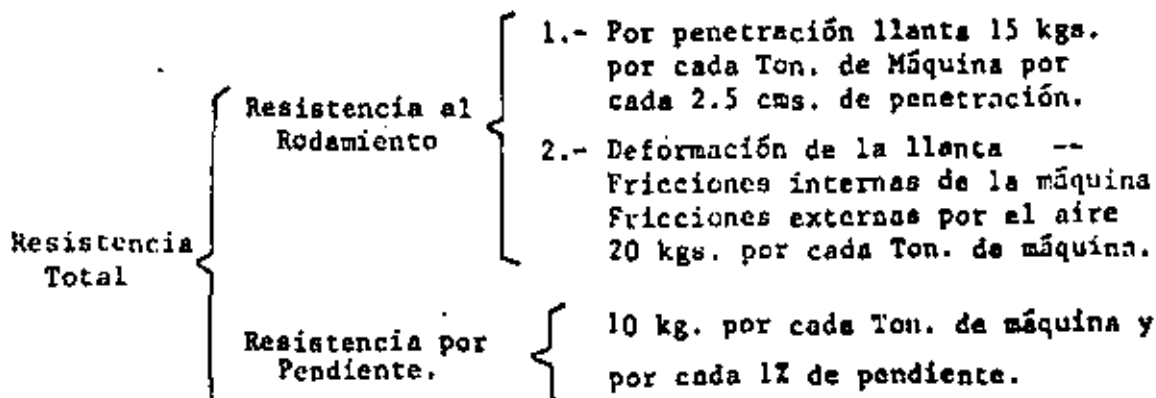
- d) Las aceleraciones.- Son los tiempos que se requieren para ejecutar el cambio de velocidad de la caja de transmisión directa. En la actualidad las máquinas con cambios automáticos y de potencia permiten - - disminuir bastante estos tiempos.
- e) El acarreo.- Es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga al inicio en el sitio de descarga.
- f) El regreso o retorno.- Es el tiempo que requiere la máquina vacía de la salida del sitio de descarga al inicio en el sitio de carga.

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



TIEMPOS VARIABLES

Longitud de Acarreo:



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

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

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

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

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

Veamos un ejemplo de aplicación de los conceptos anteriores.

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

- 1.- Volúmen en banco necesario.
- 2.- Número de viajes.

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

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

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

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

Los factores que debemos considerar son:

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

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

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

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

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

Del ejemplo de observación.

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

$$\begin{array}{rcl} 15 \text{ kgs/Ton} \times 3 + 20 \text{ kgs/Ton} & = & 65 \text{ kg/Ton.} \\ 65 \text{ kgs/Ton} \times 41.120 \text{ Tons.} & = & \underline{2\ 673 \text{ kgs.}} \end{array}$$

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

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

$$\text{La Resistencia Total} = R. R. + R. P.$$

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

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

Como ejemplo tenemos:

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

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

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

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

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

Ejemplo:

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

En tierra firme:

$$0.50 \times 23\ 600 = 11\ 800 \text{ kgs.}$$

En tierra suelta:

$$0.40 \times 23\ 600 = 9\ 440 \text{ kgs.}$$

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

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

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

SECUENCIAS PARA CALCULAR LA VELOCIDAD DE TRABAJO DE UNA MAQUINA

- 1o.- Determinése la Fuerza de tracción necesaria que es la suma de la Resistencia al Rodamiento más la Resistencia por Pendiente.
- 2o.- Compárese la Fuerza de Tracción necesaria con la Fuerza de Tracción Velocidad disponible de las especificaciones de la máquina.

- 3o.- De la comparación anterior, selecciónese la más alta velocidad que sea aconsejable usar.
- 4o.- En caso necesario considérese la tracción que ofrece el terreno y determinese la Fuerza de Tracción Utilizable - Velocidad.
- 5o.- Si el trabajo se lleva a cabo a una altitud mayor de 1 500 mts. calcúlese la pérdida de potencia y revísese la nueva velocidad más aconsejable.

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

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

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

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

Con este tiempo podemos calcular la producción horaria de la máquina y el costo por m³ de material movido en Banco.

Ejemplo para ver el proceso de cálculo:

Problema:

La Empresa "A" tiene que ejecutar un trabajo consistente en mover - 800 000 m³ para la construcción de una pista de aterrizaje, cuenta la Empresa con el siguiente Equipo.

- 6 Motoescrapas. Caterpillar. 621 de 15 m³ de capacidad colmada.
- 2 Tractores D-8H con ampujador amortiguado.

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

Los Datos son:

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

Costos horarios: según la Empresa

Tractor	-	\$ 280/hora
Motoescropa	-	\$ 320/hora

La Empresa desea saber el costo por m³ en banco más barato con los siguientes tipos de camino de acarreo.

- a) Sin revestir
- b) Revestido
- c) Pavimentado.

I.- Suposición de los tiempos fijos:

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

II.- Cálculo de los tiempos variables:

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

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

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

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

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

RESUMIENDO

DE IDA (CARGADA)

Tipo de Camino	Resist. al Rod. Kg/T.M.	R. por P. kg/T.M.		R. Total kg/T.M.	
		1000 m.	300 m.	1000 m.	300 m.
Sin revestir	65	40	-20	105	45
Revestido	50	40	-20	90	30
Pavimentado	35	40	-20	75	15

T-33

DE REGRESO (VACIA)

17

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

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

Resistencia Total x Peso de la máquina cargada.

Resistencia total x Peso de la máquina vacía.

También la Resistencia Total puede hacerse equivalente a la pendiente de un camino ficticio es decir si tenemos que la resistencia por pendiente es igual a 10 kg. por cada Ton. de Máquina y por cada 1% de pendiente bastará dividir la resistencia total entre 10 para obtener el % de pendiente equivalente.

Esto se hace en virtud de que las gráficas de algunos fabricantes las presentan como Rimpull o en % de pendiente o ambos.

PESO MOTOESCREPA CARGADA = 43 TONS. DE IDA

Tipo de Camino	R. T. o Rimpull Toneladas		R. T. en % Pendiente	
	1000	300	1000	300
Sin revestir 105 - 45	4.5	1.9	10.5	4.5
Revestido 50 - 30	3.9	1.3	9.0	3.0
Pavimentado 25 - 15	3.2	0.7	7.5	1.5

PESO MOTOESCREPA VACIA = 23.6 TON. DE REGRESO

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

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

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

Coeficiente en camino sin revestir = 0.45

Peso de la máquina cargada en las ruedas motrices 63%
 $0.63 \times 43 \text{ T} \times 0.45 = 12 \text{ T.}$

Peso de la máquina vacía en las ruedas motrices 63%
 $0.63 \times 23.6 \text{ T.} \times 0.45 = 6.8 \text{ T.}$

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

Corrección por altitud.

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

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

Habrán que multiplicar las Resistencias Totales o Rimpull de los cuadros anteriores por 1.05 .

MOTOESCREPA CARGADA

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

MOTOESCREPA VACIA

Tipo de Camino	R. T. TONS. (RIMPULL)		R. T. % DE PENDIENTE	
	300	1000	300	1000
Sin revestir	2.1	0.6	9.0	2.6
Revestido	1.8	0.2	7.3	1.1
Pavimentado	1.4	-0.1	6.0	-1.6

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

Se puede entrar con el Rímpull o con el Z de pendiente por ejemplo para 4.7 de Rímpull o 11% de pendiente, se procede de la siguiente forma:

En dónde dice Fuerza de Tracción o Rímpull de la escala vertical del lado izquierdo, buscamos 4.7 Tons. seguimos en una línea horizontal hasta interceptar la curva correspondiente a la 4a. velocidad, de este punto bajamos verticalmente y encontramos en la escala horizontal la velocidad de 15 Km/h.

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

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

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA CARGADA

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

VELOCIDADES DE LA MOTOESCREPA VACIA

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

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

Por ejemplo si se escogiera el tipo de camino pavimentado:

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

Las velocidades anteriores son las velocidades máximas, debemos multipli- carlas por 0.65 para obtener las velocidades medias que consideran las acele- raciones y desaceleraciones.

VELOCIDADES MEDIAS (CARGADA)

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

VELOCIDADES MEDIAS (VACIA)

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

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

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

TIEMPOS DE MOTOESCREPA CARGADA

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

TIEMPOS DE MOTOESCREPA VACIA

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

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

TIEMPO TOTAL DEL CICLO EN MINUTOS Y
M³/H. EN BANCO.

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

COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO = 1.25 ó 0.8 por el P.
 CAPACIDAD COLMADA DE LA MOTOESCREPA = 15 m³
 CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA EN BANCO = 15 x 0.8 = 12 m³

Esta producción esta considerada para horas de 60 minutos, es lógico pensar que esto es poco real en virtud de que intervienen factores tales como la experiencia, la habilidad de los operadores, descomposturas, demoras imprevistas, etc., por lo cual la producción al 100% de eficiencia deberá afectarse del factor de eficiencia que considere cada empresa de acuerdo con su experiencia en términos generales un factor de eficiencia del 70% es bastante bueno. Con esto último calcularemos la producción real, el costo por m³ de material movido en banco. Antes de pasar a realizar este cálculo analizaremos si el equipo de 2 tractores y 6 motoescrepas esta balanceado.

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

NUMERO DE MOTOESCREPAS

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

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

T-44

Costo de los conjuntos:

Costo horario del tractor \$ 280.00/hora

Costo horario Motoescrepa \$ 320.00/hora

Costo conjunto 1 tractor y 6 Motoescrepas.

1 x \$ 280.00 = \$ 280.00/h.

6 x \$ 320.00 = \$ 1920.00/h.

Costo Total = \$ 2200.00/h.

Costo conjunto 1 tractor y 5 Motoescrepas.

1 x \$ 280.00 = \$ 280.00/h.

5 x \$ 320.00 = \$ 1600.00/h.

Costo Total = \$ 1880.00/h

Producción real para:

A.- Camino sin revestir						
67 m ³ /h	x	0.7	x	6 máquinas	=	281 m ³ /h
B.- Camino revestido						
73 m ³ /h	x	0.7	x	5 máquinas	=	256 m ³ /h
C.- Camino Pavimentado						
83 m ³ /h	x	0.7	x	5 máquinas	=	291 m ³ /h

Costo por m³/h movido en banco:

A.- Camino sin revestir			
\$ 2 200.00	=	\$ 7.82	
<u>281 m³/h</u>			
Costo Total	=	7.82 x 800,000 m ³	= 6'256,000
B.- Camino revestido			
\$ 1 880.00	=	\$ 7.35	
<u>256 m³/h</u>			
Costo Total	=	7.35 x 800,000 m ³	= 5'880,000
C.- Camino Pavimentado			
\$ 1 880.00	=	\$ 6.47	
<u>291 m³/h</u>			
Costo Total	=	6.47 x 800,000 m ³	= 5'176,000

Por último:

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

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

DISTANCIA DE ACARREO EN METROS (MEDIO CICLO)
CAMINO DE 100 kg/T

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

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

Conclusiones:

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

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

Reducción de Tiempos fijos.-

Realizar la carga con pendiente favorable.

Escoger el empujador más adecuado.

Educación del Operador.

etc.

Reducción de Tiempos variables.-

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

Señalamiento de las velocidades a lo largo del camino.

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

etc.

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

Recuerden siempre que tiempo es dinero.

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



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: TERRACERIAS Y EXCAVACIONES

GEOLOGIA

Ing. Mariano Ruíz Vázquez

JUNIO, 1984

MOVIMIENTO DE TIERRAS

Geología

Introducción

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

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

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

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

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

-¿Qué materiales se van a trabajar?

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

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

-¿Qué volumen del material no es utilizable?

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

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

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

do y finalmente se tratará un ejemplo práctico con el auxilio de una carta geotécnica.

Clasificación de los materiales

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

Terrenos suaves

Terrenos mixtos

Terrenos rocosos o coherentes

Terrenos suaves

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

Caen en este grupo materiales tales como:

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

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

boleos

gravas

arenas

arcillos y limos

lapilli

cenizas.

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

Terrenos mixtos.

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

Comprenden este grupo los materiales siguientes.

		volcánicas
	Igneas	intrusivas
Rocas alternadas o parcialmente alteradas	Sedimentarias.	
	Metamórficas:	
Algunas areniscas		
Lutitas		
Margas		
Algunas tobas		
Algunas rocas metamórficas		

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

Terrenos rocosos o coherentes.

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

Rocas Igneas	}	Volcánicas	}	Basalto
				Andesita
				Tobas
		Intrusivas		Granito
				Granodiorita
				Diorita

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

Rocas metamórficas: Mármol, cuarcita Gneiss esquistos, etc.

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

Métodos de exploración.

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

Reconocimiento preliminar.

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

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

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

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

Estudio detallado.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

El estudio geotécnico o geológico económico nos va a dar la respuesta a las interrogantes que se plantearon al principio, algunas de las cuales ya fueron comentadas, como son las relativas al tipo de materiales y al método de extracción que hay que escoger. Información adicional aparece en la Fig.2 y 3

Naturaleza de la roca	Velocidad sísmica en m/s			
	1000	2000	3000	4000
Granitos	██████████	██████████	██████████	██████████
Basaltos	██████████	██████████	██████████	██████████
Esquistos	██████████	██████████	██████████	██████████
Areniscas	██████████	██████████	██████████	██████████
Margas	██████████	██████████	██████████	██████████
Argilitas	██████████	██████████	██████████	██████████
Micaesquistos	██████████	██████████	██████████	██████████
Cuarcitas	██████████	██████████	██████████	██████████
Gneises	██████████	██████████	██████████	██████████

- ██████████ Desgarrable (tractor de 390 Hp)
- ██████████ Marginal
- ██████████ Desgarrable solo utilizando explosivos.

8

Figura # 1

DENSIDAD, FACTOR DE ABUNDAMIENTO Y CAVABILIDAD
DE ALGUNAS ROCAS Y SUELOS COMUNES (ATKINSON 1971)

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

S = Material suave facilmente cavable

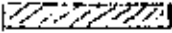

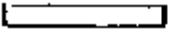
M = Material de dureza media, parcialmente consolidado.

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

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

Velocidad sísmica en m/sec x 1000

	0	1	2	3
Trabajo con pico y pala	[Hatched area]			
Tractor-Escrepa; sin desgarrar	[Hatched area]			
Tractor-Escrepa; después de desgarrar.	[Hatched area]			
Cargador frontal sin explosivos	[Hatched area]			
Excavadora con cuchara y cadena	[Hatched area]			
Escavador de rueda y canjilones	[Hatched area]			
Draga fina sin explosivos	[Hatched area]			
Draga sin explosivos	[Hatched area]			
Pala sin explosivos	[Hatched area]			

-  Posible
-  Marginal
-  Imposible

Velocidades sísmicas para determinar factibilidad de excavación (Atkinson)

Figura No. 3

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

Supongamos el caso de una presa

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

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

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

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

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

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

BIBLIOGRAFIA

- Antoine P. y Fabre, D 1980 Geologie Appliquée au Génie Civil Masson. S.A. Paris, - Francia.
- Inst. de Ing. U.N.A.M. 1979 Manual de Diseño de Obras - Civiles. Comisión Federal de Electricidad Inst. de Investigaciones Eléctricas.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

PLANEACION

1.- DECISIONES

Ing. Fernando Favela Lezoya

JUNIO, 1984

TOMA DE DECISIONES

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

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

OBJETIVOS

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

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

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

derivados al usar la solución propuesta por él. 2

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

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

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

PROCEDIMIENTO PARA TOMAR DECISIONES

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

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

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

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

CERTEZA - RIESGO - INCERTIDUMBRE

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

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

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

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

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

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

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

RESTRICCIONES

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

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

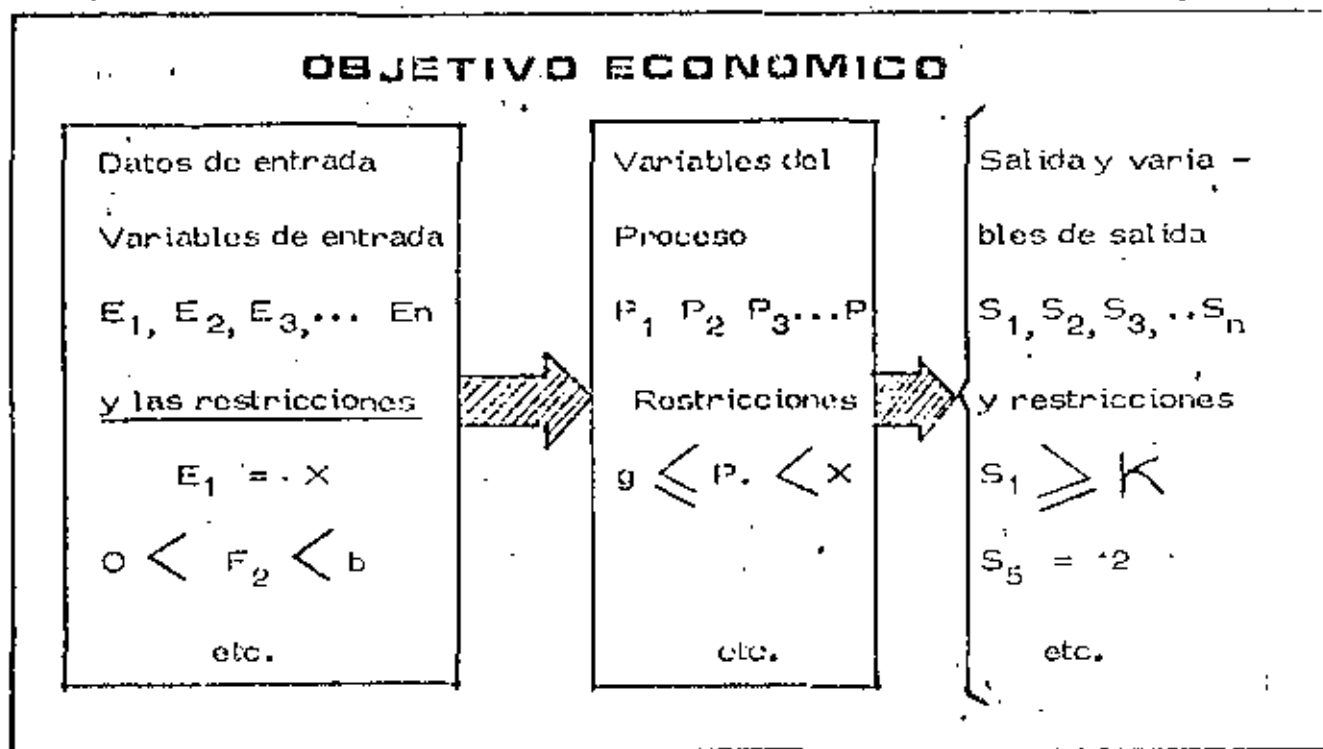
SELECCION DE VARIABLES

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

- a) Controlables, aquellas que podremos variar a nuestro antojo.
- b) Las que no pueden ser controladas o manipuladas en el proceso, pero que influyen en la salida.

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

DADOS

**ENCONTRAR**

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

DECISION MINIMIZANDO COSTO DIRECTO

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

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

DECISION CONSIDERANDO GASTOS INDIRECTOS 5

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

FLUJO DE INFORMACION

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

DECISIONES A NIVEL GERENCIA

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

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

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

6

PROGRAMA GENERAL

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

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

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

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

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

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

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

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

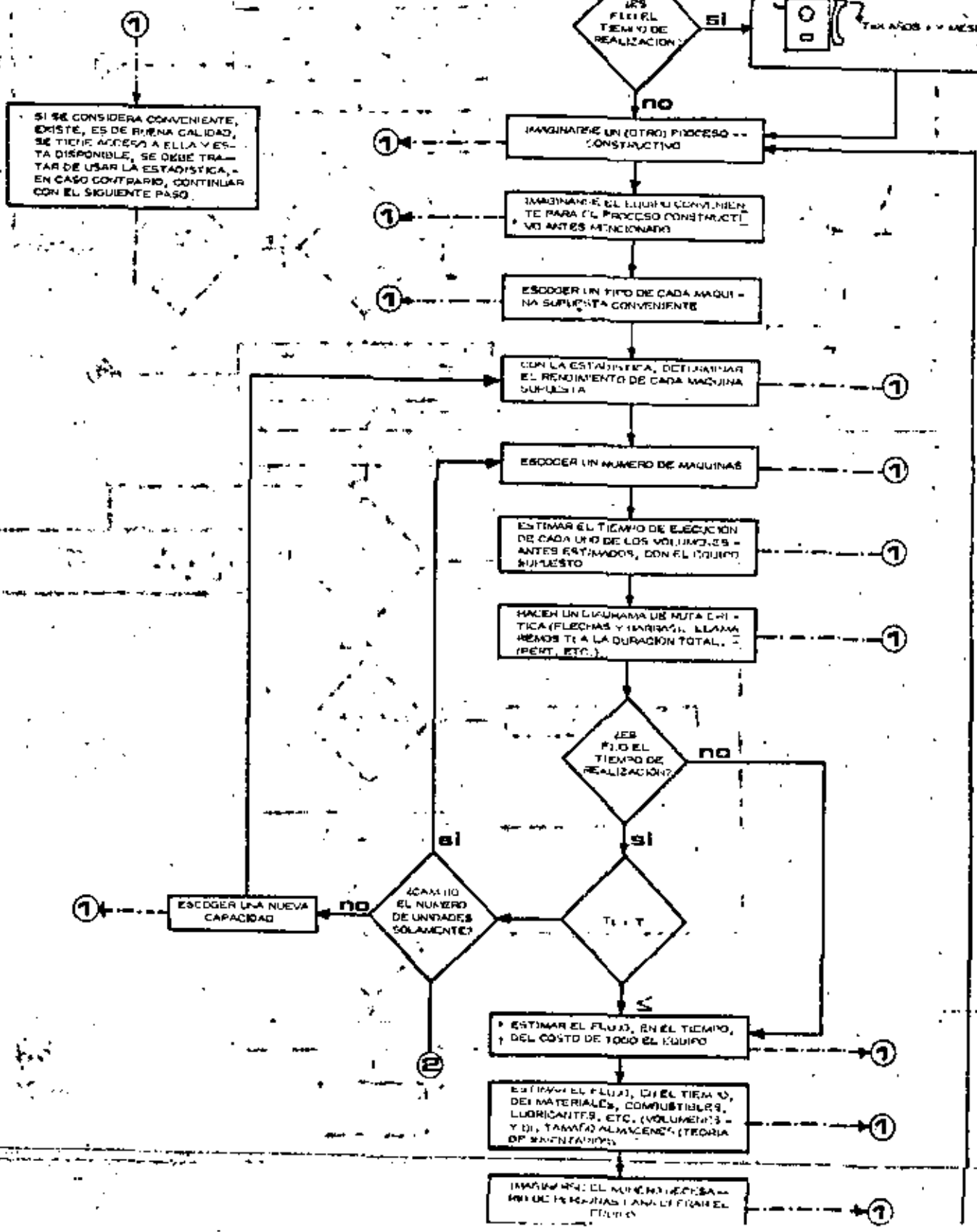
Esto puede hacerse fácilmente mediante redes de actividades.

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

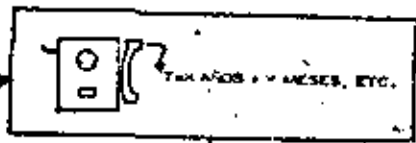
7.

23

EXPERIENCIA ESTADÍSTICA MENTAL



SI SE CONSIDERA CONVENIENTE, EXISTE, ES DE BUENA CALIDAD, SE TIENE ACCESO A ELLA Y ESTA DISPONIBLE, SE DEBE TRATAR DE USAR LA ESTADÍSTICA. EN CASO CONTRARIO, CONTINUAR CON EL SIGUIENTE PASO.



ESCOGER UNA NUEVA CAPACIDAD

1

1

1

1

1

1

1

1

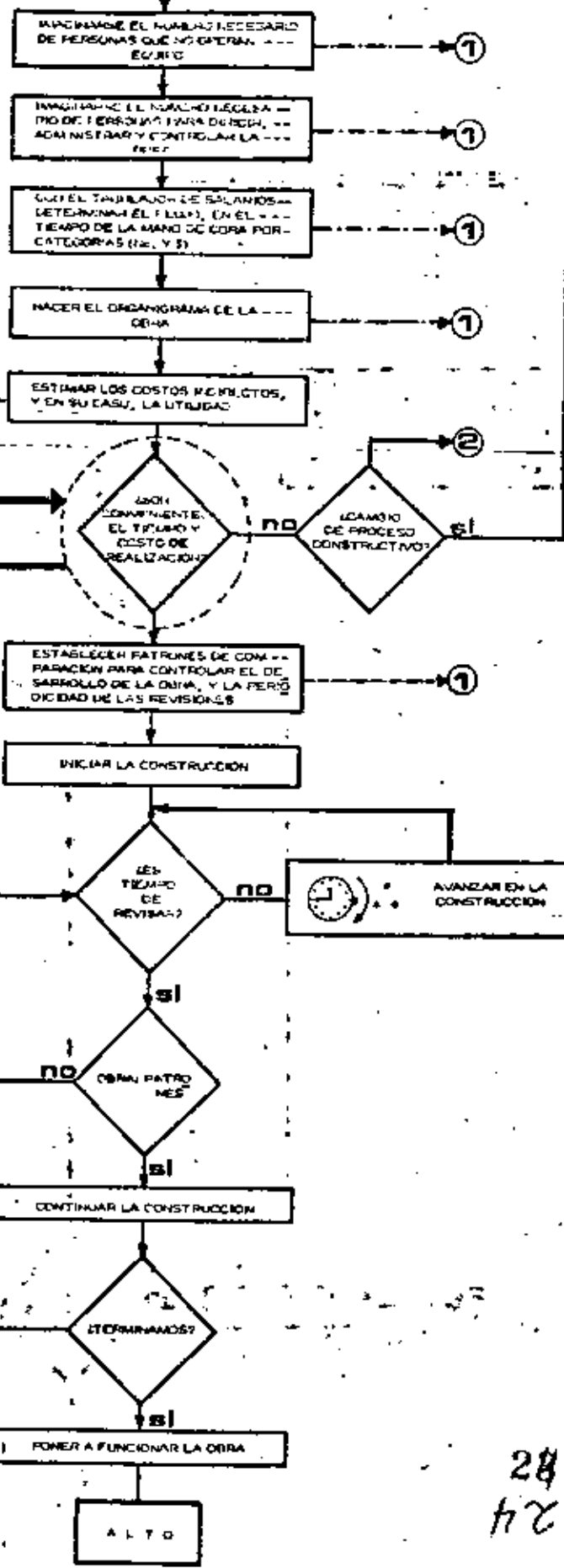
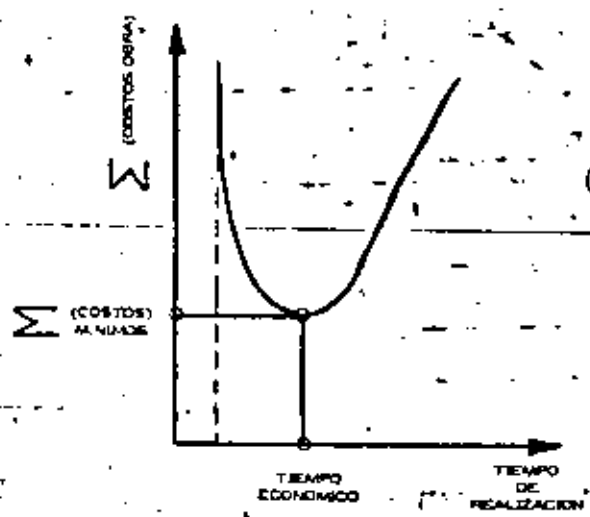
2

1

1

1

8



28
47

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

EJEMPLO DE PROGRAMACION DE EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

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

Por esto es usual seguir las siguientes fases:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IMPLEMENTACION

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

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

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

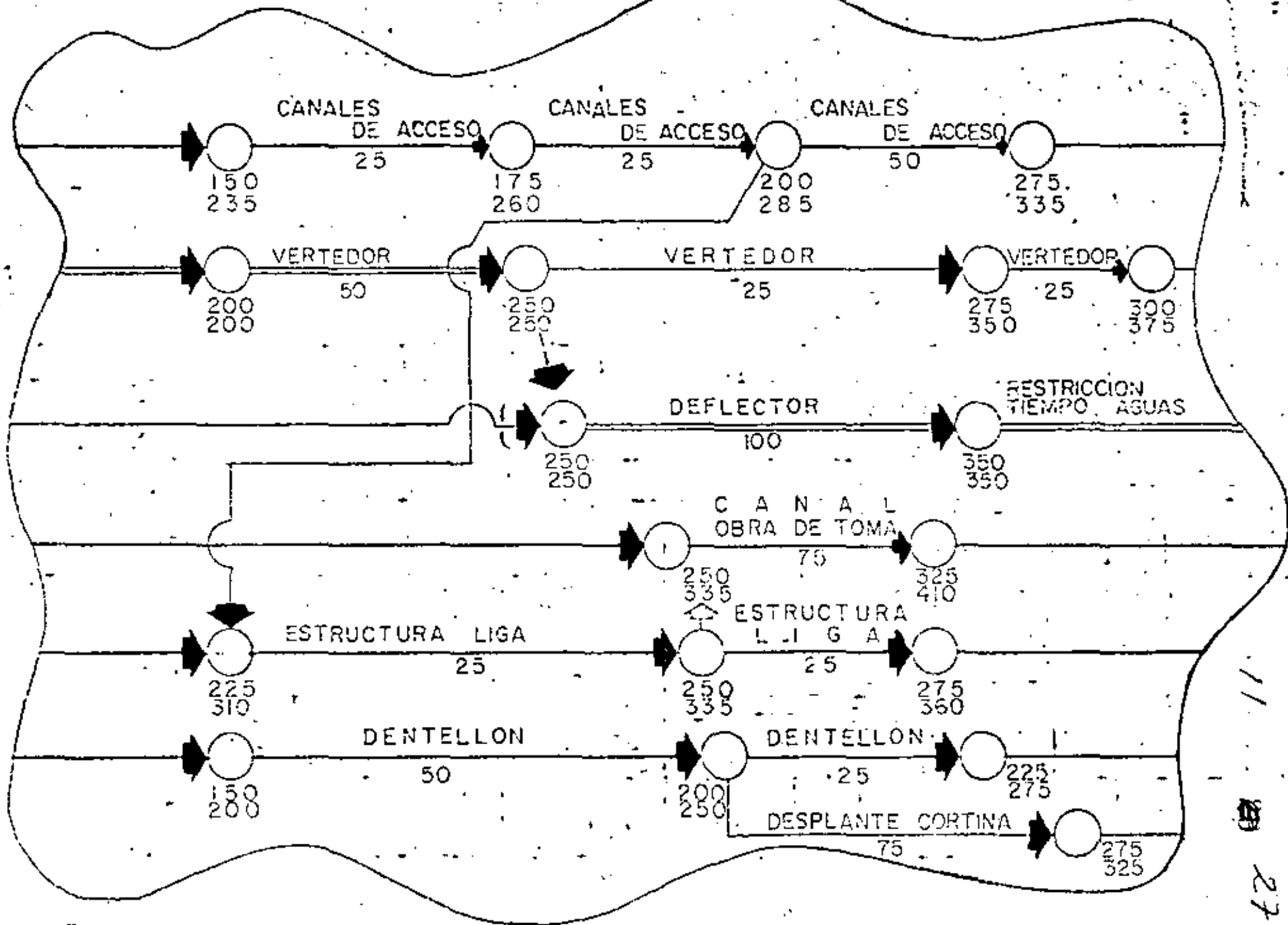


Fig.

PROGRAMA DE EXCAVACIONES (MATERIAL COMUN)

Fig. # 3

C O N C E P T O	m ³	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		150	275	200	225	250	275	300	325	350	375	400
CANALES DE ACCESO	20000	[Gantt chart bars for 20000 m³]										
CANALES DE ACCESO	15000	[Gantt chart bars for 15000 m³]										
CANALES DE ACCESO	12000	[Gantt chart bars for 12000 m³]										
VERTEDOR	70000	[Gantt chart bars for 70000 m³]										
VERTEDOR	30000	[Gantt chart bars for 30000 m³]										
VERTEDOR	39000	[Gantt chart bars for 39000 m³]										
DEFLECTOR	120000	[Gantt chart bars for 120000 m³]										
CANAL OBRA TOMA	24000	[Gantt chart bars for 24000 m³]										
ESTRUCTURA LIGA	2000	[Gantt chart bars for 2000 m³]										
ESTRUCTURA LIGA	2000	[Gantt chart bars for 2000 m³]										
DENTELLON	50000	[Gantt chart bars for 50000 m³]										
DENTELLON	10000	[Gantt chart bars for 10000 m³]										
DESPLANTE CORTINA	80000	[Gantt chart bars for 80000 m³]										
SUMA PARCIAL		45000	40000	580000	630000	950000	77000	38000	30000			
SUMA ACUMULADA		45000	85000	171000	234000	329000	406000	444000	474000			
		<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 20px; height: 10px; border: 1px solid black; background-color: white;"></div> DURACION DE LA ACTIVIDAD <div style="width: 20px; height: 10px; border: 1px dashed black; background-color: white;"></div> TIEMPO FLOTANTE LIBRE <div style="width: 20px; height: 10px; border: 1px dotted black; background-color: white;"></div> TIEMPO FLOTANTE TOTAL <div style="width: 20px; height: 10px; border: 1px solid black; background-color: black;"></div> ACTIVIDAD CRITICA </div>										

2

28

13

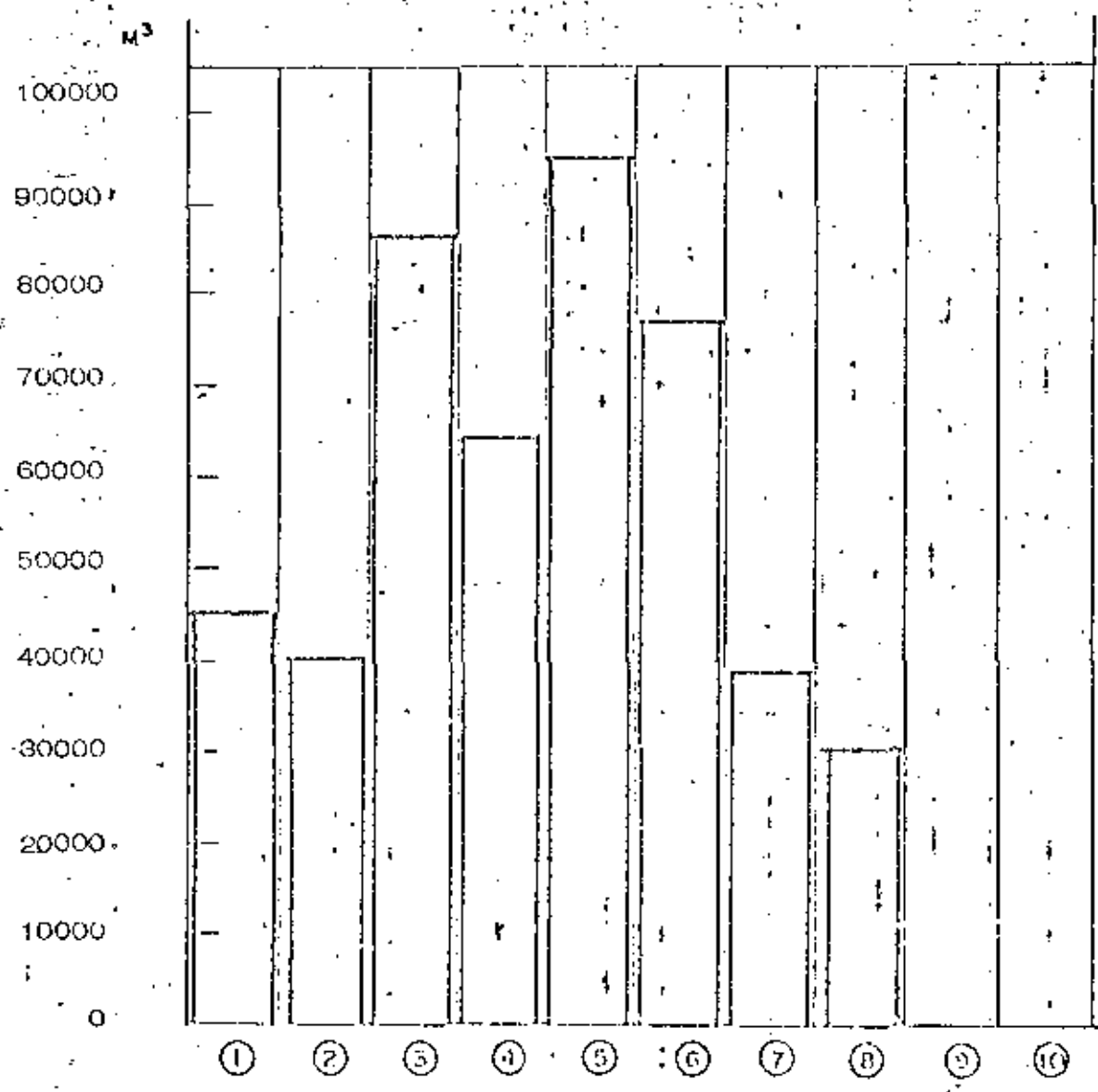


Fig. # 4

C O N C E P T O		100 1	175 2	200 3	225 4	250 5	275 6	300 7	325 8	350 9	375 10	400 1
CANALES DE ACCESO	20000											
CANALES DE ACCESO	15000											
CANALES DE ACCESO	12000											
VERTEDOR	70000											
VERTEDOR	30000											
VERTEDOR	39000											
DEFLECTOR	120000											
CANAL OBRA TOMA	24000											
ESTRUCTURA LIGA	2000											
ESTRUCTURA LIGA	2000											
DENTELLON	50000											
DENTELLON	10000											
DESPLANTE CORTINA	60000											
SUMA PARCIAL		25000	45000	47500	47500	68000	70000	64000	64000	43000		
SUMA ACUMULADA		25000	70000	1175000	233000	303000	367000	431000	474000			

14

20

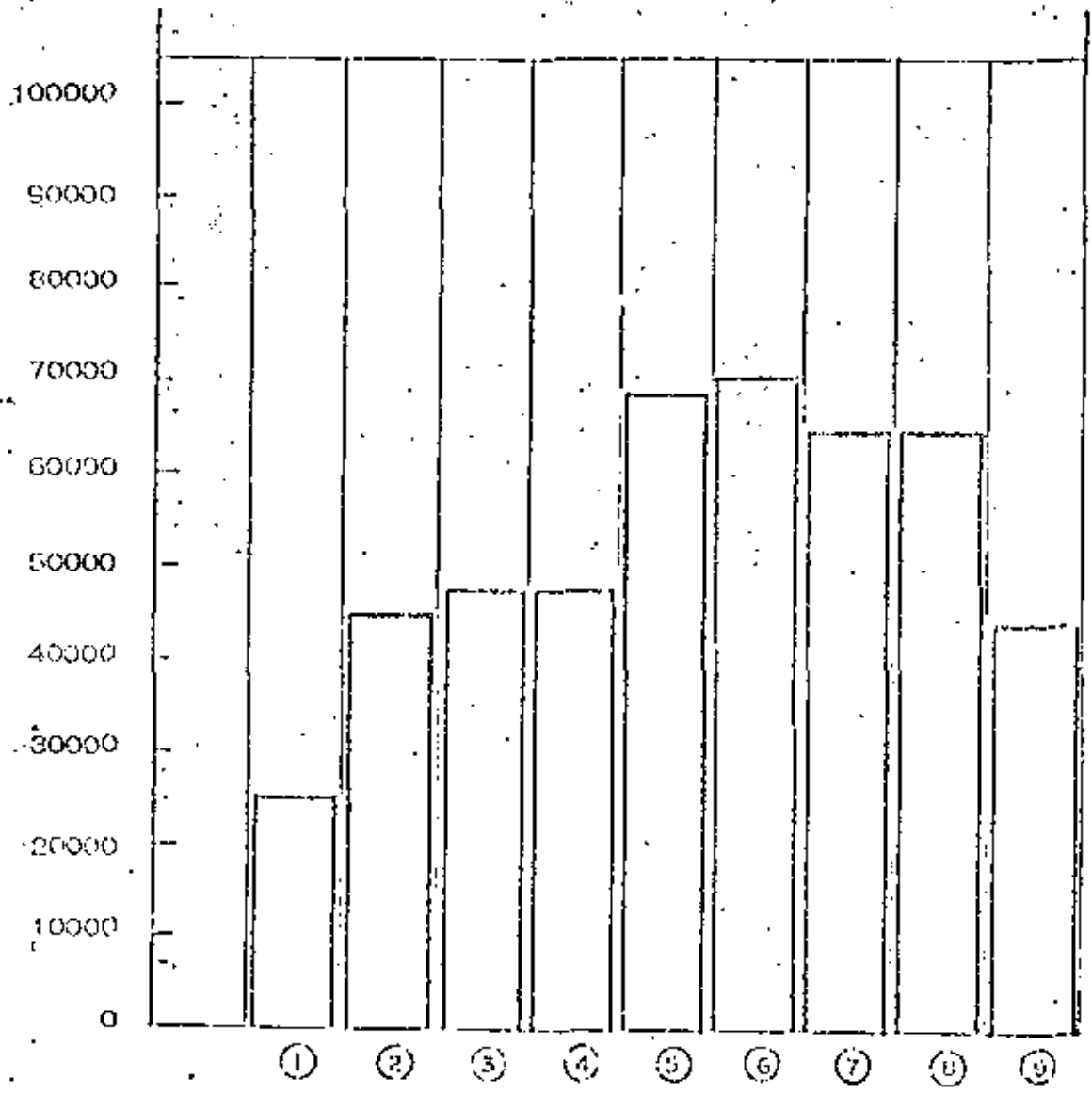


Fig. # 6



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

T R A C T O R E S

ING. RAFAEL ABURTO VALDES

JUNIO, 1984

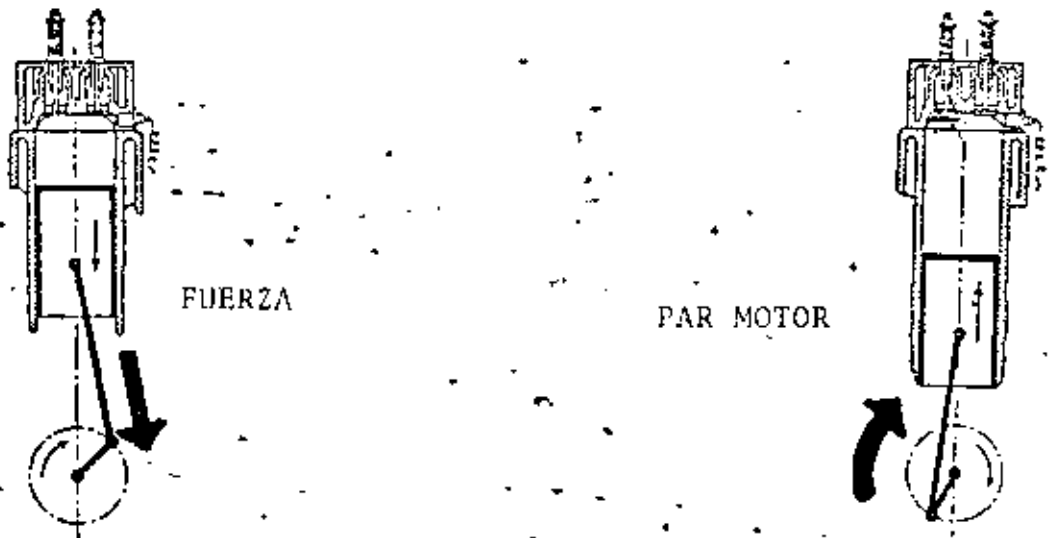
FUNDAMENTO DE TRABAJO, POTENCIA, PAR MOTOR.

Si sobre un cuerpo se aplica una fuerza y este se mueve una distancia, se produce un trabajo que se mide en kilográmetros (Kgm).

Potencia se define como la velocidad con que se realiza un trabajo.

Una de sus unidades es el caballo de fuerza (HP) que equivale a 76 Kgm/seg.

Sobre la orilla del eje de un motor de combustión en operación actúa una fuerza producto de la explosión en la cámara de combustión y que se transmite por la biela.



Esto produce lo que se conoce como PAR MOTOR que como se ve por definición no tiene variación con la velocidad.

El trabajo que produce el par motor será igual a:

$$T = \pi d f$$

Para calcular la potencia tendremos que hacer intervenir la velocidad con que se realiza este trabajo, por ejemplo N (dado en revoluciones por minuto).

$$P = \pi d f N$$

Para calcularla en Caballos de Fuerza (HP)

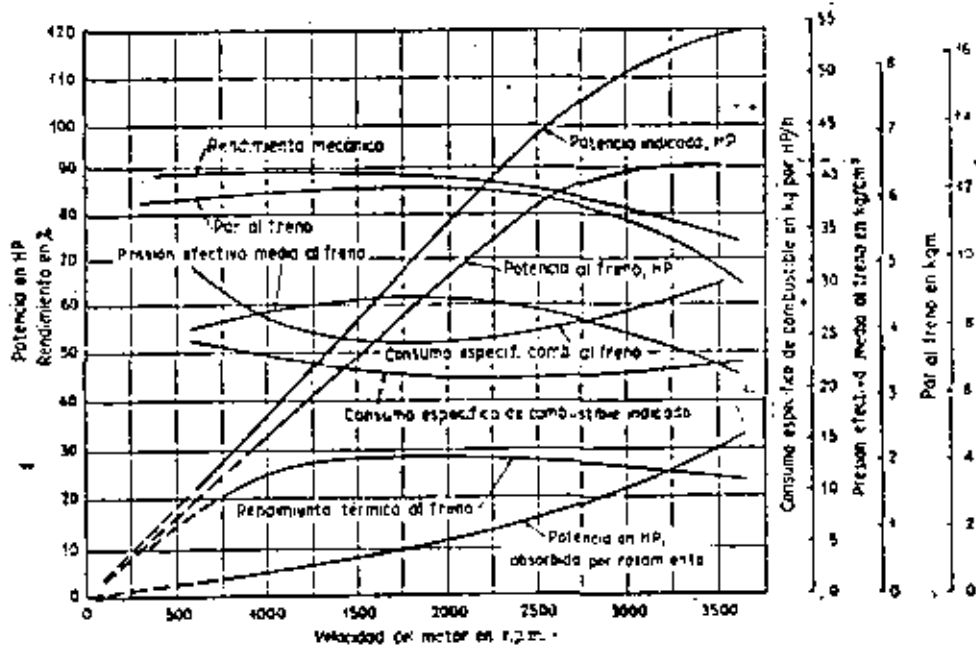
$$P \text{ (HP)} = \frac{\pi d f N}{60 \times 76} = \frac{\pi d f N}{4560}$$

En la fórmula anterior la única variable es N.

Conclusión: El par motor de una máquina es constante (*) y es dado por el diseño de fábrica.

La potencia de una máquina depende solamente de la velocidad de rotación (N) la cual se logra inyectando progresivamente mayores cantidades de combustible.

(*) El par motor puede aumentarse en forma artificial para aumentar su potencia como se verá más adelante.



" TRABAJO SIN FLUJO DE MASA "

En la figura el medio contenido dentro del cilindro constituye un sistema cerrado. El medio es capaz de efectuar trabajo o de absorberlo por el movimiento del émbolo (un límite). De esta forma puede conseguirse que actúe una fuerza a lo largo de un camino en la dirección de la fuerza y realice trabajo. El trabajo se considera positivo si es realizado por el medio y negativo si es absorbido por él. Suponiendo que en la figura se desplaza el émbolo sin rozamientos desde el punto c al d, la presión del gas, comenzando en el punto 1, seguirá una curva hasta llegar al punto 2.

Supongamos que en un punto cualquiera la presión sobre el pistón sea P mientras ésta se desplaza una distancia dL infinitamente pequeña, por cuya razón el valor P puede considerarse constante durante este desplazamiento. Si la superficie del pistón es A, la fuerza total ejercida sobre él valdrá PA y el trabajo realizado durante este incremento será PA dL. Pero AdL = dV, es decir, una pequeña variación del volumen, por lo tanto

$$dW = PdV$$

Integrando esta ecuación entre los límites, por ejemplo 1 y 2 resulta

$${}_1W_2 = \int_1^2 PdV$$

La fórmula es la expresión general del trabajo sin flujo de masa en el supuesto de que se desprecien los razonamientos. En la figura ${}_1W_2$ será un número negativo, indicando trabajo realizado sobre el medio. Este trabajo viene dado gráficamente por el área 1-2-d-c-1 sobre el plano PV y es un trabajo de compresión.

Si se añade calor en el punto 2 la presión aumentará y llegará, por ejemplo, hasta el punto 3. Entre los puntos 2 y 3 no se realiza trabajo alguno puesto que dV = 0. Si se permite a continuación que el émbolo retroceda desde d a c, la presión seguirá, por ejemplo, la línea 3-4 y el trabajo realizado será

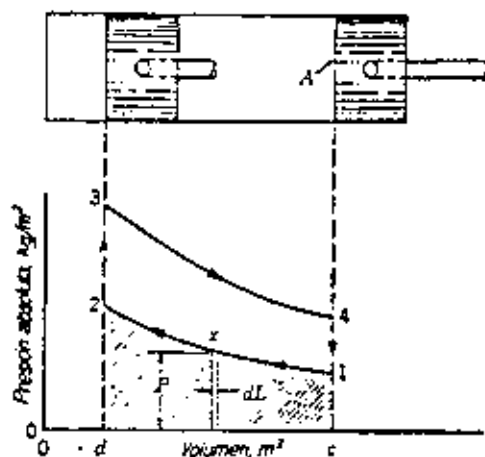


Diagrama PV representando un trabajo sin flujo de masa.

${}_3W_4 = \int_3^4 PdV$, el cual viene representado gráficamente por el área de la superficie 3-4-c-d-3. El valor de ${}_3W_4$ será positivo indicando un trabajo efectuado por el medio.

Si se permite que el medio se enfríe pasando del punto 4 al punto 1 mientras el émbolo se halla en el punto c, se habrá completado un ciclo.

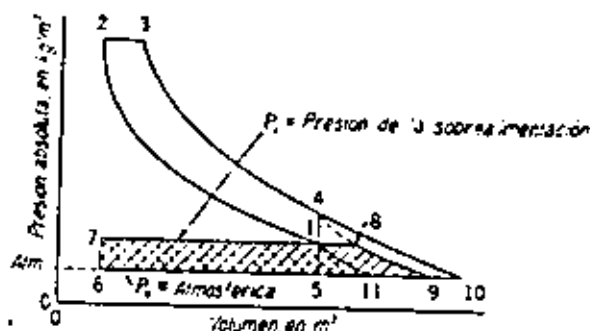
El trabajo resultante será la suma algebraica de los trabajos efectuados siguiendo el ciclo, es decir,

$$\begin{aligned} W_{\text{net}} &= {}_1W_2 + {}_2W_3 + {}_3W_4 + {}_4W_1 \\ &= \int_1^2 PdV + 0 + \int_3^4 PdV + 0 \\ &= \text{área (1-2-3-4-1)} \end{aligned}$$

TURBOALIMENTACION.

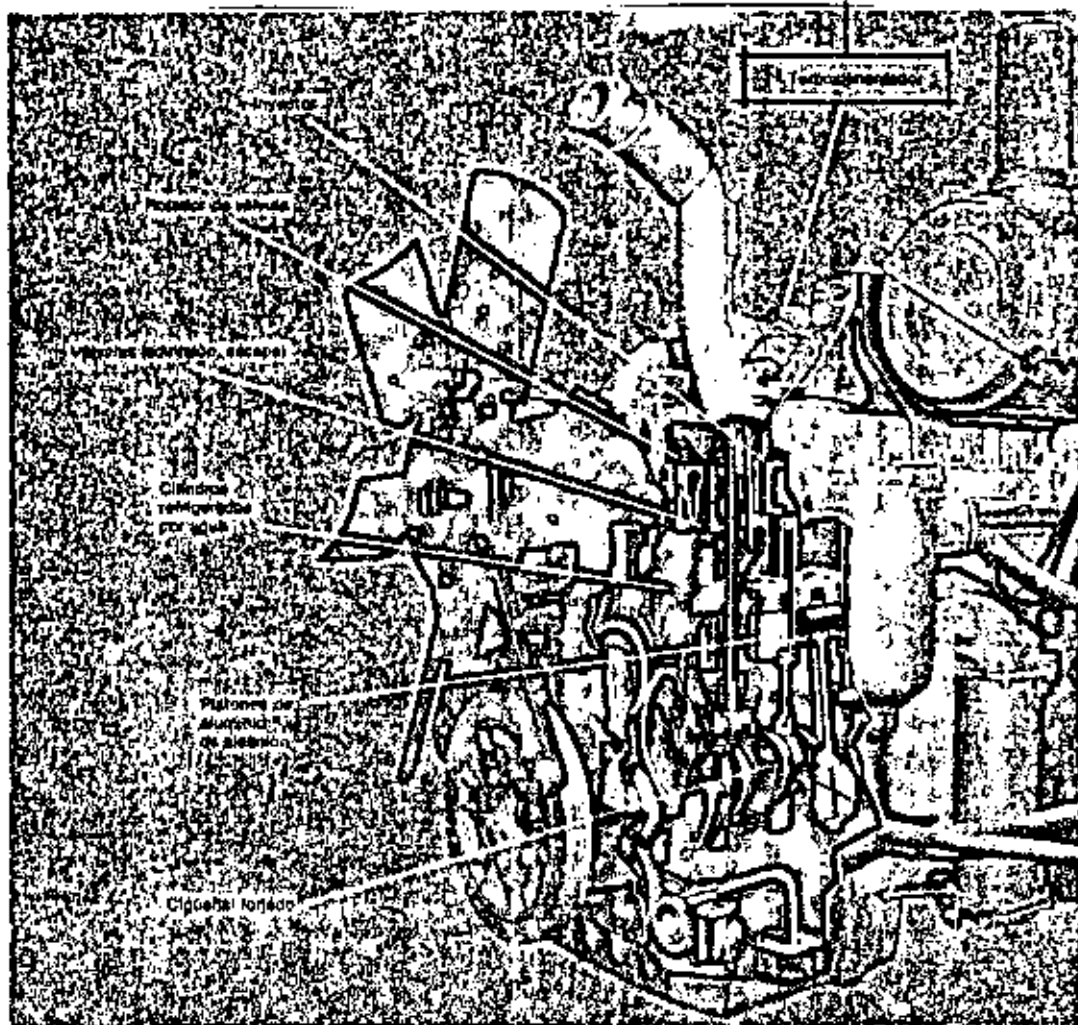
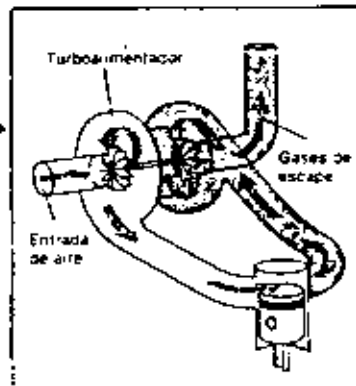
La potencia desarrollada por un cilindro con aspiración natural viene limitada por la cantidad de oxígeno que entra en él. Mediante la turboalimentación se consigue introducirle más cantidad de aire, quemar más combustible y producir una presión media efectiva más alta. Los turboalimentadores centrífugos son movidos generalmente por una turbina accionada por los gases de escape.

La figura representa un turboalimentador de este último tipo -- aplicado a un motor fijo.



El efecto producido por la turboalimentación en el ciclo teórico de un Diesel de cuatro tiempos aparece en la figura, en la cual el punto 11 se comprime aire isoentrópicamente hasta llegar al punto 1, en donde entra en el tubo distribuidor de la aspiración del motor. A partir del punto 1 el aire sigue el ciclo Diesel corriente, 1-2-3-4-1. En el punto 4 abandona el cilindro por las válvulas de escape, las cuales restringen el caudal y producen una gran caída de presión. Si la presión en el tubo de distribución de entrada es igual a la presión del colector de escape, los gases de escape llegan al punto 8 después de una expansión irreversible desde el punto 4; de esta suerte los gases efectúan trabajo sobre la turbina al expansionarse hasta la presión atmosférica en el punto 0. Con estas hipótesis de igual presión en el tubo de entrada y en el colector de escape, el trabajo realizado por la turbina será la superficie 6-7-8-9-6; el trabajo que el compresor efectúa sobre el aire durante la sobrealimentación, será la superficie 6-7-1-11-6; y el trabajo indicado correspondiente al motor, la superficie 1-2-3-4-1. La diferencia entre las superficies de los trabajos del compresor y turbina será, teóricamente, trabajo disponible en el eje; sin embargo, las deficiencias del compresor y turbina consumen más que esta diferencia, y tanto la presión en el distribuidor de entrada como la del colector de escape se estabilizan con valores que dependen de la carga del motor y de los rendimientos del compresor y de la turbina.

Mediante la turboalimentación se aumenta la potencia en un 50% de la obtenida sin ella, sin cambiar el rendimiento térmico. Además el trabajo de admisión y de escape no es realizado por el cilindro; este trabajo aparece como una porción de las pérdidas de fricción en los motores con aspiración natural. Por otra parte las presiones pueden mantenerse constantes y el motor desarrolla a grandes alturas la misma potencia que al nivel del mar. Los motores de cuatro tiempos se adaptan mejor a la turboalimentación que los de dos tiempos.

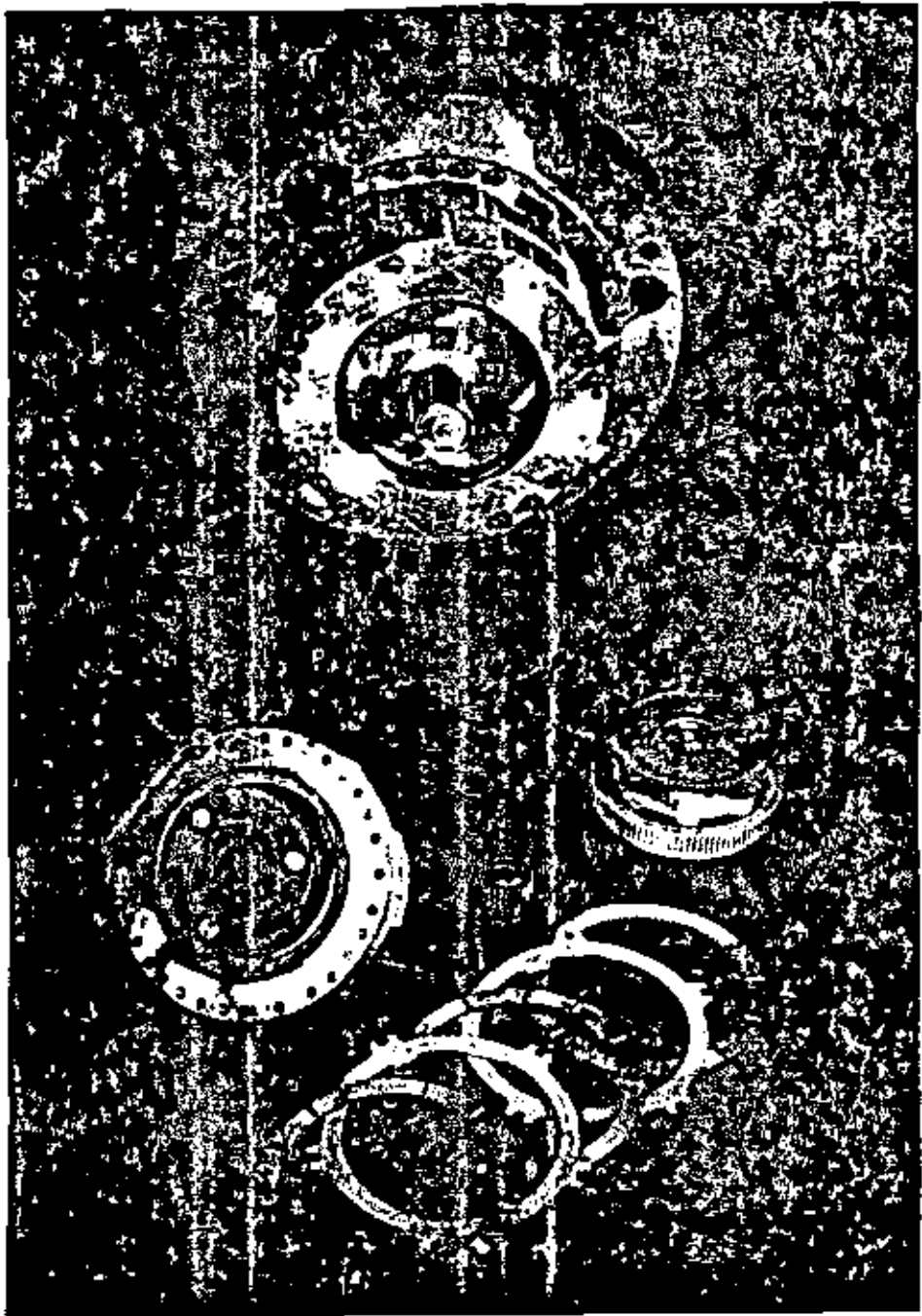


Turboalimentación

- Comprime más aire para quemar el combustible más completamente
- Respuesta más rápida
- Funcionamiento a mayores altitudes

GUIA PARA ELEGIR EL PERIODO DE POSESION BASADO
EN LA APLICACION Y CONDICIONES DE
OPERACION.

	ZONA A	ZONA B	ZONA C
10 TRACTORES DE CADENAS	Remolque de motoescrepas y en faenas agrícolas con implementos en la barra de tiro, amontonamiento, apilamiento de carbón y trabajos de relleno. Sin impactos. Operación intermitente a plena aceleración.	Trabajo con la hoja en arcilla, arena y grava. Empuje de motoescrepas, desgarramiento en zanjas de préstamo y sobre todo, desmonte y arrastre de troncos. Condiciones de impacto medio.	Desgarramiento pesado en suelos rocosos. Desgarramiento en tándem. Empuje y arrastre de motoescrepas y trabajo pesado de la hoja en rocas duras. Trabajo en lugares rocosos. Cargas de impacto pesado y continuas.
D3-D7	12.000 Horas	10.000 Horas	8.000 Horas
D8-D9	15.000 Horas	12.000 Horas	10.000 Horas
D10	22.000 Horas	18.000 Horas	15.000 Horas
550 ENDETUBOS	Muy poco uso o ninguno, en barro, agua o rocas. Terrenos sin cuesta y superficies parejas.	Tendido de tuberías en condiciones de operación de desfavorables a severas.	Empleo continuo en barro profundo o agua en suelos rocosos.
	15.000 Horas	13.000 Horas	10.000 Horas.
600 MOTOESCREPAS	Acarreo a nivel o descenso de cuestas en buenos caminos. Sin cargas de choque. Materiales de carga fácil.	Condiciones diversas en la carga y en los caminos de acarreo. Pendientes favorables y adversas. Algunas cargas de choque. Diversos trabajos en construcción de carreteras.	Fuertes cargas de choque, tales como cargas de rocas fragmentadas. Sobrecarga. Resistencia total continua a la rodadura. Caminos de acarreo escabrosos.
613B	12.000 Horas	10.000 Horas	8.000 Horas
Las otras	16.000 Horas	12.000 Horas	8.000 Horas.



3

DISMINUCION DE LA POTENCIA A CAUSA DE LA ALTITUD EXPRESADA
EN PORCENTAJE DE LA POTENCIA EN EL VOLANTE.

M O D E L O	0.760 m.	760- 1500 m.	1500- 2300 m.	2300- 3000 m.	3000- 3800 m.	3800- 4600 m
TRACTORES.						
D3B, D3B B.P.S.	100	100	100	95	88	80
D4E de A.E.	100	89	78	72	67	61
D4E B.P.S., D4E TD	100	100	87	80	73	67
D5B S-T	100	88	79	71	67	63
D5B B.P.S. D5B TD y S-T	100	100	86	76	71	67
D6D de A.E.	100	100	100	100	94	88
D6D B.P.S., D6D TD y S-T	100	100	100	100	97	93
D7G TD, S-T y B.P.S.	100	100	100	92	85	80
D8K TD y S-T	100	100	100	93	85	78
D9H	100	100	100	94	87	80
D10	100	100	100	91	84	77

MOTOESCREPA.

613B	100	90	83	77	70	63
621B	100	100	100	92	85	79
613B	100	100	100	92	85	79
627B Delante	100	100	93	87	80	73
627B Detrás	100	100	93	87	80	73
613D	100	100	100	100	92	84
633D	100	100	100	100	92	84
637 Delante	100	100	100	100	92	84
736 Detrás	100	100	92	87	80	73
639D Delante	100	100	100	94	89	83
639D Detrás	100	100	94	86	78	73
641B	100	100	100	96	89	82
651B	100	100	100	96	89	82
657B Delante	100	100	100	96	89	82
657B Detrás	100	100	92	85	79	73

DENSIDADES APROXIMADAS DE VARIOS MATERIALES.

MATERIAL	Kg/m ³ _s	Kg/m ³ _b	Factores Volumét.
Basalto.....	1960	2970	.67
Bauxita.....	1420	1900	.75
Caliche.....	1250	2260	.55
Carnotita, mineral de uranio..	1630	2200	.74
Ceniza.....	560	860	.66
Arcilla: en lecho natural.....	1660	2020	.82
seca.....	1480	1840	.81
mojada.....	1660	2080	.80
Arcilla y grava: secas.....	1420	1660	.85
mojadas.....	1540	1840	.85
Carbón: antracita en bruto....	1190	1600	.74
lavada....	1100		.74
ceniza, carbón bitumi- noso.....	530-650	590-890	.93
bituminoso en bruto....	950	1280	.74
lavado..	830		.74
Roca descompuesta:			
75% roca; 25% tierra.....	1960	2790	.70
50% roca; 50% tierra.....	1720	2280	.75
25% roca; 75% tierra.....	1570	1960	.80
Tierra: Apisonada y seca.....	1510	1900	.80
Excavada y mojada.....	1600	2020	.79
Marga.....	1250	1540	.81
Granito fragmentado.....	1660	2730	.61
Grava: Como sale de cantera... Seca.....	1930 1510	2170 1690	.89 .89
Seca, de 1/4" a 2" (6 a 51 mm.).....	1690	1900	.89
Mojada de 1/4" a 2" (6 a 51 mm.).....	2020	2260	.89
Yeso: Fragmentado.....	1810	3170	.57
Triturado.....	1600	2790	.57
Hematita, mineral de hierro..	1810-2450	2130-2900	.85
Piedra caliza: fragmentada.... Triturado.....	1540 1540	2610 -	.59 -
Magnetita, mineral de hierro..	2790	3260	.85
Pirita, mineral de hierro.....	2580	3030	.85
Arena: Seca y suelta.....	1420	1600	.89
Húmeda.....	1690	1900	.89
Mojada.....	1840	2080	.89
Arena y Arcilla: suelta..... compactada...	1600 2400	2020	.79
Arena y grava: seca.....	1720	1930	.89
mojada.....	2020	2230	.91
Arenisca.....	1510	2520	.60
Esquisto.....	1250	1660	.75
Escorias fragmentadas.....	1750	2940	.60
Nieve - seca.....	130		
mojada.....	520		
Piedra triturada.....	1600	2670	.60
Taconita.....	1630-1900	2360-2700	.58
Tierra vegetal.....	950	1370	.70
Roca trapecana fragmentada....	1750	2610	.67

EMPUJADORES.

Dentro de la Industria de la Construcción, la máquina que ha sido diseñada con el concepto de "Atacar", es el tractor de orugas.

Como muchas otras máquinas, el tractor tiene además otras funciones secundarias que en este caso son:

- Empujar.
- Jalar.
- Acarrear.
- Servir de grúa con pluma lateral.

Sin embargo, estas máquinas son utilizadas fundamentalmente para el concepto de ataque, bien sea cortando ó excavando terracerías o desgarrando material.

Los equipos convencionales para estas máquinas son su cuchilla -- frontal y su desgarrador trasero, ambas operadas hidráulicamente y cuyas características se ven más adelante.

La máquina consta de un chasis muy resistente sobre el que se monta un motor de diesel con turbocargador acoplado a un convertidor de par-torsión que se une a una transmisión de tipo planetario y posteriormente a un sistema de ejes que constituyen los mandos finales,

Estos mandos finales terminan en unas ruedas dentadas llamadas Catinas, sobre las cuales y apoyándose en una rueda guía delantera, se monta el sistema de tránsitos.

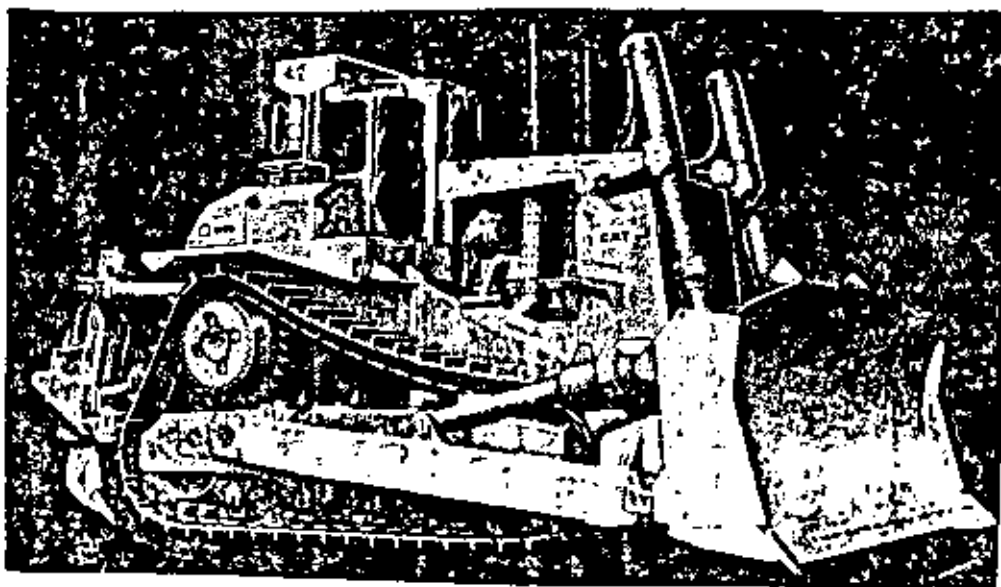
Estas máquinas han sido objeto de avances muy notables en su tecnología, pudiendo disponer actualmente de un tractor (Caterpillar-D10) que tiene una potencia de 700 HP. y está próximo a salir al mercado el modelo D555A de la fábrica Komatsu con una potencia de 1,000 HP.

Simplemente como referencia, el tractor Caterpillar (D846A) más popular en la era de los sesentas, tiene una potencia de 270 HP.

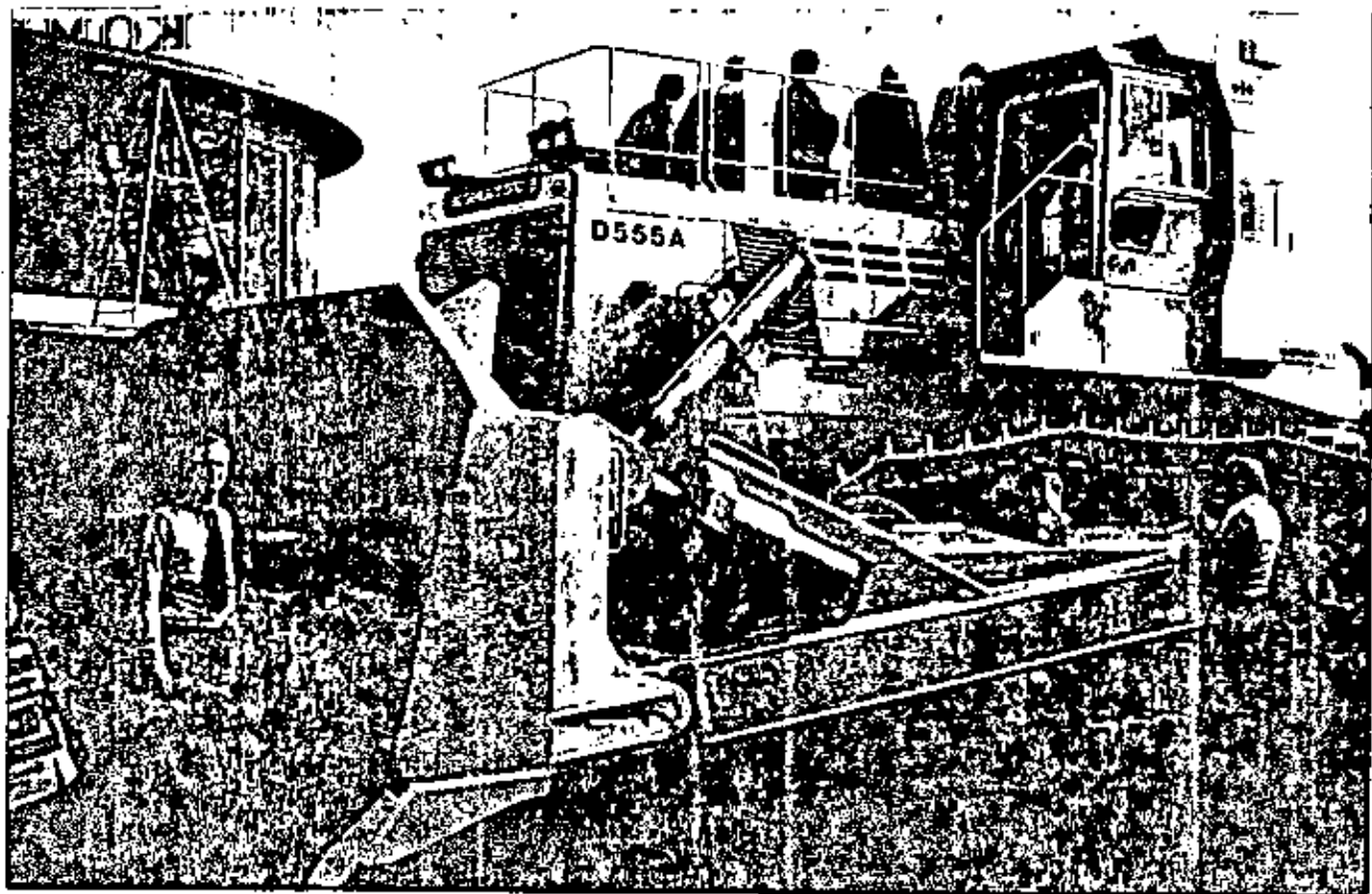
En las próximas páginas de estos apuntes, se podrá estudiar cuales son y como son los tractores que existen en el mercado de México, sus principales aditamentos y las formas de poder estimar sus rendimientos.

LOS GIGANTES DE LA CONSTRUCCION.

La Fábrica Caterpillar, la primera en el mundo, ha desarrollado el Tractor D10 que tiene una potencia de 700 HP.



La fábrica Komatsu, está por sacar al mercado su modelo D555A con una potencia de 1,000 H.P.



PRODUCCION DE LOS TRACTORES EMPUJADORES
CON CUCHILLA.

La producción de éstas máquinas puede estimarse utilizando las curvas que se muestran más adelante y aplicando los factores necesarios la fórmula sería:

$$\text{Producción real} = \frac{\text{(Producción máxima marcada en la curva)}}{\text{(Factores de corrección)}} \times$$

Estas curvas de producción dan la capacidad máxima teórica para cuchillas rectas (S) y universal (U) están basadas en las siguientes condiciones.

- 1.- 100% de eficiencia (60 minutos la hora).
- 2.- Máquinas de transmisión automática.
- 3.- La máquina corta el material a lo largo de 15 mts. y de ahí sigue con la cuchilla llena acarreandolo.
- 4.- El peso específico del material es de 1,500 Kg/M3. suelto ó bien 1,790 Kg/M3. de material en banco.
- 5.- Coeficiente de tracción.
 - a).- Máquinas de oruga = 0.5 como mínimo.
 - b).- Máquinas de neumáticos = 0.4 como mínimo.

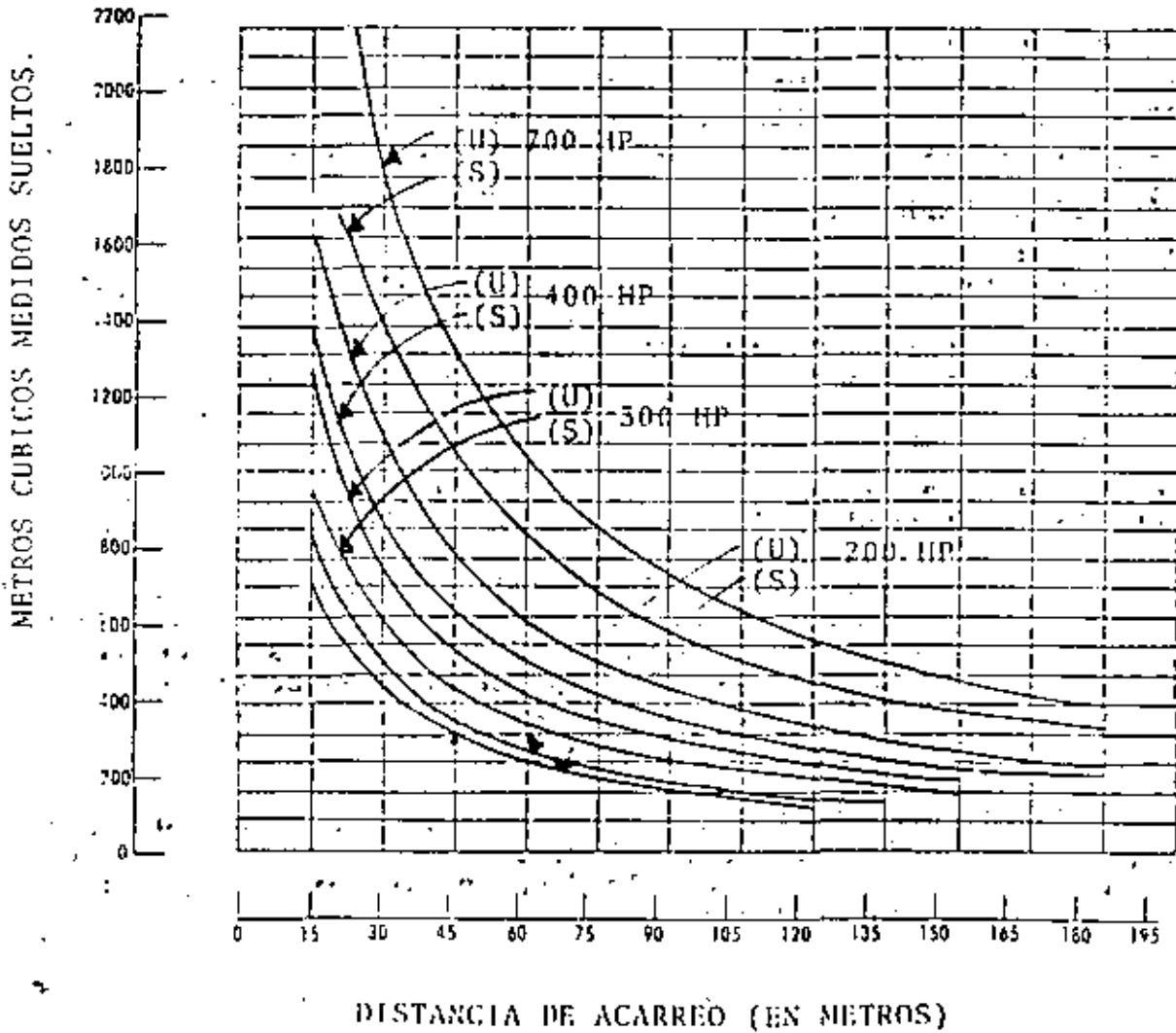
Quando exista poco coeficiente de tracción, las máquinas de rueda resultan seriamente afectadas y su producción decrece rápidamente. Como no existen reglas fijas que puedan predecir esta pérdida de producción, se utiliza una regla que dice, que la producción decrece 4% por cada 1% que decrece el coeficiente de tracción abajo de 0.40

Si por ejemplo:

El coeficiente de tracción es 0.50 la diferencia es de un 10% y la producción decrece al 60% (10 X 4% = 40% de decremento).

El tractor empujador, especialmente montado sobre orugas, es la máquina cuya producción requiere de mayor cuidado al ser determinada ya que la gran variedad de trabajos que ejecuta lo hace particularmente difícil. La producción será constante cuando la máquina se utilice para trabajar en una pila de material pétreo, homogéneo y de partículas pequeñas y se irá complicando si se utiliza con cuchilla angulable extrayendo material con los gavilanes y lo será más si se encuentra en un banco de roca mal tronada haciendo la reza.

PRODUCCION DE TRACTORES EMPUJADORES SOBRE ORUGA.



FACTORES DE CORRECCION.

42

Tractor de Oruga

Tractor de Llantas

OPERADOR.

Excelente experiencia 10 años	1.00	1.00
Buena experiencia 3-10 años	0.75	0.60
Regular experiencia menos de 3 años.	0.60	0.60

MATERIAL.

Suelto y apilado.	1.20	1.20
Difícil de extraer; cortado con gavilán.	0.80	0.75
Sin usar gavilán.	0.70	-0-
Difícil de empujar (seco, material no cohesivo).	0.80	0.80
Roca desgarrada	0.70	-0-
Roca mal tronada	0.60	-0-

MATERIALES PESADOS:

Si se trata de mover material mayor de 1790 Kg/m³. en banco ó 1500 Kg/m³. suelto, obtener el coeficiente dividiendo éstos pesos entre el real (la producción debe decrecer).

EFICIENCIA DE TRABAJO.

50 minutos/hr.	0.84	0.84
40 minutos/hr.	0.67	0.67

TRANSMISION DIRECTA (NO AUTOMATICA)

(0.1 minutos tiempo fijo)	0.80	-0-
---------------------------	------	-----

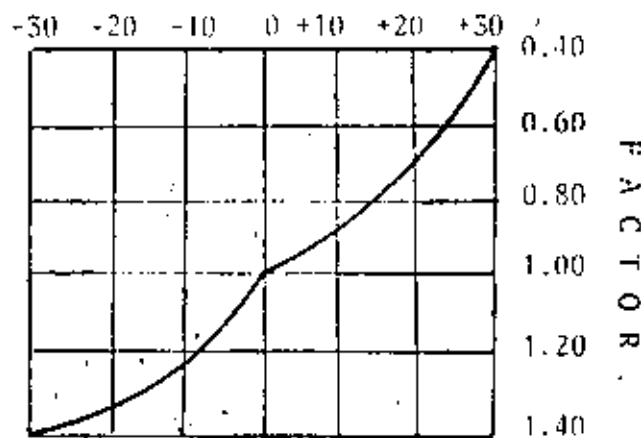
* CUCHILLA EMPUJADORA.

Cuchilla angulable (A)	0.60	-0-
Cuchilla amortiguadora (C)	0.50	0.50

*NOTA: La cuchilla angulable, y la cuchilla amortiguadora no se consideran como elementos de producción en los empujadores. Dependiendo de las condiciones de trabajo, éstas cuchillas producen de un 50% hasta un 75% de la producción que se consigue con las cuchillas rectas.

PENDIENTE.

La pendiente afecta la producción y el factor de corrección se obtiene del siguiente cuadro, haciendo la anotación de que siempre que sea posible debe aprovecharse la pendiente a favor de la producción.



NOTA: (-) FAVORABLE
 (+) DESFAVORABLE

EJEMPLO:

Determinar la producción por hora de un tractor D-8/85 utilizando los gavilanes, que tiene que mover una arcilla empacada a una distancia de 45 mts. con una pendiente hacia abajo de -15%.

El peso del material es de 1,600 Kg/M3. suelto, el operador es bueno y la eficiencia en el trabajo se estima en 50 minutos por hora.

SOLUCION.

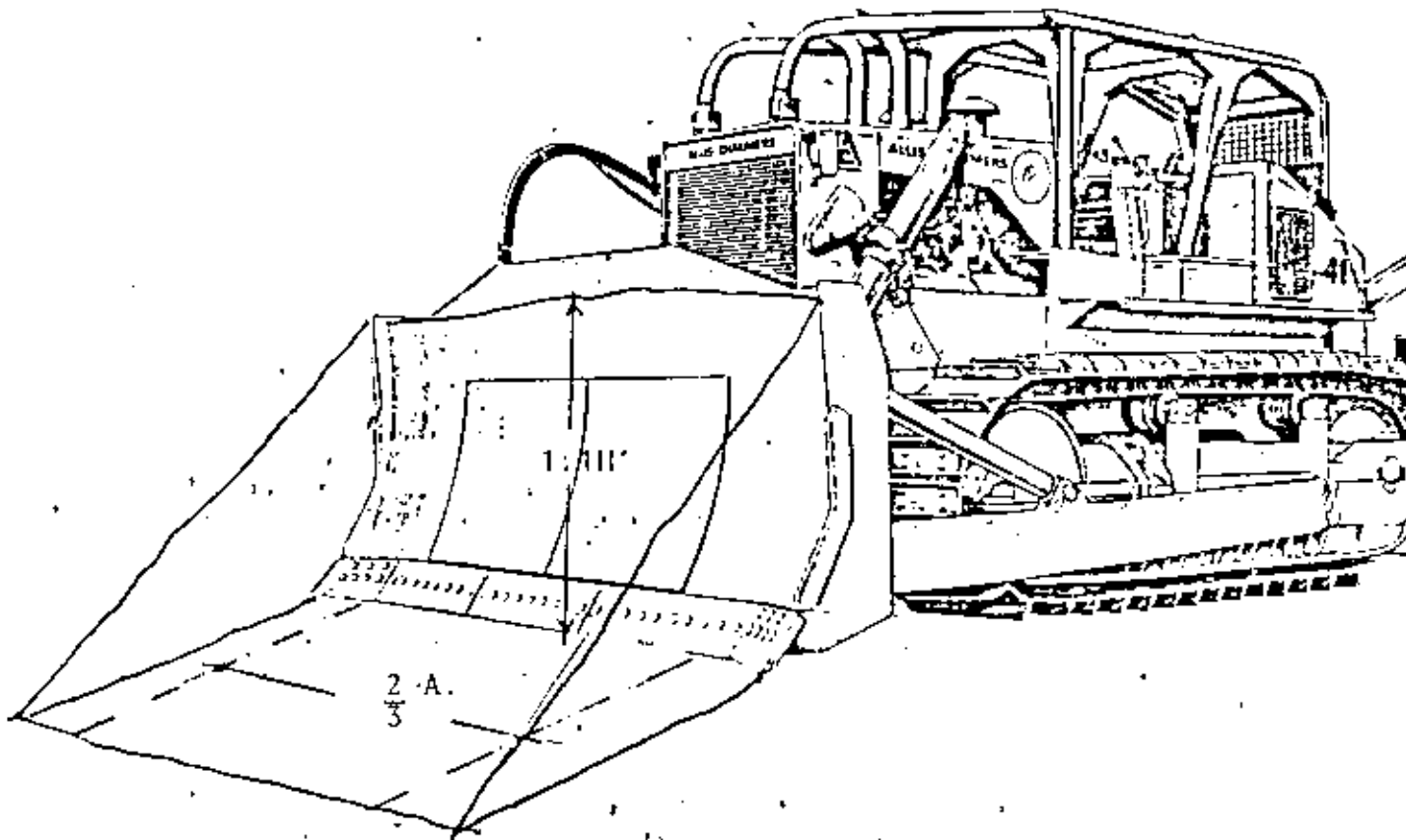
De la curva correspondiente obtenemos una producción teórica de 550 mts.3 por hora, medidos en estado suelto.

FACTORES DE CORRECCION APLICABLES:

Una arcilla empacada es un material difícil de cortar y utilizamos los gavilanes.	0.80
Corrección por pendiente de la gráfica.	1.19
Peso del material 1300/1660 =	0.81
Operador bueno.	0.75
Eficiencia en el trabajo 50 minutos por hora.	0.84
Producción real = 550 M3. X 0.80 X 1.19 X 0.81 X 0.75 X 0.84 =	267 M3/hora.

De las dimensiones de una cuchilla recta como la que se muestra en la figura el volumen de material que puede acarrear está dado por la siguiente fórmula.

$$V = \frac{1.1 H + 1.6H}{2} \times \frac{2}{3} A. = 0.59 H^2 A$$



En teoría, el peso del material que le cabe a la cuchilla por su coeficiente de fricción que de no conocerse se puede suponer en 1.25 podrá ser movido por el peso del tractor por el coeficiente de fricción (f) entre el tractor y el piso.

$$(\text{peso de la Carga}) \times (F) = \text{Peso del tractor} \times (f)$$

Supongamos un tractor D-8 acarreando roca caliza cuyo peso volumétrico suelto es de 1,550 kg/M³.

Tamaño de la cuchilla H = 1.52 m. A = 4.24 m.

$$V = 0.59 H^2 A = 0.59 \times 1.52 \times 1.52 \times 4.24 = 5.77 \text{ M}^3.$$

$$\text{Peso de la carga} = 1,550 \times 5.77 = 8,943 \text{ Kg.}$$

Coefficiente de fricción (F) = 1.25

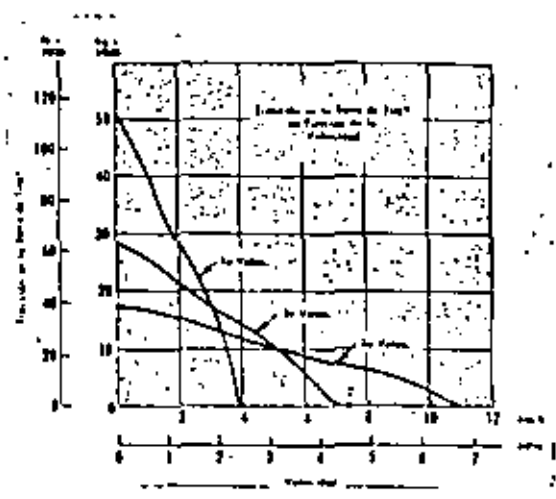
Coefficiente de fricción (f) = 0.40

Peso del tractor = 37,500 kg.

Peso carga x F = 8943 x 1.25 = 11.178 Kg.

Peso tractor x f = 37,500 x 0.40 = 15,000 Kg.

Esto quiere decir que el tractor es capaz de mover la carga y si recurrimos al cuadro de tracciones velocidades.



Observamos que el tractor podrá desarrollar 3 km/hora, sin embargo la velocidad cargado es realmente de 1.5 Km/hora ya que no es deseable trabajar al límite la fuerza de tracción sino aproximadamente al doble.

Si deseamos conocer la producción teórica que obtendríamos con esta máquina a una distancia de 100 metros, tendríamos que el tiempo por ciclo sería

$$T = \frac{200 \times 60}{1500} = \frac{1200}{1500} = 0.8 \text{ min.}$$

Tiempos de maniobras 0.2 min.

Ciclo total = 1.00 minuto.

Esto quiere decir 60 ciclos por hora.

$$\text{Producción} = 60 \times 5.77 \text{ M}^3 = 346 \text{ M}^3/\text{Hora.}$$

Cifra que coincide con la que se obtiene de las curvas de producción en el cruce de la curva 8U y la ordenada 100 M.

Por supuesto por este procedimiento deberán también aplicarse los coeficientes de corrección establecidos con anterioridad.

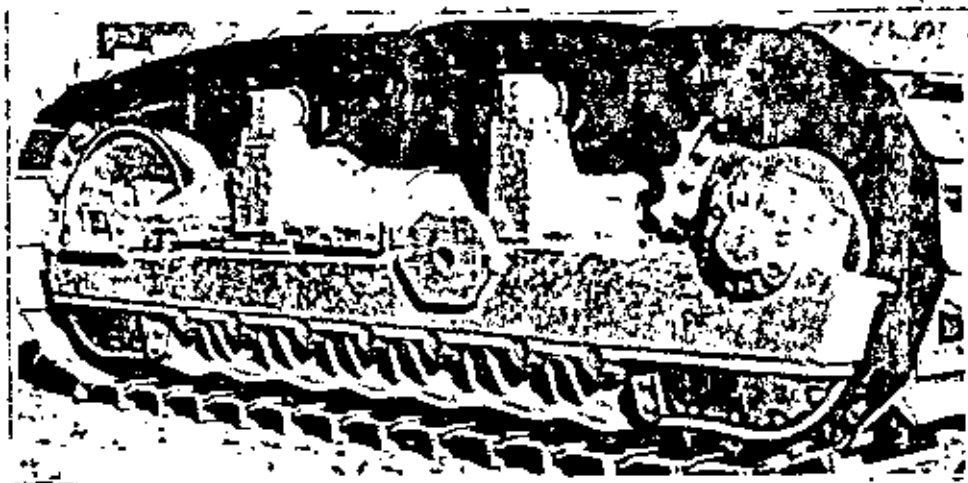
"A" GUARDA PROTECTORA DE LOS RODILLOS DEL TRANSITO.

"B" BARRAS PROTECTORAS PARA EL OPERADOR, EL TUBO DE ESCAPE Y LA ADMISION DEL AIRE.

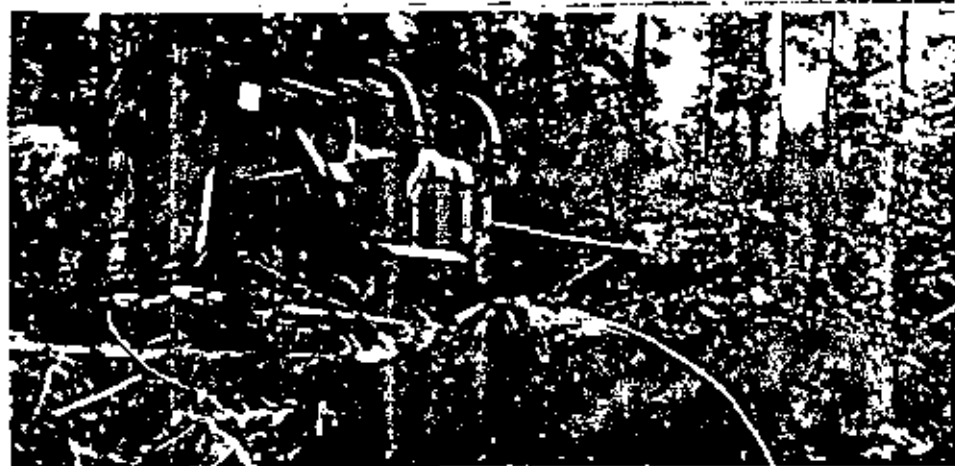
"C" REJILLA PROTECTORA PARA EL OPERADOR.

46

"D" PLANCHA DE ACERO PARA PROTECCION DEL MOTOR.



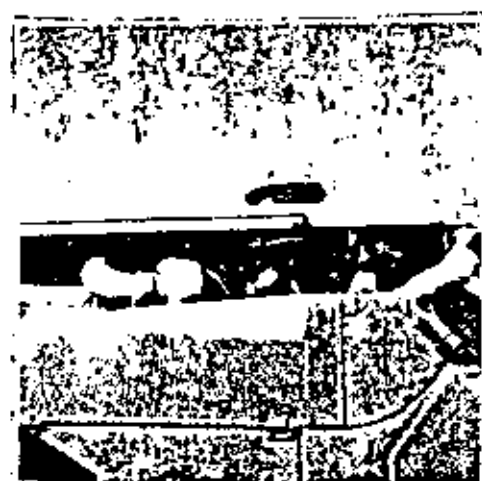
"A"



"B"



"C"



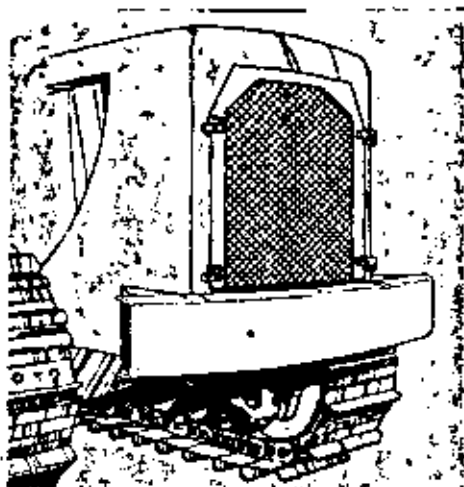
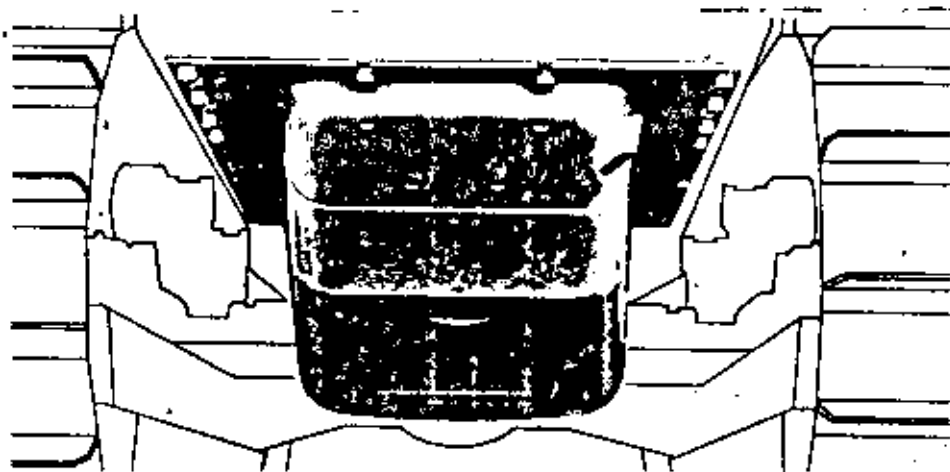
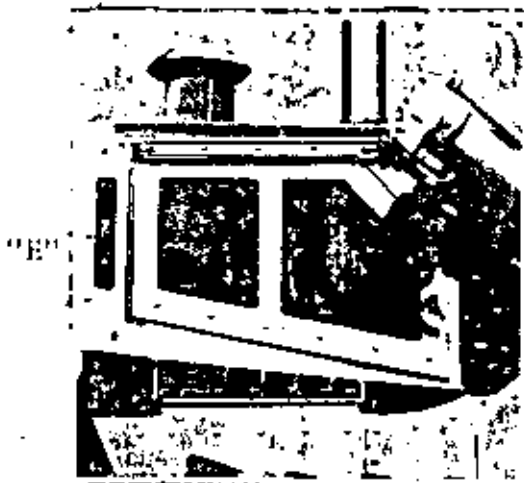
"D"

"E" - OTRO TIPO DE PROTECCION PARA MOTORES.

"F" - PROTECCION ESPECIAL PARA RADIADOR.

"G" - PROTECCION PARA EL CARTER CONTRA EL DAÑO PRODUCIDO POR TOCONES.

"H" - TAPA DELANTERA PARA PROTECCION DEL RADIADOR.





1. Sabana de tipo I



2. Sabana de tipo II



3. Bosques en Tierras Altas



4. Selva Original

EN ESTAS FOTOS SE MUESTRAN LOS CUATRO TIPOS PRINCIPALES DE VEGETACION EN QUE SE LLEVAN A CABO DES MONTES EN EL MUNDO.

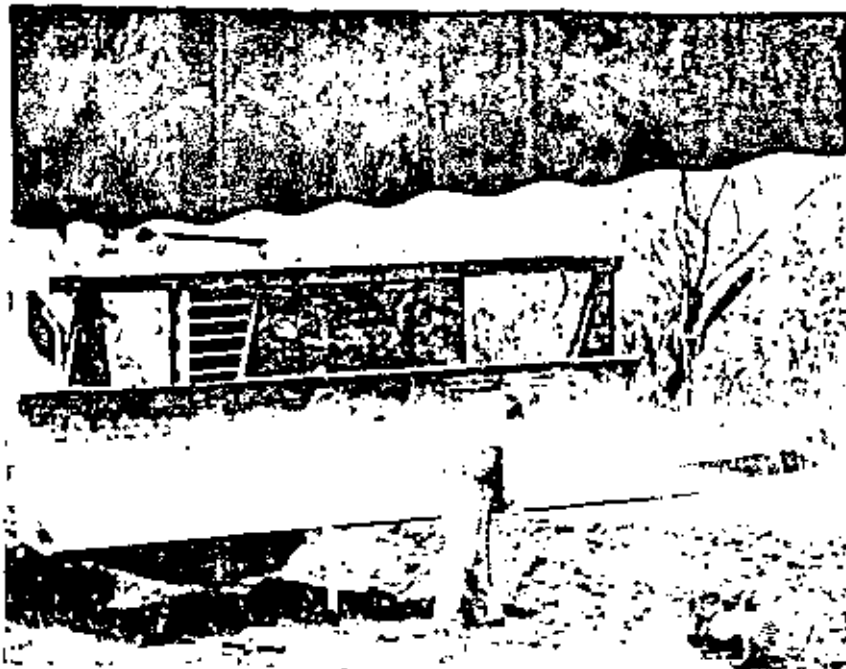


TRACTOR AMONTONANDO LA MALEZA PRODUCTO DEL DESMONTE.

49

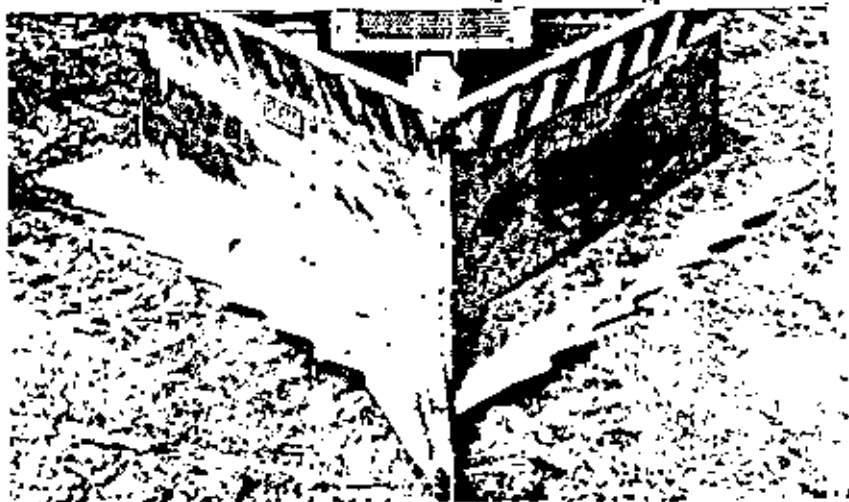


EN OCASIONES LOS TRACTORES EN LOS TRABAJOS DE DESMONTE, TIENEN QUE ENFRENTARSE A CONDICIONES DIFICILES.

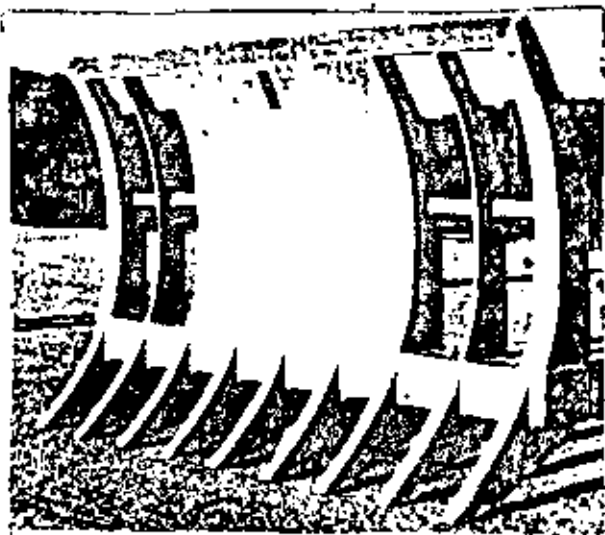


La hoja K/G está provista de una cuchilla de filo muy cortante que recibe la potencia y peso de un tractor de carriles. El ángulo de la hoja es de 30° en todos los modelos, y puede operarse ya sea mediante cable o fuerza hidráulica. Se fabrica de acero de aleación especial. Las cuchillas reemplazables y el "espolón" se pueden afilar con esmeril pequeño de modelo portátil. Se utiliza una barra de guía para que los árboles caigan en un ángulo determinado, o sea hacia adelante y a la derecha del operador.

TALADORA "V"

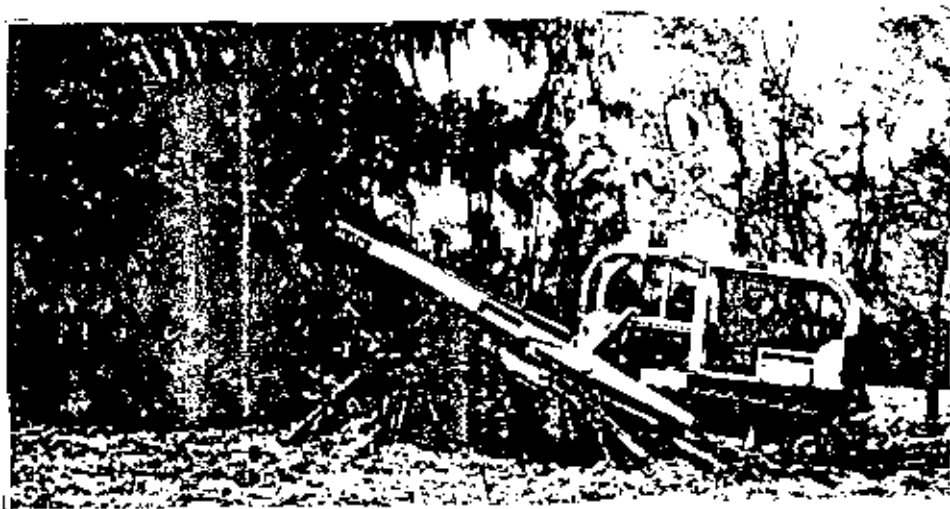


La taladora "V", está equipada con un "espolón" para servicio pesado, cuchillas dentadas, dispuestas en ángulo, y rejilla. Las hojas "V" se montan directamente en los muñones del tractor, y las hay disponibles para control de cable o hidráulico. La "V" está formada por dos secciones empernadas. La hoja dentada y el espolón son de acero endurecido.

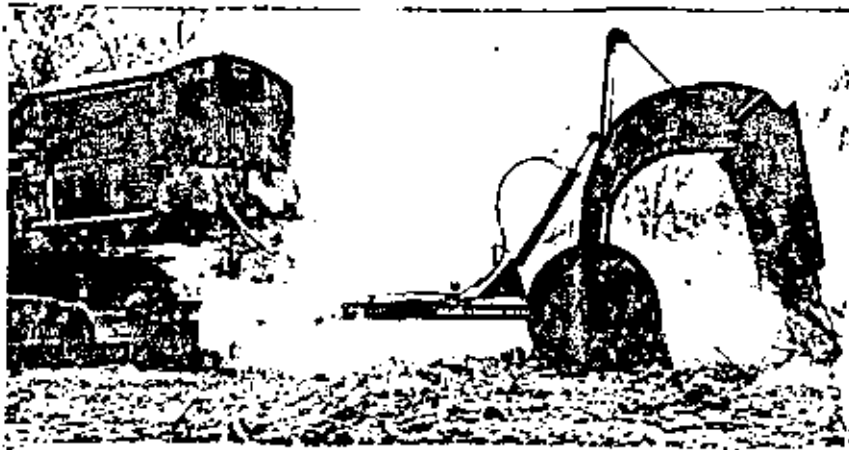


Se diseña para que resistan grandes cargas de choque en las condiciones más severas de desmonte. Los rastrillos de Uso-Múltiple, tienen dientes de acero al carbono, con manganeso, equipados con puntas para desgaste reemplazables. Hay una plancha central de acero en el bastidor del rastrillo, con el fin de proteger el radiador.

EMPUJADOR DE ARBOLES.



Hay disponibles dos modelos de Empujadores de Arboles. Se instalan en una hoja topadora recta o angulable. Una se asegura con soportes en la parte superior del bastidor, o en los brazos de empuje, y se fija con pasadores en la parte superior de la hoja gobernada por cable o fuerza hidráulica. Puede levantarse o bajarse con la hoja. Otro método de instalación es fijarla con pasadores al bastidor o a los brazos de empuje, de modo que pueda ascender o descender de modo independiente a la hoja topadora, utilizando un grupo separado de cable. Para esta unidad, se necesita un control de cable de dos tambores.

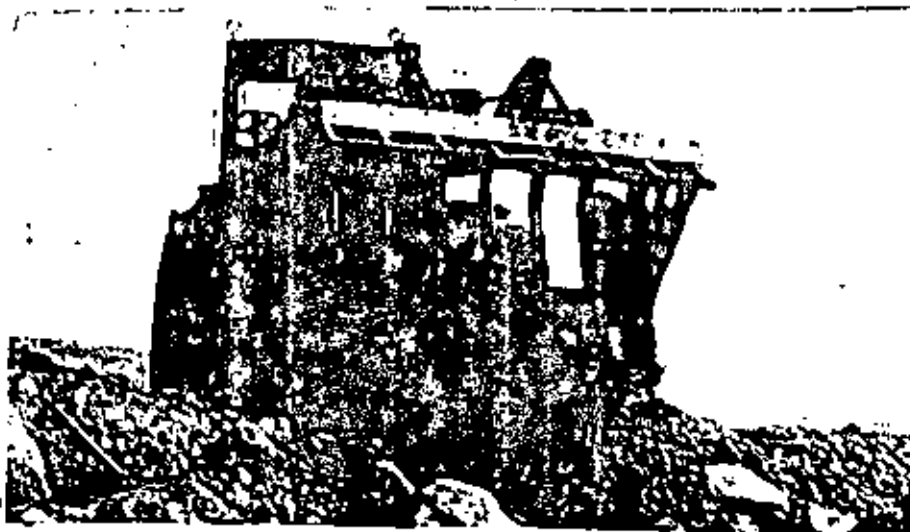


El rastrillo con ruedas para Raíces, de tipo de tracción, se diseñó específicamente para utilizarse después de la aradura de raíces, con el objeto de extraerlas. Deja una zona limpia y lista para utilizar la rastra de discos o efectuar operaciones agrícolas, tales como la resiembra de pasto en granjas ganaderas.

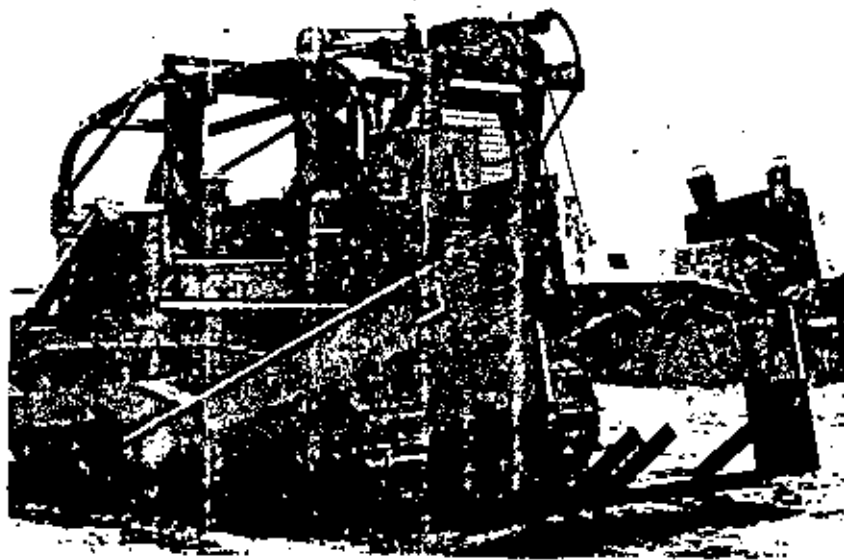
RASTRILLO BARREDOR.



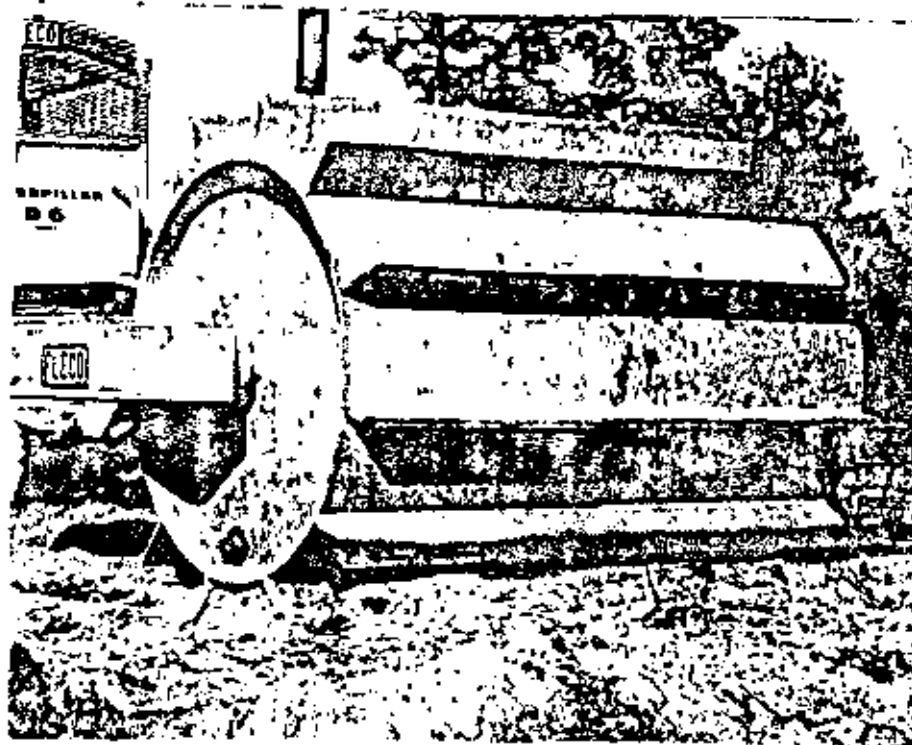
El Rastrillo (o Rastra) Barredor para tractor está provista de ruedas giratorias, las cuales peinan la capa superior de tierra y la limpian de desechos livianos. Asegurado a la barra de tiro de un tractor de carriles, puede limpiar el suelo a velocidades hasta de 8 Km/h.



El cucharón Skeleton para Rocas, se ha diseñado a fin de que las piedras pequeñas y la tierra se separen de la carga por las aberturas de los lados de atrás y de fondo. Este cucharón para servicio pesado se fabrica enteramente con acero de aleación. Está equipado con puntas, adaptadores y pasadores de fabricación como tipo estándar. Se halla disponible para los cargadores de Ruedas.



ARADOS PARA RAICES. Los Arados para Raíces consisten en un bastidor que se monta en los muñones con una vertedera de tipo de cuchilla, montada horizontalmente. Esta vertedera, que es un accesorio, se tira mediante un tractor a una profundidad de 20 a 45 cm. de cuña, el operador gradúa con rapidéz y facilidad la vertedera.

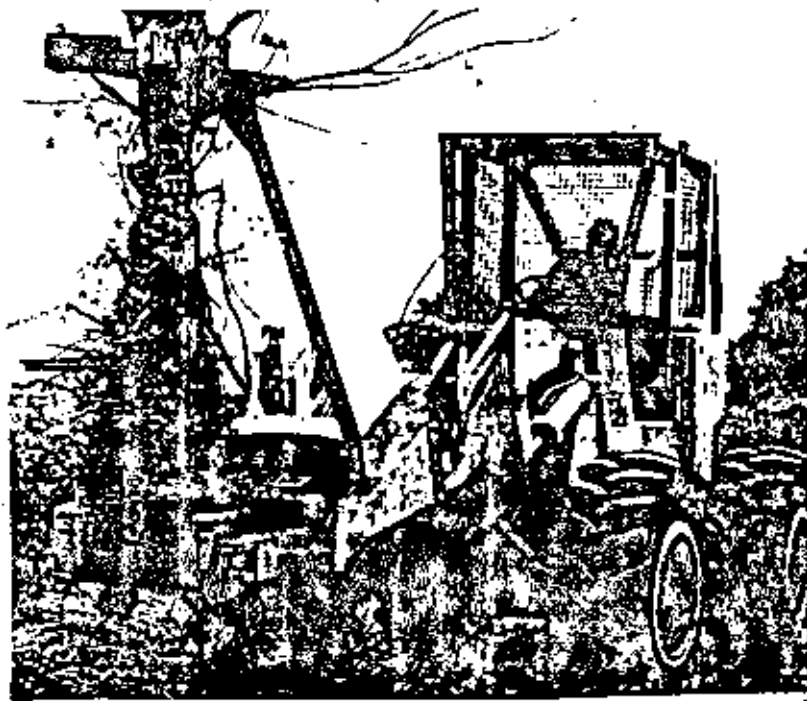


Los Rodillos Cortadores se hallan disponibles en modelos simples, o en combinación de tres. El tambor del cortador, que generalmente se llena con agua para añadirle peso, tiene cuchillas soldadas que pueden penetrar de 15 a 25 cm. Los cortadores de varios tambores están provistos de conjuntos giratorios que conectan los tambores.

CADENAS DE ANCLA.



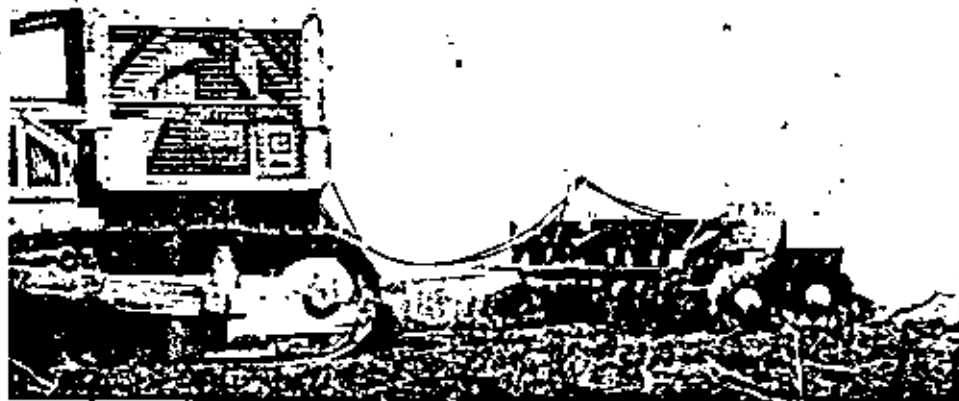
Dos tractores de carriles con cadena de ancla de 6.4 cm. (2 1/2 pulgadas) y longitud de 92 metros desmontan árboles y matorrales en tierras altas.



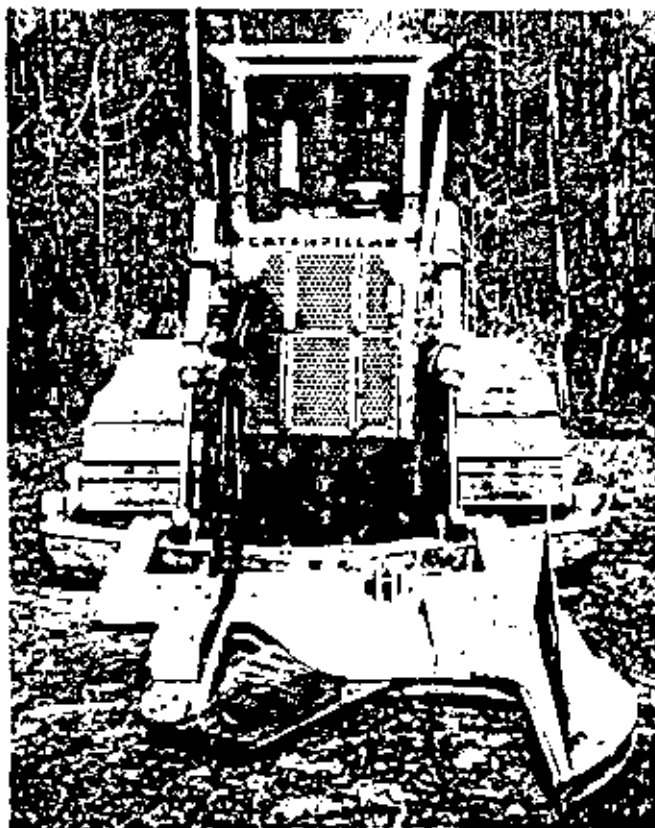
La Taladora con Gancho se diseñó para el derribo, arrastre y apilamiento. Incluye ventajas tales como la caída en línea recta, sin que virtualmente haya fracturas de la madera. Tala árboles hasta de 50 cm. de diámetro, y deja los tocones casi a ras de suelo. Hay modelos disponibles para utilizarse ya sea con madera dura o maderablanda.

La Taladora con Gancho utiliza el método de corte de -- una guillotina, a fin de conseguir máxima velocidad de corte y eficiencia. El corte recto proporciona buen control en la dirección de caída. Los cortes son simples y facilitan las operaciones. La cuchilla se monta al frente de los cargadores de carriles y de los cargadores de ruedas.

RASTRAS DE TIRO DESCENTRADO.



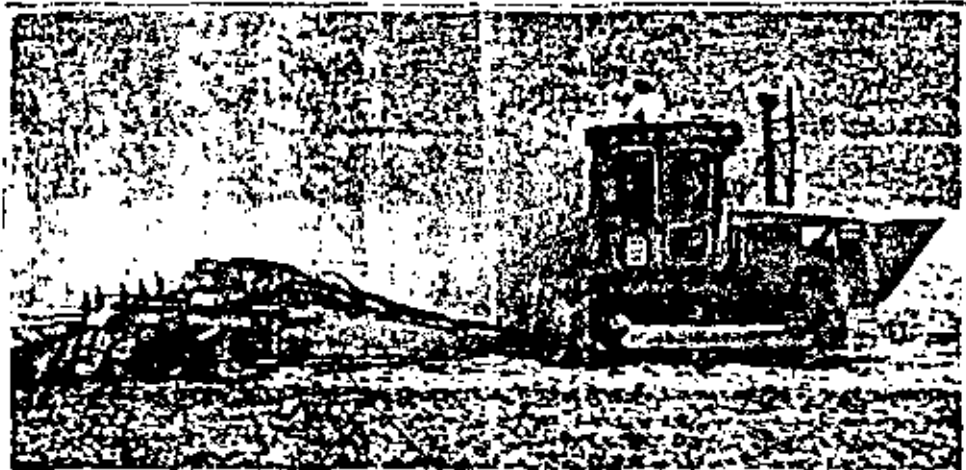
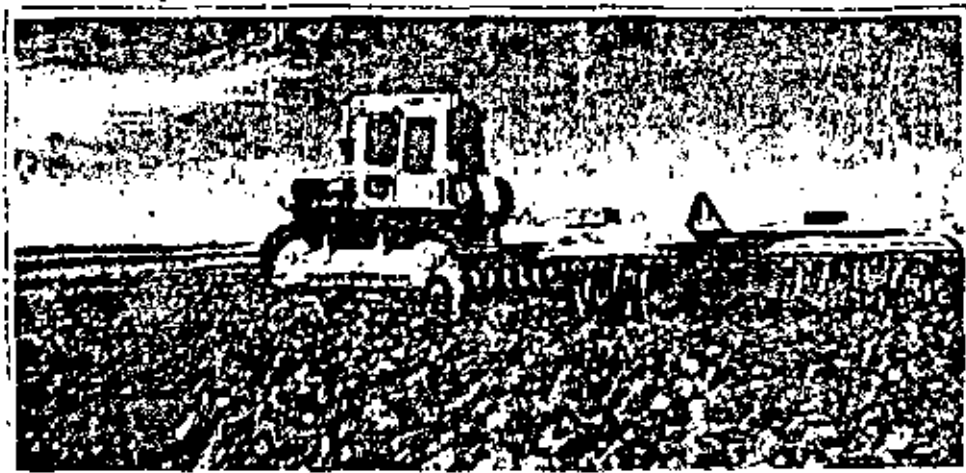
Esta rastra de tiro descentrado para servicio pesado desmonta la vegetación con tallos hasta de 5 cm. de diámetro.



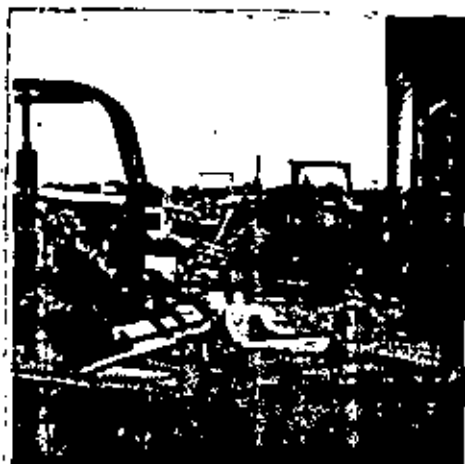
La taladora de cuchilla, operada hidráulicamente, puede cortar árboles de madera blanda hasta de 76 cm. de diámetro y árboles de madera dura hasta de 56 mm. de diámetro.



El Rastrillo, tirado por un tractor D8H, se utiliza para extraer las matas y las raíces.



TRACTORES DE ORUGA TRABAJANDO CON RASTRAS.



TRACTOR DE ORUGAS CONVERTIDO DE MAQUINA PODADORA
HIDRAULICA PARA OPERACIONES FORESTALES.

Factores de Cadenas

Especificaciones

Especificaciones



MODELO	D3B		D4E		D5B		D6D		D7G		D8K		D9H		D10	
Potencia en el volante	48 kW	65 HP	56 kW	75 HP	78 kW	105 HP	104 kW	140 HP	149 kW	200 HP	224 kW	300 HP	306 kW	410 HP	522 kW	700 HP
Peso de operación* (Trans. P. Shift)	6604 kg	14,560 lb	8836 kg	19,480 lb	11 700 kg	25,800 lb	14 200 kg	31,500 lb	20 802 kg	45,860 lb	32 523 kg	71,700 lb	42 865 kg	94,500 lb	87 772 kg	193,300 lb
(Trans. Directa)	—	—	8950 kg	19,730 lb	11 521 kg	25,400 lb	13 835 kg	30,800 lb	20 684 kg	45,600 lb	31 616 kg	69,700 lb	—	—	—	—
Modelo de motor	3204	—	3304	—	3306	—	3306	—	3306	—	D342	—	D353	—	D348	—
PM indicadas del motor	2400	—	2000	—	1750	—	1900	—	2000	—	1330	—	1375	—	1800	—
Núm. de cilindros	4	—	4	—	6	—	6	—	6	—	6	—	6	—	12	—
Diámetro interior	114 mm	4.5"	121 mm	4.75"	121 mm	4.75"	121 mm	4.75"	121 mm	4.75"	146 mm	5.75"	159 mm	6.25"	137 mm	5.4"
Área	127 mm	5"	152 mm	6"	152 mm	6"	152 mm	6"	152 mm	6"	203 mm	8"	203 mm	8"	165 mm	6.5"
Fluidos	5.2 L	318 pulg ³	7 L	425 pulg ³	10.5 L	638 pulg ³	10.5 L	638 pulg ³	10.5 L	638 pulg ³	20.4 L	1246 pulg ³	24.2 L	1473 pulg ³	29.3 L	1766 pulg ³
Volúmenes interiores (a cada lado)	5	—	5	—	6	—	6	—	6	—	7	—	7	—	8	—
Algo de zapata estándar	305 mm	12"	330 mm	13"	406 mm	16"	457 mm	18"	510 mm	20"	580 mm	22"	610 mm	24"	711 mm	28"
Algo de cada cadena sobre el suelo	1.82 m	5'11.8"	1.83 m	6'0"	2.21 m	7'3"	2.36 m	7'9"	2.70 m	8'11"	3.15 m	10'4"	3.35 m	11'0"	3.91 m	12'10"
Área sobre el suelo (zapatas estándar)	1.11 m ²	1723 pulg ²	1.2 m ²	1875 pulg ²	1.81 m ²	2800 pulg ²	2.17 m ²	3360 pulg ²	2.76 m ²	4260 pulg ²	3.51 m ²	5437 pulg ²	4.09 m ²	6338 pulg ²	5.56 m ²	8624 pulg ²
Área de las cadenas	1.42 m	4'8"	1.52 m	5'0"	1.88 m	6'2"	1.88 m	6'2"	1.96 m	6'5"	2.13 m	7'0"	2.29 m	7'6"	2.69 m	8'6"
MENSIONES PRINCIPALES:																
Altura sin las partes de arriba**	1.70 m	5'7"	1.93 m	6'4"	1.93 m	6'4"	2.05 m	6'8"	2.16 m	7'1"	2.39 m	7'10"	2.54 m	8'4"	3.48 m	11'5"
Alt. incluso techo o cabina ROPS	2.69 m	8'10"	2.69 m	8'10"	2.77 m	9'1"	2.87 m	9'5"	3.20 m	10'6"	3.40 m	11'2"	3.56 m	11'8"	4.52 m	14'10"
Largo total (con hoja recta)	3.66 m	12'1"	3.86 m	12'8"	4.60 m	15'1"	4.80 m	15'8"	5.26 m	17'4"	6.58 m	21'7"	7.24 m	23'9"	7.57 m	24'10"
(sin la hoja)	2.75 m	9'1"	3.20 m	10'6"	3.63 m	11'11"	3.73 m	12'3"	4.19 m	13'9"	5.26 m	17'3"	5.61 m	18'5"	5.92 m	19'5"
Ancho (con zapatas estándar)	1.79 m	5'10"	1.85 m	6'1"	2.36 m	7'9"	2.36 m	7'9"	2.55 m	8'5"	2.79 m	9'2"	3.02 m	9'11"	3.61 m	11'10"
Altura libre sobre el suelo	305 mm	12"	357 mm	14"	277 mm	10.9"	310 mm	12.2"	347 mm	13.7"	434 mm	17.1"	480 mm	18.1"	701 mm	27.6"
Dist. entre ejes y anchos de la hoja:																
Recta	—	—	2.44 m	8'0"	3.15 m	10'4"	3.20 m	10'6"	3.66 m	12'	4.04 m	13'3"	4.39 m	14'5"	5.49 m	18'
De giro horizontal	—	—	3.12 m	10'3"	3.63 m	11'11"	3.89 m	12'9"	4.27 m	14'	4.72 m	15'6"	4.68 m	15'0"	—	—
Universal	—	—	—	—	—	—	—	—	3.81 m	12'6"	4.24 m	13'11"	4.80 m	15'9"	6.05 m	19'10"
De giro e inclin. con potencia	2.41 m	7'11"	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Amortiguada	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cap. tanque de combust. (llenado)	116 L	31 gal	242 L	64 gal	246 L	65 gal	295 L	78 gal	435 L	115 gal	640 L	170 gal	670 L	230 gal	1448 L	382 gal

*Peso de operación: Incluye lubricantes, refrigerante, el tanque lleno de combustible, hoja empujadora recta, controles hidráulicos y fluido, techo ROPS, y el operador.
 **La transmisión del D3B tiene 3 velocidades de avance y 3 de retroceso, y la hoja empujadora es de giro horizontal e inclinación lateral con potencia.
 **Para la parte superior desgarnecida sin el techo o cabina ROPS, ni escape, respaldo del asiento, ni otros componentes que obstruyan y sean de fácil extracción.

**TRACTOR Y
DESGARRADOR**

D7G y No. 7

DBK y No. 6

D9H y No. 9

D10 y No. 10

Tipo de desgarrador	En paralelogramo		En paralelogramo ajustable				En paralelogramo ajustable				En paralelogramo ajustable			
			Un vástago		Multivástago		Un vástago		Multivástago		Un vástago		Multivástago	
Dimensiones (tractor con desgarrador):														
Largo (desgarr. levant.)	5.64 m	18' 8"	6.88 m	22' 7"	6.38 m	20' 11"	7.32 m	24' 0"	6.88 m	22' 7"	8.16 m	26' 9"	7.99 m	24' 3"
Largo (desgarr. abajo)	5.84 m	19' 2"	7.26 m	23' 10"	6.78 m	22' 3"	7.80 m	25' 7"	7.37 m	24' 2"	8.52 m	27' 11"	7.83 m	25' 8"
Ancho	2.57 m	8' 5"	2.79 m	9' 2"	2.79 m	9' 2"	3.02 m	9' 11"	3.02 m	9' 11"	3.66 m	12' 0"	3.66 m	12' 0"
Viga														
Ancho	2.21 m	7' 3"	1.37 m	4' 6"	2.63 m	8' 7.5"	1.42 m	4' 6"	2.98 m	9' 10"	1.83 m	6' 0"	2.87 m	9' 5"
Sección (dimen. ester.)	279x343 mm	11"x13.5"	432x483 mm	17"x19"	381x457 mm	15"x18"	432x483 mm	17"x19"	432x483 mm	17"x18"	ND	ND	559x559 mm	22"x22"
Esp. entre el suelo y la viga... levantada	1.19 m	3' 11"	1.57 m	5' 1.5"	1.65 m	5' 5"	1.83 m	6' 0"	1.83 m	6' 0"	1.93 m	6' 4"	1.90 m	5' 11"
... abajo	203 mm	8"	305 mm	12"	381 mm	15"	223 mm	8' 7.7"	223 mm	8' 7.7"	330 mm	13"	213 mm	8.4"
Vástago:														
Penetración máx.	704 mm	29"	1.22 m	4' 0"	710 mm	28"	1.36 m	4' 5.5"	978 mm	38.5"	1.77 m	5' 10"	1.14 m	3' 9"
No. de cavidades	3		1		3		1		3		1		3	
Aguj. de ajuste de prof.	2		4 y 6"		2		4 y 5"		2		4		2	
Sección	76x229 mm	3"x9"	89x356 mm	3.5"x14"	76x330 mm	3"x13"	89x356 mm	3.5"x14"	76x330 mm	3"x13"	100x400 mm	4"x16"	100x400 mm	4"x16"
Esp. (centro a centro)	991 mm	39"	—	—	1.17 m	46"	—	—	1.35 m	4' 9"	—	ND	1.25 m	4' 11"
Largo con la punta	1.30 m	4' 3"	2.10 m	6' 10.5"	1.57 m	5' 2"	2.10 m	6' 10.5"	1.75 m	5' 8"	2.58 m	8' 6"	2.10 m	7' 10"
Largo de la punta	356 mm	14"	323 mm	12.7"	373 mm	14.7"	323 mm	12.7"	373 mm	14.7"	376 mm	14.8"	376 mm	14.8"
Esp. libre sobre el suelo (desgarrador levant.)	483 mm	18"	1.00 m	38.5"	787 mm	31"	1.12 m	44"	876 mm	34.5"	990 mm	39"	584 mm	23"
Peso, vástago instalado (con vástago estic.)	2580 kg	5700 lb	4717 kg	10,400 lb	4538 kg	10,000 lb	5900 kg	13,007 lb	5293 kg	11,874 lb	8574 kg	21,106 lb	9813 kg	21,633 lb
Cada vástago adicional	191 kg	426 lb	—	—	318 kg	700 lb	—	—	363 kg	800 lb	—	—	703 kg	1,550 lb

*Vástago de desgarramiento profundo, disponible para los desgarradores de un vástago del D8 y el D9.

El extractor hidráulico de pasadores es equipo estándar con el vástago de desgarramiento profundo.

El peso del diseño para desgarramiento profundo, una vez instalado, es de 4650 kg (10,200 lb) para el DBK, y de 8400 kg (18,500 lb) para el D9H.

RASTRILLOS DE APLICACION MULTIPLE FLECO

Modelo de tractor y hoja leopadora	D3B			D4E			D5B			D6D			D7G			D8K		D9H	
	3SBPS	4A	4S	4SBPS	5A	5S	5SBPS	6A	6S	6SBPS	7A	7S	7SBPS	8A	8S	9A	9S		
Ancho del rastrillo (pie)	2'11" (7'10")	2'30" (7'10")	2'39" (7'10")	2'74" (8'0")	3'12" (9'3")	2'85" (8'4")	3'29" (10'0")	3'05" (9'5")	3'40" (10'3")	3'35" (10'0")	3'25" (9'8")	3'68" (11'0")	3'43" (10'3")	3'43" (10'3")	3'77" (11'4")	3'77" (11'4")			
Abertura en punta de dientes (pulg)	280 (11")	266 (10.5")	266 (10.5")	254 (10")	279 (11")	241 (9.5")	305 (12")	266 (10.5")	266 (10.5")	309 (12")	305 (12")	305 (12")	305 (12")	305 (12")	343 (13.5")	343 (13.5")			
Penetración de los dientes (pulg)	380 (15")	380 (15")	380 (15")	483 (19")	408 (16")	408 (16")	584 (23")	478 (19")	408 (16")	511 (21")	508 (20")	511 (20")	508 (20")	508 (20")	533 (21")	533 (21")			
Peso total (lb)	525 (1180)	725 (1600)	750 (1650)	784 (1735)	1420 (3128)	1315 (2900)	1395 (3085)	1515 (3345)	1748 (3860)	1391 (3070)	2050 (4550)	2673 (5900)	2052 (4525)	2930 (6480)	3064 (6800)	4100 (9105)	4758 (10,520)		

RASTRILLO DE HOJA FLECO

Modelo de tractor y hoja leopadora	D3B			D4E			D5B			D6D			D7G			D8K		D9H	
	3P.3S	4A	4S	4SBPS	5A	5S	5SBPS	6A	6S	6SBPS	7A	7S	7SBPS	8A	8S	9A	9S		
Ancho del rastrillo (pie)	2'13" (7'0")	2'27" (7'1")	2'13" (7'0")	2'18" (7'0")	2'62" (8'1")	2'62" (8'1")	3'02" (9'6")	2'59" (8'5")	3'02" (9'6")	3'02" (9'6")	3'10" (10'2")	2'92" (9'7")	3'06" (10'0")	2'95" (9'8")	3'06" (10'0")	3'06" (10'0")			
Abertura en punta de los dientes (pulg)	273 (10.75")	305 (12")	254 (10")	330 (13")	330 (13")	330 (13")	330 (13")	330 (13")	330 (13")	330 (13")	361 (14")	356 (14")	361 (14")	361 (14")	419 (16.5")	330 (13")			
Penetración de los dientes (pulg)	330 (13")	381 (15")	361 (14")	381 (15")	408 (16")	408 (16")	557 (22")	457 (18")	457 (18")	557 (22")	533 (21")	533 (21")	558 (22")	559 (22")	559 (22")	559 (22")			
Peso total (lb)	222 (490)	331 (730)	313 (690)	378 (830)	578 (1270)	528 (1160)	721 (1600)	862 (1900)	862 (1900)	862 (1900)	1111 (2460)	993 (2190)	1111 (2460)	993 (2190)	1261 (2780)	1084 (2380)			

RASTRILLO DE ROCAS Y RAICES FLECO

Modelo de tractor y hoja leopadora	D3B			D4E			D5B			D6D			D7G			D8K		D9H	
	3P.3S	4A	4S	4SBPS	5A	5S	5SBPS	6A	6S	6SBPS	7A	7S	7SBPS	8A	8S	9A	9S		
Ancho del rastrillo (pie)	2'03" (6'4")	2'39" (7'10")	2'39" (7'10")	2'82" (9'2")	2'82" (9'2")	2'82" (9'2")	3'02" (9'6")	3'02" (9'6")	3'02" (9'6")	3'10" (10'2")	3'10" (10'2")	3'10" (10'2")	3'10" (10'2")	3'43" (11'3")	3'40" (11'2")				
Abertura en punta de los dientes (pulg)	280 (11")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	250 (10")	280 (11")	280 (11")	280 (11")	280 (11")	300 (12")	300 (12")				
Penetración de los dientes (pulg)	381 (15")	483 (19")	483 (19")	584 (23")	584 (23")	584 (23")	533 (21")	533 (21")	533 (21")	533 (21")	533 (21")	533 (21")	533 (21")	711 (28")	711 (28")				
Altura total del rastrillo para maleza (pie)	1'32" (4'4")	1'37" (4'6")	1'37" (4'6")	1'47" (4'10")	1'47" (4'10")	1'47" (4'10")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'45" (4'9")	1'91" (6'3")	1'91" (6'3")				
Peso total (lb)	525 (1180)	640 (1400)	680 (1500)	1230 (2710)	1390 (3070)	1390 (3070)	1200 (2640)	1470 (3250)	1470 (3250)	1470 (3250)	1600 (3520)	1600 (3520)	1600 (3520)	2670 (5880)	6180 (13800)				

BPS = Baja presión sobre el suelo

RASTRILLOS DE APLICACION MULTIPLE ROME SERIE MA (MODELO 9 DIENTES)

Modelo de tractor	Modelo de Rastrillos	Dientes	Ancho total del rastrillo		Abertura en punta de los dientes		Peso	
			m	pie	mm	Pulg	kg	lb
D5 y D5B	MA-136-5A	—	3'43"	11'25"	360	14'0"	1130	2500
	MA-136-5R	—	3'43"	11'25"	360	14'0"	1580	3475
	MA-136-5S	—	3'43"	11'25"	360	14'0"	1130	2700
D5BPS	MA-151-5LA	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1180	2600
	MA-151-5LR	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1640	3610
	MA-151-5LS	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1270	2800
D6C y D6D	MA-136-6A	9	3'43"	11'25"	360	14'0"	1320	2900
	MA-136A-6A	9	3'43"	11'25"	360	14'0"	1360	3000
	MA-136-6R	9	3'43"	11'25"	360	14'0"	1740	3825
	MA-136A-6R	9	3'43"	11'25"	360	14'0"	1780	3925
D6CBPS	MA-136-6S	9	3'43"	11'25"	360	14'0"	1400	3100
	MA-151-6LA	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1420	3140
	MA-151-6LR	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1870	4120
D7E, D7F y D7G	MA-151-6LS	9	3'81"	12'5"	360	14'0"	1470	3240
	MA-144-7R	9	3'66"	12'0"	360	14'0"	2600	5750
	MA-144-7S	9	3'66"	12'0"	360	14'0"	2450	5400
D8H y D8K	MA-152-8R	9	3'87"	12'7"	370	14'6"	3120	6870
	MA-152-8KS	9	3'87"	12'7"	370	14'6"	2590	5700
	MA-152-8S	9	3'87"	12'7"	370	14'6"	2590	5700

BPS = Baja presión sobre el suelo

- Fleco
- Rome

TALADORES EN "V" FLECO

Modelo del tractor	D4E		D5B		D6D		D7G		D8K			
Modelo Fleco	VT4		VT5		VT6		VT7		VT8			
Ancho de corte	2.48 m	4' 2"	3.05 m	10' 0"	3.05 m	10' 11"	3.30 m	10' 10"	3.68 m	12' 0"	4.27 m	14' 0"
Alto total	1.04 m	3' 5"	1.12 m	3' 8"	1.12 m	3' 8"	1.24 m	4' 1"	1.30 m	4' 3"	1.30 m	4' 3"
Extensión del seccion	810 mm	24"	790 mm	30"	790 mm	30"	840 mm	27"	1.22 m	4' 0"	1.22 m	4' 0"
Peso	1710 kg	3750 lb	2270 kg	5000 lb	2780 kg	6100 lb	3720 kg	8200 lb	5550 kg	12,350 lb	5710 kg	12,600 lb

EMPUJADORA DE ARBOLES FLECO (Ancho completo, montada en la hoja topadora)

Altura máxima	No disponible	No disponible	No disponible	4.73 m	15' 6"	—	—	—	—	4.80 m	15' 8"
Altura mínima	—	—	—	2.87 m	9' 5"	—	—	—	—	2.49 m	8' 2"
Peso	—	—	—	2380 kg	5250 lb	—	—	—	—	3610 kg	8000 lb

EMPUJADORA DE ARBOLES FLECO (Viga simple, montada en la hoja empujadora)

Altura máxima	3.4 m	11' 2"	3.9 m	12' 8"	3.9 m	13'	4.6 m	15' 0"	—	—	5.6 m	18' 0"
Altura mínima	1.2 m	4' 0"	1.5 m	5' 0"	1.5 m	5' 1"	2.1 m	7' 0"	—	—	2.7 m	8' 9"
Peso	730 kg	1600 lb	950 kg	2100 lb	1300 kg	2860 lb	1502 kg	3310 lb	—	—	2920 kg	6400 lb

TALADORA DE ARBOLES EN "V" ROME

Modelo de tractor	D7F & D7G		D8H		D8K	
Modelo Rome	RV7		RV8H		RV8K	
Ancho de corte	3.66 m	12' 0"	4.27 m	14' 0"	4.27 m	14' 2"
Alto total	1.25 m	4' 1"	1.35 m	4' 5"	1.35 m	4' 5"
Peso	4330 kg	9550 lb	5800 kg	12,870 lb	5880 kg	12,970 lb

EMPUJADORA DE ARBOLES ROME (Ancho total, montada en la hoja topadora)

Modelo del tractor	D7G		D8K	
Modelo Rome	RTP-7000		RTP-8000	
Altura máxima	4.86 m	16' 0"	5.18 m	17' 0"
Altura mínima	2.52 m	8' 3"	2.42 m	8' 0"
Peso	7340 kg	16150 lb	3321 kg	7300 lb

CUCHILLAS ROME K/O

Tractores equipados con bastidor "C" Caterpillar

Tractores equipados con bastidor "C" Rome

Modelo del tractor	D5B	D6D	D7G	D8K	D6D BPS	D6D	D7G BPS	D7G*	D7G	D8H	D8K*	D8K
Modelo de la cuchilla	KGBA6B	KGBA6CA	KGBA7E	KGBA8	KGB6CLGP	KGB6CA	KGB7FLOP	KGB7FTCA	KGB7F	KGB8	KGB8RTC	KGB8K
Ancho total	3.16	3.16	3.40	3.78	3.78	3.16	3.84	3.40	3.40	3.78	3.78	3.78
Montado	(10' 4.5")	(10' 4.5")	(11' 2")	(12' 4")	(12' 4")	(10' 4.5")	(13' 6")	(11' 2")	(11' 2")	(12' 4")	(12' 4")	(12' 4")
Peso	1520	1530	2350	3090	2700	2282	3770	3560	3420	5180	5330	5160
	(3360)	(3360)	(5180)	(6820)	(5950)	(5030)	(8310)	(7840)	(7530)	(11,360)	(11,730)	(11,360)

BPS = Baja presión sobre el eje

*Equipado con cilindro de inclinación Caterpillar

RASTRILLAS FLECO PARA CARGADORAS DE RUEDAS

Tipo de rastrillo y modelo de cargadora de ruedas	810		830		850		860C		860C		888	
	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar
Ancho del rastrillo	1.85	1.85	2.03	2.03	2.21	2.21	2.21	2.21	2.65	2.65	2.85	2.85
	(6' 1")	(6' 1")	(6' 8")	(6' 8")	(7' 3")	(7' 3")	(7' 3")	(7' 3")	(8' 7")	(8' 7")	(9' 4")	(9' 4")
Largo de diente debajo del bastidor (pulg)	810	810	810	787	810	787	810	787	810	554	835	869
	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(25")	(25")
Abertura en punta de los dientes (pulg)	279	279	292	287	254	254	254	254	273	273	241	273
	(11")	(11")	(10.5")	(10.8")	(10")	(10")	(10")	(10")	(10.75")	(10.75")	(9.8")	(10.75")
Peso del rastrillo	623	692	730	803	980	1120	1134	1202	1497	1615	1960	2309
	(1375)	(1525)	(1610)	(1760)	(2160)	(2470)	(2510)	(2650)	(3300)	(3550)	(4320)	(5080)
Altura de la barra del paragolpe (máxima) en posición de empuje	3.26	3.26	3.56	3.61	3.76	3.76	4.01	4.12	4.27	4.12	4.42	4.06
	(10' 8")	(10' 8")	(11' 8")	(11' 10")	(12' 4")	(12' 4")	(13' 2")	(13' 6")	(14' 0")	(13' 6")	(14' 2")	(13' 7")

RASTRILLO FLECO PARA CARGADORES DE CADENAS

Tipo de rastrillo y modelo de cargadora de ruedas	831B		841B		851C		855L		877L		883B	
	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar	Rastrillo para desmonte	Rastrillo para apilar
Ancho del rastrillo	1.85	1.85	2.03	2.03	2.21	2.21	2.21	2.21	2.65	2.65	2.85	2.85
	(6' 1")	(6' 1")	(6' 8")	(6' 8")	(7' 3")	(7' 3")	(7' 3")	(7' 3")	(8' 7")	(8' 7")	(9' 4")	(9' 4")
Largo de diente debajo del bastidor (pulg)	810	810	810	810	810	800	810	800	835	915	711	711
	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(24")	(25")	(36")	(28")	(28")
Abertura en punta de los dientes (pulg)	279	279	279	279	279	279	279	279	254	279	254	279
	(11")	(11")	(11")	(11")	(11")	(11")	(11")	(11")	(10")	(11")	(10")	(11")
Peso del rastrillo	573	692	730	800	1146	1210	1197	1310	1820	2050	3080	3130
	(1275)	(1525)	(1610)	(1760)	(2530)	(2670)	(2640)	(2880)	(4020)	(4520)	(6810)	(6920)
Altura de la barra del paragolpe (máxima) en posición de empuje	1.15	3.15	3.0	3.50	3.81	3.96	3.96	3.86	4.37	4.27	4.80	4.80
	(3' 8")	(10' 4")	(9' 8")	(11' 6")	(12' 6")	(13' 0")	(13' 0")	(12' 6")	(14' 2")	(14' 0")	(15' 8")	(15' 8")

MODELOS	TIPOS DE HOJA											
	S	U	A	C	FS	PAT	LIMU	LMB	HMB	SLFU	PAT	
D3B						*						
D3B B.P.S.	*					*						
D4E	*		*				*				*	
D4E B.P.S.	*										*	
D5B	*		*				*					
D5B B.P.S.	*											
D6D	*		*				*					
D6D B.P.S.	*											
D7G	*	*	*				*					
D7G B.P.S.	*											
D8K	*	*	*				*	*	*			
D9H	*	*	*	*			*	*	*			
D10	*	*		*			*					
814	*						*					
815					*							
816					*							
824C	*						*	*				
825C					*							
826C					*					*		

- S- Recta
- U- Universal
- A- Giro horizontal
- C- Amortiguadora
- FS- Esparcidora de rellenos
- PAT- Giro horizontal e inclinación con potencia.
- LIMU- Universal para materias livianas.
- LMB- Hoja de tipo caja para materias livianas.
- HMB- Hoja de tipo caja para materias pesadas.
- SLFU- Universal para rellenos sanitarios.

PRODUCCION

DE USO ESPECIAL

	Con cilindro de inclinación lateral		Hoja de giro horiz.	Hoja con amortig.	Hoja de caja Balderson	Hoja "U" para materias livianas Balderson	Hoja KG Rome	Hoja "V" Fieco	Rasillos
	S (recta)	U (universal)							
EMPUJE EN PRODUCCION									
Aplamiento liviano	G	E	G		E	E			
Materias corrientes	E	G	F	F	G	G			
Materias finaces	G	F			F	F			
Aplamiento para cargadores	G	E	F			E			
Esparcim y mezcla del relleno	E	E	E			G			
Operac. final para nivelar	E	G	E			G			
Relleno de zanjas	G	E	E			E			
Abertura de zanjas	G	G	E			G	G		
Formación de bancales	E	E	E			E			
Empuje de rocas	G	F		G	F	F			
TRABAJOS INICIALES									
Prep. de zonas para edificar	G	G	G			G	F	F	
Construc. de caminos	G	G	G			G	G		
Extracción de tocones	G	G	F			G	E	G	G
Extracción de rocas	G	F	F			F			F
CONFORMACION DEL SUELO									
Terrazas y drenaje	E	G	E			G	F		
Construc. de albercas	G	G	F			G	F		
Habitación de tierras	E	E	F		E	E	F		
EMPUJE EN LA CARGA									
Empuje temporal con plancha	G	F		E		F			
Empuje continuo	F			E					
DESMONTE DE TIERRAS									
Extracción de matorrales	E	F	G			F		E	E
Tala de arboles	E	F	F			F	E	E	
Amontonamiento	F	F	F			F	G		E

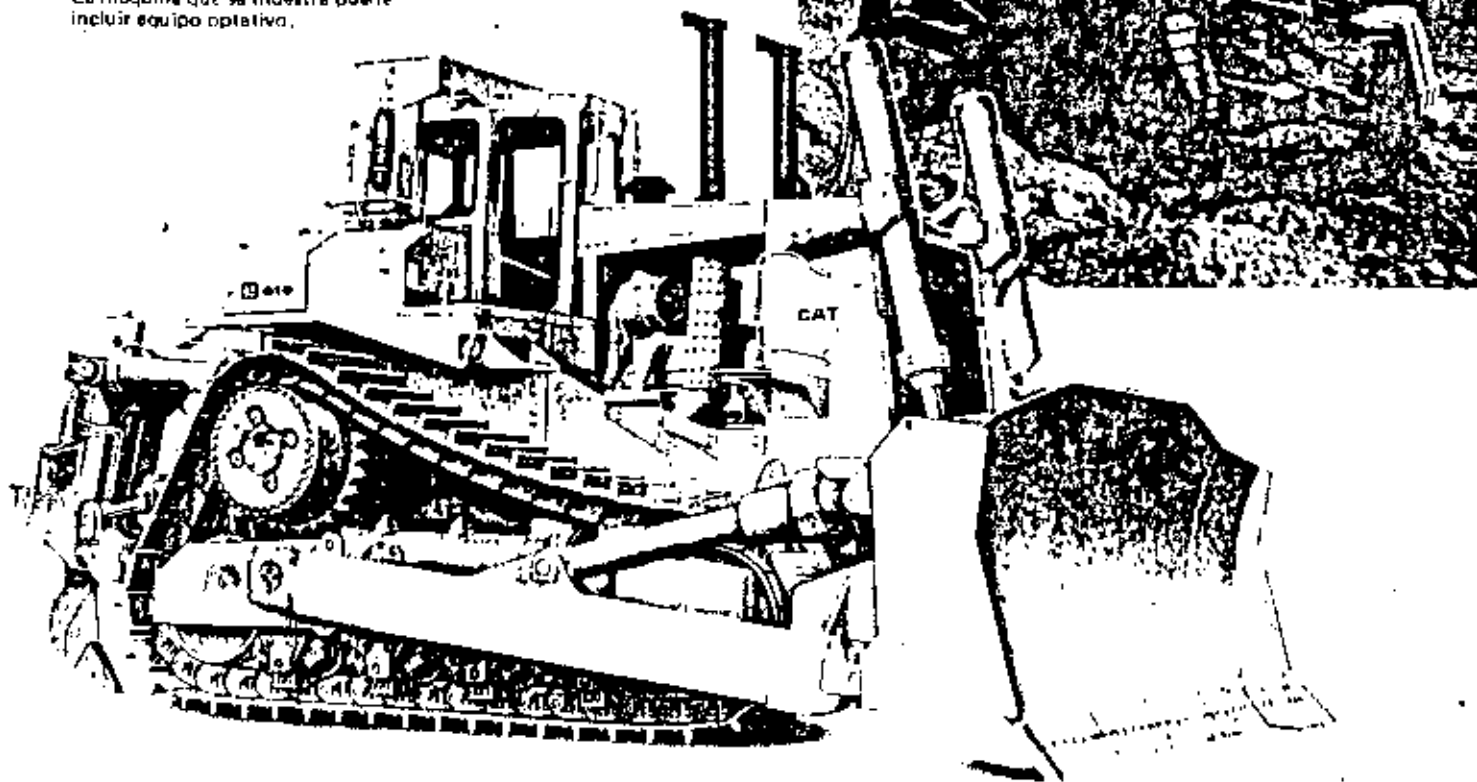


CATERPILLAR

Tractor de Cadenas D10

63

La máquina que se muestra puede incluir equipo optativo.



Características principales

- El Motor Diesel Caterpillar D348 turbocomplementado, desarrolla una potencia de 522 kW (700 hp) en el volante.
- El diseño con rueda motriz elevada pone los mandos finales fuera del alcance del barro, las piedras y el agua, eliminando los impactos de las cargas para prolongar así la vida útil del tren de fuerza.
- El tren de rodaje de bogies montados elásticamente proporciona menos cargas de impactos en los rodillos y bastidores, mejora la tracción de la máquina y la comodidad del operador. Las Cadenas Selladas y Lubricadas, los rodillos y ruedas guía de lubricación permanente, y el eslabón maestro de dos piezas, son estándar.
- El eje pivote y la barra compensadora asegurada con pesadores controlan la alineación y la oscilación de los bastidores de rodillos.
- El diseño modular de los componentes principales facilita las reparaciones, permite el intercambio de componentes y la prueba preliminar de los módulos antes de ser instalados.
- El sistema de mando de accesorios montado en el bastidor principal, es una unidad autocontenida que facilita la remoción y atención técnica del motor.
- El sistema de enfriamiento tiene un ventilador impulsado hidrostáticamente, ubicado entre el radiador y los enfriadores de aceite abisagrados para enfriamiento eficaz y reducción de ruidos. Parrilla con aletas reflectoras, abisagrada.
- El tirante estabilizador de la hoja empujadora permite instalar la hoja más cerca de las cadenas para mejor control de los implementos y maniobrabilidad del tractor, con excelente equilibrio.
- El compartimiento del operador con aislación de goma tiene los controles de implementos y de la máquina montados en la consola, a fácil alcance. El asiento, orientado, provee excelente visibilidad tanto hacia adelante como hacia atrás.

- El mantenimiento es sencillo, con menos puntos de engrase, ajustadores hidráulicos de cadenas, y uso extensivo de muelles y filtros de combustible y aceite, engrasadores.
- Servicios CAT PLUS, a cargo del distribuidor Caterpillar. Es el programa de apoyo técnico al cliente más completo en la industria.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1800 RPM 522 kW (700 hp)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina, cuando funciona en un ambiente, según norma SAE, de temperatura de 29°C (85°F) y presión de 995 mbar (29,38" Hg), usando un combustible Diesel de 35 unidades API a temperatura de 15,8°C (60°F) y después de hacer las deducciones por los siguientes equipos: ventilador; filtro de aire; bombas de agua, aceite lubricante y combustible; alternador y silenciador. El motor mantiene la potencia indicada en el volante hasta una altitud de 2300 m (7500').

Motor Diesel Caterpillar D348, de 4 tiempos y 12 cilindros en "V" de 60°, con calibre de 137 mm (5,4"), carrera de 165 mm (6,5") y cilindrada de 29,3 litros (1786 pulg³).

Dos turbocomplementadores con cojinetes refrigerados por agua para mayor duración. Lumbreras paralelas del múltiple con dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro. Válvulas revestidas de estelita, con asientos de dura aleación de acero, y rotadores de válvulas.

Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con tres anillos de perfil de cuña, enfriados por rallo de aceite. Cojinetes de aluminio reforzados con acero por el dorso y muñones del cigüeñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión con aceite filtrado en flujo total y enfriado. Filtros de aire, de tipo seco, con elementos primario y secundario.

motor (continuación)

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios, con bujías incandescentes para calentar las cámaras de precombustión. Alternador de 50 A. Cuatro baterías de 12 voltios y 220 A-h.

El módulo del motor/divisor de par está montado con aislación de goma al bastidor principal para amortiguar las vibraciones y los ruidos del vehículo.



Transmisión

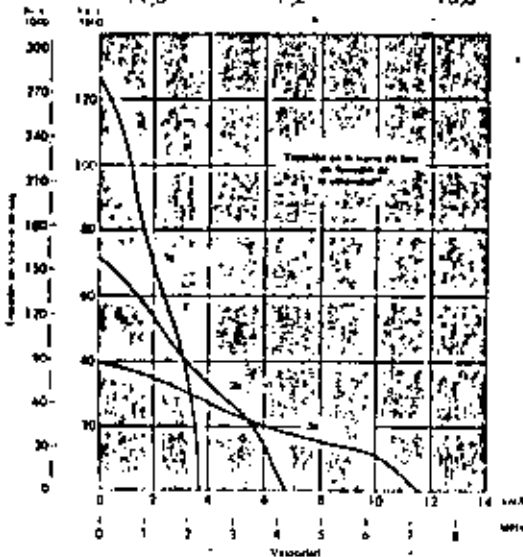
Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 533 mm (21") de diámetro y alta capacidad de par motor. El sistema de modulación especial permite hacer cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga, sin restricciones.

Convertidor de par de una sola etapa con divisor del par de salida. Está conectado a la transmisión por roble junta universal, que proporciona una construcción unitaria para fácil servicio.

La transmisión modular se conecta con la caja de los engranajes de transferencia y de la corona, que a su vez conecta con la caja principal del tractor. Estos módulos se pueden cambiar aun con el desgarrador instalado.

Velocidades de marcha a las rpm indicadas del motor:

Marchas	Velocidades de avance		Velocidades de marcha atrás	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1a	3,8	2,4	4,6	2,9
2a	6,8	4,2	8,0	5,0
3a	11,8	7,2	13,8	8,6



* La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.



Dirección y frenado

Embragues y frenos de dirección de varios discos, que se aplican por resorte y se desacoplan hidráulicamente. Se enfrían con aceite presionizado y no requieren ajustes. Se puede atender cada conjunto como una sola unidad.

Las palancas combinan el desacoplamiento del embrague principal y el frenado en un solo control para cada cadena. Se tira ligeramente de la palanca para desacoplar los embragues de dirección, y al máximo hacia atrás para frenar la cadena.

Un solo pedal aplica simultáneamente los frenos de las cadenas para detener la máquina en paradas normales o de emergencia. El freno de estacionamiento se aplica con la palanca de traba de la transmisión. Si se pierde la presión y es necesario remolcar la máquina, se pueden desacoplar los frenos desde el asiento con una herramienta optativa que se activa desde el receptáculo de arranque auxiliar.



Mandos finales

Mandos finales planetarios, engranajes de doble reducción y dientes alineados de paso grueso y perfil convexo, lubricados por salpicadura de aceite y protegidos con sellos de anillos flotantes Duo-Cone. Arco de ruedas motrices divididos en tres segmentos de 120° cada uno, empujables y reemplazables.

Bastidor de rodillos



Tubular, que resiste los esfuerzos torsionales. Rodillos y ruedas guía de lubricación permanente y amortiguados por una serie de bogies que oscilan en conexiones de cartucho y pasador selladas y lubricadas. La oscilación de los bogies se controla con cojines elásticos.

Bastidores de rodillos oscilantes unidos al tractor por eje pivote y barra compensadora fijada con pasadores. Grandes bujes pivotes en depósito de aceite. Pasadores de rótula entre bastidor y barra compensadora sellados y lubricados. Bujes de baja fricción en el apoyo, que no necesita mantenimiento. La oscilación de la barra compensadora se limita por cojines elásticos. Mecanismo de retracción totalmente sellado y lubricado.

Número de rodillos (a cada lado) 8
Oscilación 502 mm (19,75")



Cadenas Selladas y Lubricadas

En las Cadenas Selladas y Lubricadas los pasadores están rodeados de lubricante a fin de eliminar el desgaste interno de los bujes como consideración crítica de mantenimiento. Se evitan las fugas de lubricante mediante una disposición de selladura que consiste en un sello de poliuretano, un anillo expansor de goma y un anillo de empuje. Cada pasador de cadena tiene, además un depósito de lubricante en su interior. Esto extiende los intervalos de conservación y la vida útil del tren de rodaje y reduce los costos. Las zapatas con rebajes, los ajustadores hidráulicos de cadena, las guardaleguas de cadenas, y los eslabones maestros de dos pinzas, son estándar.

Paso 260 mm (10,25")
Número de zapatas (a cada lado) 46
Tipo de zapata Con rebajes, para servicio severo
Ancho de la zapata estándar 712 mm (28")
Longitud de la cadena sobre el suelo 3911 mm (154")
Superficie de contacto con el suelo con zapatas estándar 5,56 m² (8624 pulg²)
Altura de la garra, (desde la cara inferior de la zapata) 102 mm (4,0")



Datos para servicio

	Litros	Gal. de E.U.A.
Tanque de combustible	1446	382
Sistema de enfriamiento	197	52
Sistemas de lubricación:		
Carter del motor Diesel	79	21
Compartimientos de la transmisión, corona y embragues de dirección (incluye convertidor de par)	264	69,7
Sólo el tanque	180	47,5
Mandos finales (cada uno)	11	3
Cada bastidor de rodillos (incluye el compartimiento del eje pivote y del cojinete de retracción)	108	28,6
Sistema hidráulico de los implementos, cuatro válvulas	250	66
Tanque solamente	180	47,5



Peso (aproximado)

	Con entrecña de 2692 mm (106")	Con entrecña de 2896 mm (114")
De embarque, con lubr., refrig., 5% de comb., y cab. ROPS/FOPS	64 702 kg (141.538 lb)	64 849 kg (142.966 lb)
En orden de trabajo: incluye lubr., refrig., tanque comb. lleno, cont. hidr., Hoja 10U, desgarr., varios dientes, cab., ROPS/FOPS y el operador	86 622 kg (190.966 lb)	87 062 kg (191.936 lb)



Estructura ROPS

Las estructuras de protección en caso de vuelco ROPS que ofrece Caterpillar para esta máquina conforman a los conceptos ROPS, según normas SAE J395 e ISO 3471. La cabina también conforma a los conceptos FOPS (Estructura de protección contra objetos que caen), según las normas SAE J231 e ISO 3449.



Controles hidráulicos

El sistema completo consta de: bomba, tanque con filtro, válvulas, tuberías, varillaje, y palancas de control. Las válvulas auxiliares hidráulicas facilitan las operaciones de los controles del desgarrador y de la hoja empujadora. Cuatro sistemas hidráulicos optativos, todos con válvulas externas, incluyen lo siguiente:

	kg	lb
Una válvula para la hoja 10C	213	470
Dos válvulas para la hoja 10S ó 10U e inclinación	249	550
Tres válvulas para la hoja 10C y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	340	750
Cuatro válvulas para la hoja 10S ó 10U, inclinación y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	363	800

Bomba de engranajes:

Caudal a 6895 kPa (69 bar) (1000 lb/pulg ²)	579 litros/min (153 gal/min)
Flujo del cilindro de inclinación	144 litros/min (38 gal/min)
RPM de la bomba a velocidad indicada del motor	1800
Ajuste de la válvula de alivio, hoja empujadora	17 237 kPa (172 bar) (2500 lb/pulg ²)
Cilindro de inclinación	17 926 kPa (179 bar) (2600 lb/pulg ²)
Desgarrador	17 237 kPa (172 bar) (2500 lb/pulg ²)
Mando	Impulsada por el mando auxiliar

Posiciones de la válvula de control:

Hoja empujadora	Levantar, fija, bajar, libre
Desgarrador	Levantar, bajar, extender, retraer, fija
Cilindro de inclinación	Incl. a la der., fija, incl. a la izq.
Depósito:	
Montaje	Guardabarros (montaje con aislación de goma)
Capacidad del tanque	178 litros (47 gal.)

Hojas empujadoras diseñadas para trabajos severos de empuje, recuperación de tierras y carga y empuje de trillajes. Cuchillas y cantoneras de acero DH-2 más duraderas. Más estabilidad por la conexión de tirante estabilizador que acerca la hoja al tractor. Cilindros de levantamiento montados en las esquinas superiores del protector del radiador para más ventaja mecánica. Una palanca controla los movimientos de la hoja, incluso la inclinación transversal.



Hojas empujadoras

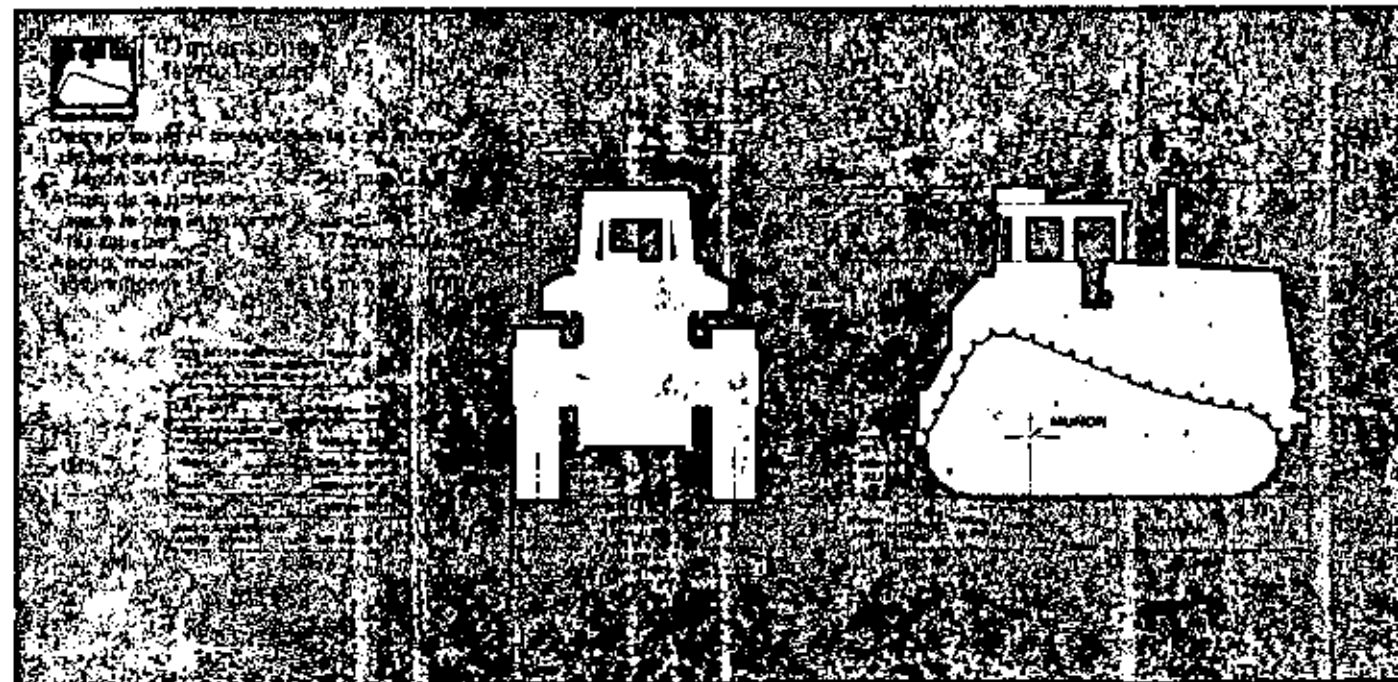
Hoja	Ancho total (aprox. ancho hoja empujadora)	Altura	Inclinación (en grados)	Diámetro de pivote (mm)	Inclinación transversal (mm)	Peso	Peso total con tractor (aprox. con hoja empujadora)
10S	5485 mm (18' 0")	2150 mm (85")	530 mm (21")	1480 mm (59")	813 mm (32")	12 530 kg (27 849 lb)	78 050 kg (172 100 lb)
10U	6004 mm (19' 8")	2231 mm (87' 4")	711 mm (28")	1648 mm (65")	840 mm (33")	12 960 kg (28 554 lb)	78 370 kg (172 806 lb)
10C	3810 mm (12' 6")	1825 mm (70")	1170 mm (46")	500 mm (20")	aplicable	9500 kg (20 948 lb)	74 920 kg (165 199 lb)

*Ancho, incluyendo las cantoneras.

**No incluye controles hidráulicos, pero las hojas 10S y 10U incluyen cilindro de inclinación.

***Incluye controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja (10U, ó 10C), refrigerante, lubricantes, tanque de combustible lleno, cabina ROPS con FOPS, y el operador.

La hoja 10C incluye un grupo de protección del cárter del motor compatible con el muñón de la hoja.



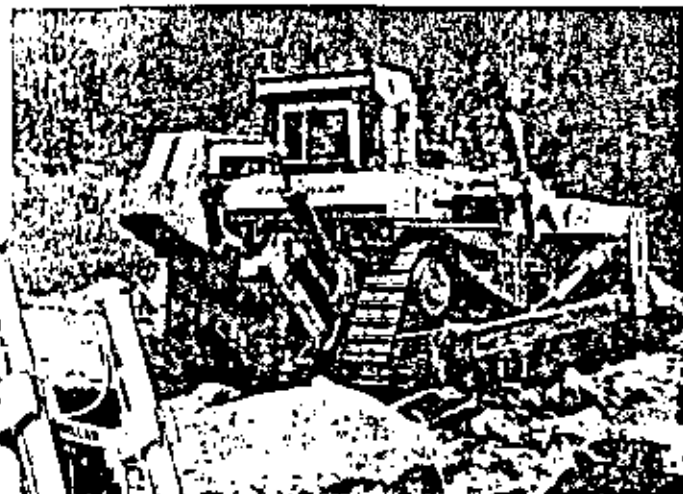


CATERPILLAR

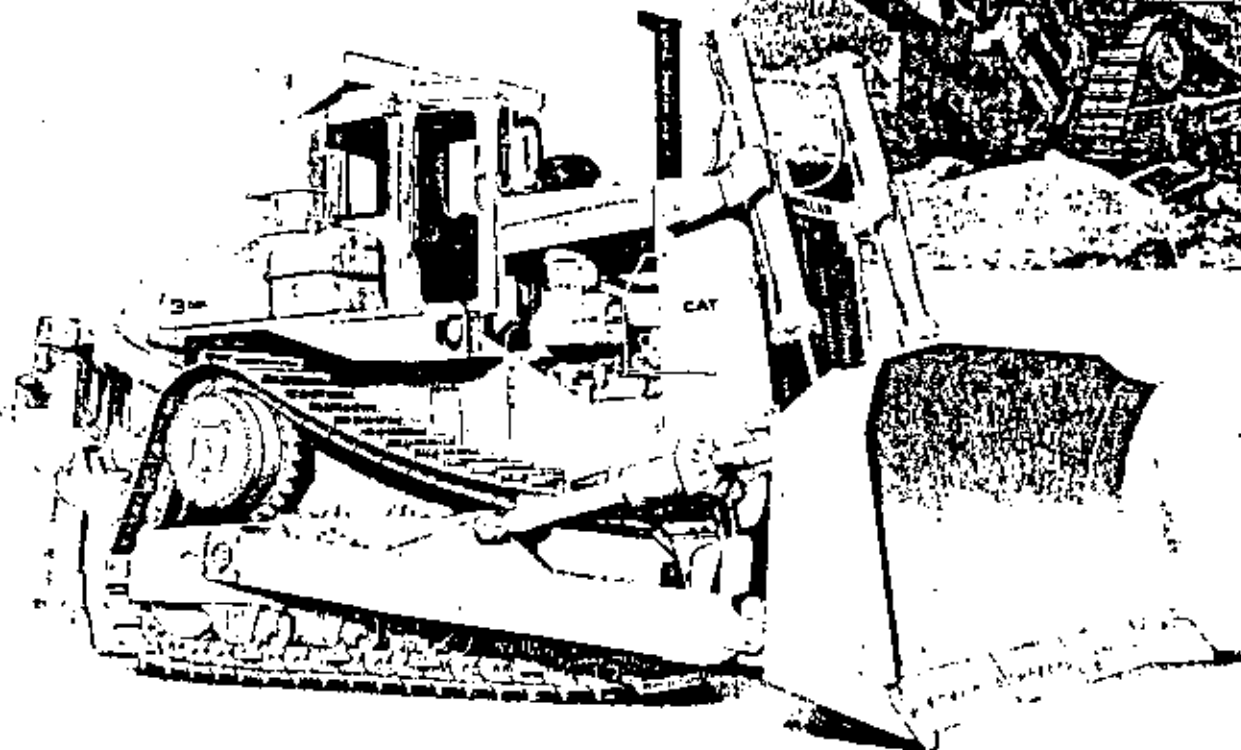
Tractor de Cadenas

D9L

66



La máquina que se muestra puede incluir equipo optativo.



Características principales

- El Motor Diesel Caterpillar 3412 turboalimentado, desarrolla una potencia de 343 kW (460 hp) en el volante, con una reserva de par del 30%.
- El diseño con rueda motriz elevada pone los mandos finales fuera del alcance del barro, las piedras y el agua, eliminando los impactos de las cargas para prolongar así la vida útil del tren de fuerza.
- El tren de rodaje de bogies montados elásticamente proporciona menos cargas de impactos en los rodillos y bastidores, mejora la tracción de la máquina y la comodidad del operador. Las Cadenas Selladas y Lubricadas, los rodillos y ruedas guía de lubricación permanente, y el eslabón maestro de dos piezas, son estándar.
- El eje pivote y la barra compensadora asegurada con pasadores controlan la alineación y la oscilación de los bastidores de rodillos.
- El diseño modular de los componentes principales facilita las reparaciones, permite el intercambio de componentes y la prueba preliminar de los módulos antes de ser instalados.
- El tirante estabilizador de la hoja empujadora permite instalar la hoja más cerca de las cadenas para mejor control de los implementos y maniobrabilidad del tractor, con excelente equilibrio.
- El compartimiento del operador con aislación de goma tiene los controles de implementos y de la máquina montados en la consola, a fácil alcance. El asiento, orientado, provee excelente visibilidad tanto hacia adelante como hacia atrás.
- El mantenimiento es sencillo, con menos puntos de engrase, y con ajustadores hidráulicos de cadenas, puntos de servicio agrupados para facilitar la atención técnica, y filtros enroscables de aceite y combustible.
- Servicios CAT PLUS, a cargo del distribuidor Caterpillar. Es el programa de apoyo técnico al cliente más completo en la industria.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1900 RPM 343 kW (460 hp)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina, cuando funciona en un ambiente, según norma SAE, de temperatura de 29°C (85°F) y presión de 895 mbar (29,38" Hg), usando un combustible Diesel de 35 unidades API a temperatura de 15,6°C (60°F) y después de hacer las deducciones por los siguientes equipos: ventilador; filtro de aire; bombas de agua, aceite lubricante y combustible; alternador y silenciador. El motor mantiene la potencia indicada en el volante hasta una altitud de 2300 m (7500').

Motor Diesel Caterpillar 3412, turboalimentado, de 4 tiempos y 12 cilindros en "V" de 65°, con calibre de 137 mm (5,4"), carrera de 152 mm (6,0") y cilindrada de 27,0 litros (1649 pulg³).

Sistema de combustible Caterpillar de inyección directa, con válvulas y bombas de inyección individuales, libres de ajuste. Cojinetes del turboalimentador enfriados por agua para mayor duración. Lumbreceras paralelas de los múltiples de admisión, con dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro. Válvulas revestidas de estelita, con asientos de dura alineación de acero y rotadores de válvulas.

Pistones de anillón de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con tres anillos de perfil de rufa, engrados por racho de aceite. Cojinetes de aluminio reforzados con acero por el dorso y muñones del cigüeñal totalmente endurecidos. Lubricación a presión con aceite filtrado en flujo total y enfriado. Filtro de aire, de tipo seco, con elemento primario y secundario.

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios. Cuatro baterías de 12 voltios y 172 A-h.

El módulo del motor/divisor de par está montado con aislación de goma al bastidor principal para amortiguar las vibraciones y los ruidos del vehículo.



Transmisión

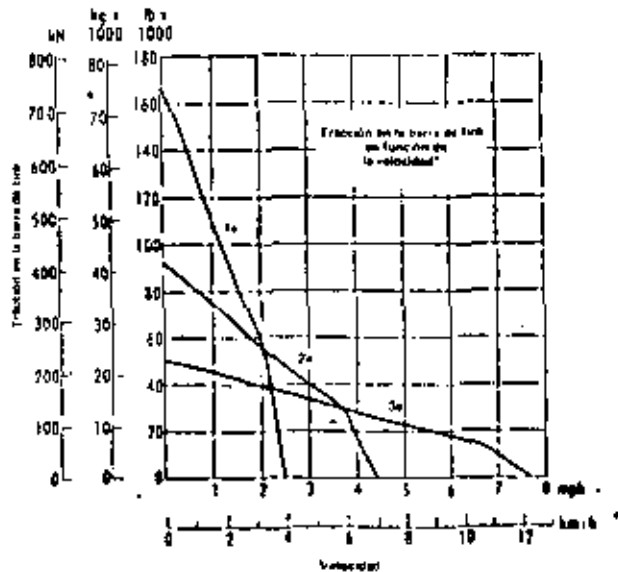
Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 432 mm (17") de diámetro y alta capacidad de par motor. El sistema de modulación especial permite hacer cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga sin restricciones.

Convertidor de par en una sola etapa con divisor del par de salida. Está conectado a la transmisión por doble junta universal, que proporciona una construcción unitaria para fácil servicio.

La transmisión modular se conecta con la caja de los engranajes de transmisión y de la corona, que a su vez conecta con la caja principal del tractor. Estos módulos se pueden cambiar aun con el desgarrador instalado.

Velocidades de marcha a rpm indicadas del motor:

Marchas	Velocidad de avance		Velocidad de marcha atrás	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1a	3,9	2,4	5,1	3,2
2a	7,2	4,5	9,0	5,6
3a	12,4	7,7	15,4	9,6



* La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.



Dirección y frenado

Embragues y frenos de dirección de varios discos, que se aplican mediante resortes y se desacoplan hidráulicamente. Se engrían con aceite presionizado y no requieren ajustes. Se puede atender cada conjunto como una sola unidad.

Las palancas combinan el desacoplamiento del embrague principal y el frenado en un solo control para cada cadena. Se tira ligeramente de la palanca para desacoplar los embragues de dirección, y al máximo hacia atrás, para frenar la cadena.

Un solo pedal aplica los frenos en ambas cadenas simultáneamente para detener la máquina en paradas de emergencia o normales. El freno de estacionamiento se aplica con la palanca de traba de la transmisión. En caso de pérdida de presión en el sistema y que sea necesario remolcar la máquina, el operador puede desacoplar los frenos desde el asiento con una herramienta optativa de servicio que se activa eléctricamente desde el receptáculo de arranque auxiliar.



Mandos finales

Mandos finales planetarios, engranajes de doble reducción y dientes alineados de paso grueso y perfil convexo, lubricados por salpicadura de aceite y protegidos con sellos de anillos flotantes Duo-Cone. Aros de ruedas matrices divididos en tres segmentos de 120° cada uno, empernables y reemplazables.



Bastidor de rodillos

De diseño tubular, que resiste los esfuerzos torsionales y de flexión. Los rodillos y ruedas guía de lubricación permanentemente están montados elásticamente en el bastidor de rodillos por una serie de bogies. Los bogies oscilan en conexiones de caucho y pasador selladas y lubricadas. La oscilación de los bogies se controla con cojines elásticos.

Los bastidores de rodillos oscilantes están unidos al tractor por un eje pivote y una barra compensadora asegurada con pasadores. Los grandes bujes pivotes funcionan en un depósito de aceite.

La oscilación de la barra compensadora está restringida por cojines de goma. La conexión de la montura es un buje de baja fricción que no necesita mantenimiento. El mecanismo de retracción está completamente sellado y lubricado.

Número de rodillos (a cada lado) 8



Cadenas Selladas y Lubricadas

En las Cadenas Selladas y Lubricadas los pasadores están rodeados de lubricante a fin de eliminar el desgaste interno de los bujes como consideración de mantenimiento crítica. Se evitan las fugas de lubricante mediante una disposición de selladura que consiste en un sello de poliuretano, un anillo expansor de goma y un anillo de empuje. Cada pasador de cadena tiene un depósito de aceite. Esto extiende los intervalos de conservación y la vida útil del tren de rodaje y reduce los costos. Los ajustadores hidráulicos, guardaguías de cadenas, y los eslabones maestros de dos piezas, son estándar.

- Paso 229 mm (9")
- Número de zapatas (a cada lado) 47
- Tipo de zapata Para servicio severo
- Ancho de la zapata estándar 610 mm (24")
- Longitud de la cadena sobre el suelo 3,556 m (1140")
- Superficie de contacto con el suelo con zapatas estándar 4,336 m² (16,720 pulg²)
- Altura de la garrá, (desde la cara inferior de la zapata) 93 mm (3,66")



Datos para servicio

	Litros	IGal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	965	255
Sistema de enfriamiento	129	34
Sistemas de lubricación:		
Cácter del motor Diesel	57	15
Compartimientos de la transmisión, corona y embragues de dirección (incluye convertidor de par)	178	47
Mandos finales (cada uno)	19	5
Cada bastidor de rodillos (incluye el compartimiento del eje pivote y del cojinete de retracción)	138	36,5
Sistema hidráulico de los implementos		
Tanque solamente	83	22



Peso (aproximado)

- De embarque, incluye lubricantes, refrigerante, 10% de combustible y
- ROPS con techo FOPS 41 098 kg (90.605 lb)
- ROPS con cabina FOPS 41 525 kg (91.545 lb)

En orden de trabajo: incluye lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, controles hidráulicos, Hoja 95, cadenas para servicio severo con zapatas de 610 mm (24"), techo ROPS - FOPS y el operador 50 762 kg (111.910 lb)



Estructura ROPS

[E] techo ROPS - FOPS es estándar en E.U.A., solamente. Las estructuras de protección en caso de vuelco ROPS que ofrece Caterpillar para esta máquina conforman a los conceptos ROPS, según las normas SAE J395 e ISO 3471. El techo y la cabina también conforman a los conceptos FOPS (Estructura de Protección contra la Caída de Objetos), según las normas SAE J231 e ISO 3449.



Controles hidráulicos

El sistema completo consta de bomba, tanque con filtro, válvulas, tuberías, varillaje, enfriador de aceite y palancas de control. Válvulas auxiliares hidráulicas facilitan las operaciones de control del desgarrador y de la hoja empujadora. Cuatro sistemas hidráulicos optativos, todos con válvulas externas, incluyen lo siguiente:

Bomba, de paletas, impulsada por el motor auxiliar:
 Caudal a 6895 kPa (100 bar) (1000 lb/pulg²) 390 litros/min (103 gal/min)
 Flujo del cilindro de inclinación 117 litros/min (31 gal/min)
 RPM de la bomba a velocidad indicada del motor 1800
 Ajuste de la válvula de alivio:
 hoja empujadora 16 547 kPa (165 bar) (2400 lb/pulg²)
 Cilindro de inclinación 17 237 kPa (172 bar) (2500 lb/pulg²)
 Desgarrador 16 547 kPa (165 bar) (2400 lb/pulg²)

	kg	lb
Una válvula, para la hoja 9C	454	1000
Dos válvulas, para la hoja 9S ó 9U e inclinación	490	1080
Tres válvulas, para la hoja 9C y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	558	1230
Cuatro válvulas, para la hoja 9S ó 9U, inclinación y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	581	1280

Posiciones de la válvula de control:
 Hoja empujadora Levantar, fija, bajar, libre
 Desgarrador Levantar, bajar, extender, retraer, fijo
 Cilindro de inclinación Incl. a la der., fija, incl. a la izq.

Dapósito:
 Montaje Guardabarros (montaje con aislación de goma)
 Capacidad del tanque 83 litros (22 gal)

Las hojas empujadoras del D9 están diseñadas para trabajos severos de empuje con la hoja, recuperación de tierras y carga y empuje de traillias. Las cuchillas y cantoneras son de acero DH 2 para más durabilidad. La conexión mediante tirante estabilizador acerca la hoja a las cadenas para mejor equilibrio y control. Los cilindros de levantamiento de la hoja se montan en las esquinas superiores del protector del radiador para mejor visibilidad y más ventaja mecánica. Una sola palanca controla todos los movimientos de la hoja, incluso la inclinación transversal.



Hojas empujadoras

Hoja	Capacidad según SAE J1285	Ancho total* (tractor con hoja empujadora)	Altura	Profundidad de acero	Despeje sobre el suelo	Inclinación transversal máxima	Peso**	Peso en operación (tractor con hoja empujadora)
9S	15,1 m ³ (119,9 yd ³)	4,541 m (14'11")	1,988 m (78'7")	626 mm (24 3/4")	1,435 m (568,5")	1,163 m (45,8")	8324 kg (18,350 lb)	51,289 kg (112,850 lb)
9U	19,2 m ³ (23,9 yd ³)	4,972 m (16'4")	1,988 m (78'7")	626 mm (24 3/4")	1,435 m (568,5")	1,257 m (49,5")	8823 kg (19,450 lb)	51,688 kg (113,950 lb)
9C		3,316 m (10'10")	1,505 m (59")	1219 mm (48")	800 mm (31,5")	No es aplicable	6398 kg (14,100 lb)	49,225 kg (109,520 lb)

- *Ancho, incluyendo las cantoneras.
- **No incluye controles hidráulicos, pero las hojas 9S y 9U incluyen cilindro de inclinación.
- ***Incluye controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja (9U, 9S ó 9C), refrigerante, lubricantes, tanque de combustible pero, cabinas ROPS con FOPS, el operador, y cadenas de servicio severo con zapatas de 610 mm (24").
- La hoja 9C incluye un grupo de protección del cárter del motor compatible con el muñón de la hoja.

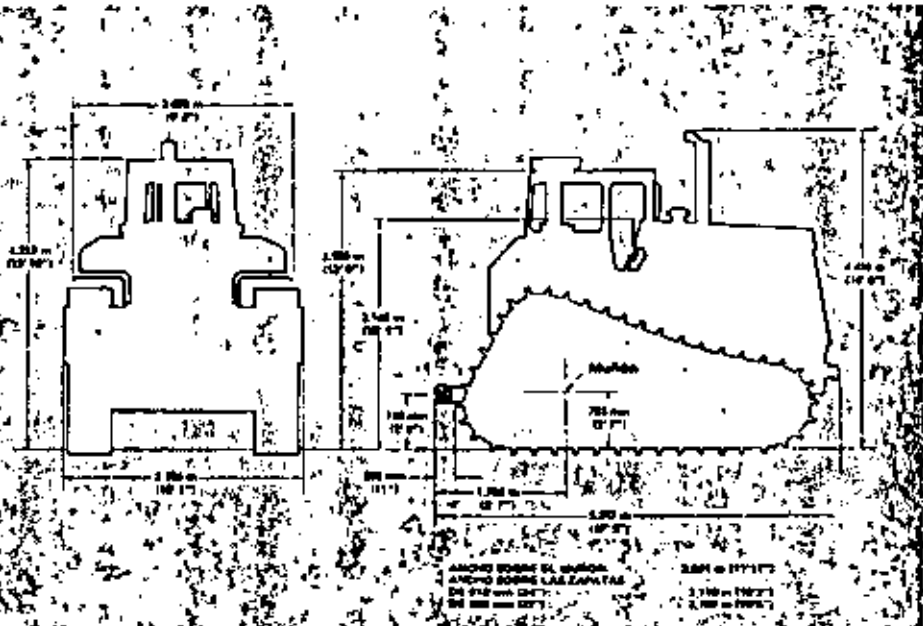


Dimensiones (aproximadas)

Despeje sobre el suelo, desde la cara inferior de las zapatas, según SAE J894 610 mm (24")

CON ESTOS ACCESORIOS, ARRABAR LA LONGITUD BANCAL DEL TRACTOR DE 9,21 m (30'0")

DESCRIPCIÓN DE ACCESORIO	LONGITUD (m)
GRUPO DE ALIMENTACIÓN DE LUBRICANTE	0,38 m (12'6")
GRUPO DE ALIMENTACIÓN DE LUBRICANTE CON FILTRO	0,47 m (15'5")
GRUPO DE ALIMENTACIÓN DE LUBRICANTE CON FILTRO Y TUBERÍA	0,56 m (18'4")
GRUPO DE ALIMENTACIÓN DE LUBRICANTE CON FILTRO Y TUBERÍA Y TUBERÍA	0,65 m (21'3")
GRUPO DE ALIMENTACIÓN DE LUBRICANTE CON FILTRO Y TUBERÍA Y TUBERÍA Y TUBERÍA	0,74 m (24'2")





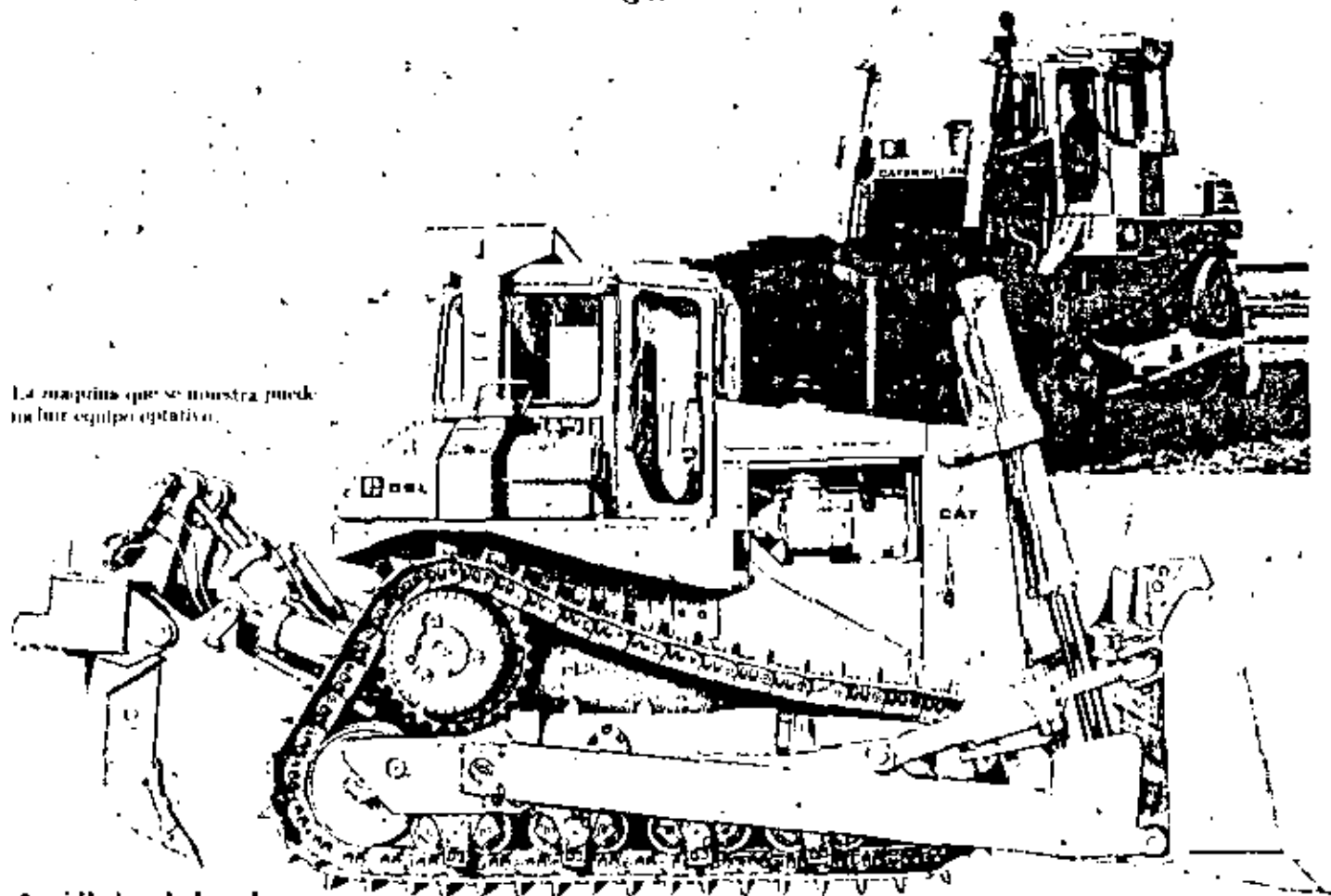
CATERPILLAR

Tractor de Cadenas

D8L

3763

La máquina que se muestra puede incluir equipamiento.



Análisis del valor

- El Motor Diesel Caterpillar 3408 turboalimentado desarrolla una potencia de 250 kW (335 hp) en el volante, con una reserva de par del 25%.
- El diseño con rueda motriz elevada pone los mandos finales fuera del alcance del barro, las piedras y el agua, eliminando los impactos de las cargas para prolongar así la vida útil del tren de fuerza.
- El tren de rodaje de bogies montados elásticamente reduce las cargas de impactos en rodillos y bastidores, mejora la tracción de la máquina y la comodidad del operador. Las Cadenas Selladas y Lubricadas, los rodillos y ruedas gras de lubricación permanente y el estabón maestro de dos piezas son estándar.
- El eje pivote y la barra compensadora asegurada con pivadores controlan la alineación y la oscilación de los bastidores de rodillos.
- El diseño modular de los componentes principales facilita las reparaciones y permite el intercambio de componentes y la prueba de los módulos antes de ser instalados.
- El tirante estabilizador de la hoja empujadora acerca la hoja a las cadenas logrando mejor control de los implementos y maniobrabilidad del tractor, con excelente espillado.
- El compartimiento del operador con aislación de goma tiene los controles de implementos y de la máquina montados en la consola, a fácil alcance. El asiento, orientado en ángulo, contribuye a la visibilidad hacia adelante y hacia atrás.
- El mantenimiento es sencillo, con pocos puntos de engrase, y con ajustadores hidráulicos de cadenas, puntos de servicio agrupados y filtros enrasables de aceite y combustible.
- Servicios CAT PLUS, a cargo del Distribuidor Caterpillar, es el programa de apoyo técnico al cliente más completo en la industria.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1900 RPM ... 250 kW (335 hp)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina, cuando funciona en un ambiente, según norma SAE, de temperatura de 29°C (85°F) y presión de 101,2 kPa (29,38" Hg), usando un combustible diesel de 35 unidades API a temperatura de 15,0°C (60°F) y después de hacer las deducciones por los siguientes equipos: ventilador, filtro de aire, bombas de agua, aceite lubricante y combustible, alternador y silenciador. No se debe reducir la potencia indicada hasta una altitud de 2300 m (7500').

Motor Diesel Caterpillar 3408, turboalimentado, de 4 tiempos y 8 cilindros en V de 65", con calibre de 137 mm (5,4"), carrera de 152 mm (6,0"), y cilindrada de 18,0 litros (1099 pulg³).

Sistema de combustible Caterpillar de inyección directa, con válvulas y bombas de inyección individuales, hilos de ajuste, Copletes del turboalimentador enfriados por agua para mayor duración. Lámparas paralelas de los múltiples de admisión, con dos válvulas de admisión y dos de escape por cilindro. Válvulas revestidas de estelita, con asentos de dura aleación de acero y rotadores de válvulas.

Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con tres anillos de perfil de una, cubiertos por baño de aceite. Copines de aluminio reforzados con acero por el dorso y anillos del cigueñal completamente endurecidos. Lubricación a presión con aceite totalmente filtrado y enfriado. Filtro de aire con elemento primario y secundario.

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios. Alternador de 35 A. Dos baterías de 12 voltios y 172 A.h.

El módulo del motor/divisor de par está montado con aislación de goma al bastidor principal para amortiguar las vibraciones y los golpes.

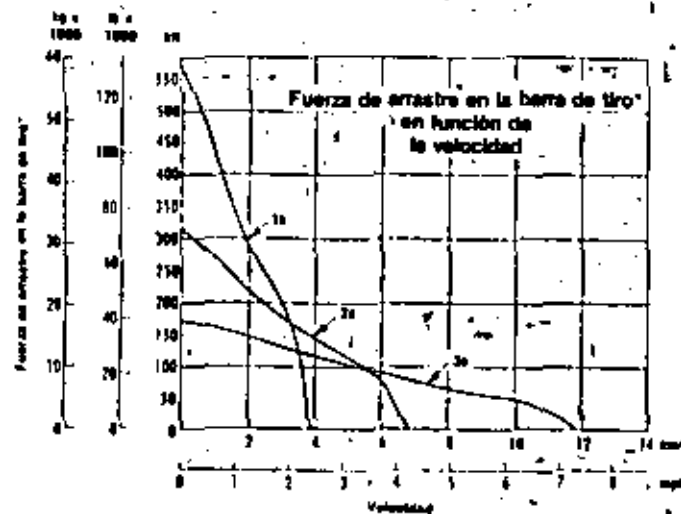


Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 112 mm (17") de diámetro y alta capacidad de par motor. El sistema de modulación especial permite hacer cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga sin restricciones. Convertidor de par de una sola etapa con divisor del par de salida. Está conectado a la transmisión por doble junta universal y forma así una unidad, lo que facilita su atención. La transmisión modular se conecta con la caja de los engranajes de transferencia y de la corona, que a su vez se conecta con la caja principal del tractor. Este módulo se cambia así con desgarrador instalado.

Velocidades de marcha a las RPM indicadas del motor:

Marchas	Velocidad de avance		Velocidad de marcha atrás	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1a	3,9	2,4	4,8	3,0
2a	6,8	4,2	8,1	5,2
3a	11,9	7,4	14,8	9,2



*La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.



Dirección y frenado

Embragues y frenos de dirección de varios discos, que se aplican mediante resortes y se desacoplan hidráulicamente. Se enfrían con aceite presurizado y no requieren ajustes. Se puede atender cada conjunto como unidad sola.

Las palancas continúan el desacoplamiento del embrague principal y el frenado en un solo control para cada cadena. Se tira de la palanca un poco para desacoplar los embragues de dirección, y al máximo, para frenar la cadena.

Un solo pedal aplica los frenos en ambas cadenas simultáneamente para detener la máquina en paradas de servicio o de emergencia. El freno de estacionamiento se aplica con la palanca de traba de la transmisión. En caso de pérdida de presión en el sistema, cuando sea necesario reiniciar la máquina, se pueden desacoplar los frenos desde el asiento con una bomba auxiliar.



Mandos finales

De diseño tubular, que resiste los esfuerzos torsionales y dientes alineados de paso grueso y perfil convexo, lubricados por succión de aceite y protegidos con sellos de anillos flotantes Duo-Cone. Ruedas motrices con aros en tres segmentos intercambiables y reemplazables.



Bastidor de rodillos

De diseño tubular, que resiste los esfuerzos torsionales y de flexión. Los rodillos y ruedas guía de lubricación permanente están montados en el bastidor de rodillos por una serie de bogies. Los bogies oscilan en conexiones de cartucho y pasador selladas y lubricadas. La oscilación de los bogies se controla con cojines elásticos. Los bastidores de rodillos oscilantes están unidos al tractor por un eje pivote y una barra compensadora asegurada con pasadores. Los grandes bujes pivotes funcionan en un depósito de aceite. La oscilación de la barra compensadora está restringida por cojines de goma. La conexión de la montura es un buje de baja fricción que no necesita mantenimiento. El mecanismo de retracción está completamente sellado y lubricado. Número de rodillos (a cada lado) 18



Cadenas Selladas y Lubricadas

En las Cadenas Selladas y Lubricadas los pasadores están rodeados de lubricante a fin de eliminar el desgaste interno de los bujes como consideración de mantenimiento crítica. Se evitan las fugas de lubricante mediante una disposición de selladura que consiste en un sello de polietileno, un anillo expansor de goma y un anillo de empuje. Cada pasador de cadena tiene un depósito de aceite. Esto extiende la vida útil del tren de rodaje y reduce costos. Los ajustadores hidráulicos, guías de cadena y eslabones maestros de dos piezas son estándar.

- Paso 216 mm (8,5")
- Número de zapatas (a cada lado) 15
- Ancho de la zapata estándar 300 mm (12")
- Longitud de la cadena sobre el suelo 3,213 m (106,5")
- Superficie de contacto con el suelo con zapatas estándar 3,590 m² (5565 pulg²)
- Altura de la garras, (desde la cara inferior de la zapata) 78 mm (3,1")



Datos para servicio

	Litros	(Gal. E.U.A.)
Tanque de combustible	751	199
Sistema de enfriamiento	100	26,5
Sistemas de lubricación:		
- Carter del motor diesel	17	12,5
Compartimentos de la transmisión, corona y engranajes de dirección (incluye convertidor de par)	167	14
Mandos finales (cada uno)	23	6
Bastidor de rodillos:		
Compartimento del resorte tensor (cada uno)	30	8
Compartimiento del eje pivote	13	3,5
Sistema hidráulico de los implementos:		
Tanque solamente	72	19



Peso (aproximado)

- De embarque, con lubricantes, refrigerante, 10% de combustible y techo FOPS-ROPS 30 403 kg (67.220 lb)
- Techo FOPS-ROPS 540 kg (1191 lb)
- ROPS con cabina FOPS 978 kg (2156 lb)

- En orden de trabajo, con lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, controles hidráulicos, Hoja 8S, cadenas con zapatas de 300 mm (22"), techo ROPS FOPS y el operador 37 305 kg (82.943 lb)



Estructura ROPS

(El techo FOPS-ROPS es estándar en E.U.A. solamente.) Las estructuras de protección en caso de vuelco ROPS que ofrece Caterpillar para esta máquina conforman a los conceptos ROPS, según las normas SAE J305, ISO 3471 y SAE J1002. El techo y la cabina también conforman a los conceptos FOPS (Estructura de Protección contra la Caída de Objetos), según las normas SAE J221 e ISO 3110.



Controles hidráulicos

El sistema completo consta de bomba, tanque con filtro, válvulas, tuberías, varillaje, entrador de aceite y palanca de control. Válvulas auxiliares hidráulicas facilitan las operaciones de control del desgarrador y de la hoja empujadora. Cuatro sistemas hidráulicos operativos, todos con válvulas externas, incluyen lo siguiente:

	kg	lb
Una válvula adicional, para la hoja SA	185	1070
Dos válvulas, para la hoja SS u SU e inclinación	331	1177
Tres válvulas, para las hojas SA, SS u SU y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	643	1418
Cuatro válvulas, para la hoja SS u SU, inclinación y desgarrador con inclinación hidráulica de los dientes	701	1521
Dos válvulas, para la hoja SA y desgarrador	534	1177
Tres válvulas, para la hoja SS u SU, inclinación y desgarrador	643	1418

Las hojas empujadoras del D8 están diseñadas para trabajos duros de empuje con la hoja, recuperación de tierras y carga y empuje de traílles. Las cuchillas y cantoneras son de acero D11-2 para más durabilidad. La conexión mediante tirante estabilizador acerca la hoja a las cadenas para mejor equilibrio y control. Los cilindros de levantamiento de la hoja se montan en las esquinas superiores del protector del radiador, para aumentar visibilidad y eficiencia mecánica. Una sola palanca controla todos los movimientos de la hoja, incluso la inclinación transversal.



Hojas empujadoras

Hoja	Capacidad según SAE J1265	Ancho total* (tractor con hoja empujadora)	Altura	Profundidad de excav.	Despejo sobre el suelo	Inclinación transversal máxima	Peso**	Peso total En orden de trabajo*** (tractor con hoja empujadora)
SA	6,6 m ³ (18,6 yd ³)	4,531 m (15'11")	1,295 m (4'3")	833 mm (33")	1,219 m (38")	84 mm (3 1/2")	5912 kg (13 090 lb)	37 710 kg (83 131 lb)
SS	10,7 m ³ (14 yd ³)	4,172 m (13'8")	1,765 m (5'9,5")	614 mm (24")	1,288 m (39")	89 mm (3,5")	5557 kg (12 399 lb)	37 395 kg (82 215 lb)
SU	13,5 m ³ (17,7 yd ³)	4,503 m (14'9")	1,765 m (5'9,5")	614 mm (24")	1,288 m (39")	917 mm (36")	6112 kg (13 591 lb)	37 870 kg (83 908 lb)

*Incluyendo los cantoneras

**No incluye controles hidráulicos, pero las hojas SS y SU incluyen cilindro de inclinación.

***Incluye controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja (SU, SS), refrigerante, lubricantes, tanque de combustible, techo RCPS, FGPS, el operador y cadenas con zapatas de 560 mm (22").

†Con la hoja SA, la inclinación hidráulica es un accesorio.



Dimensiones

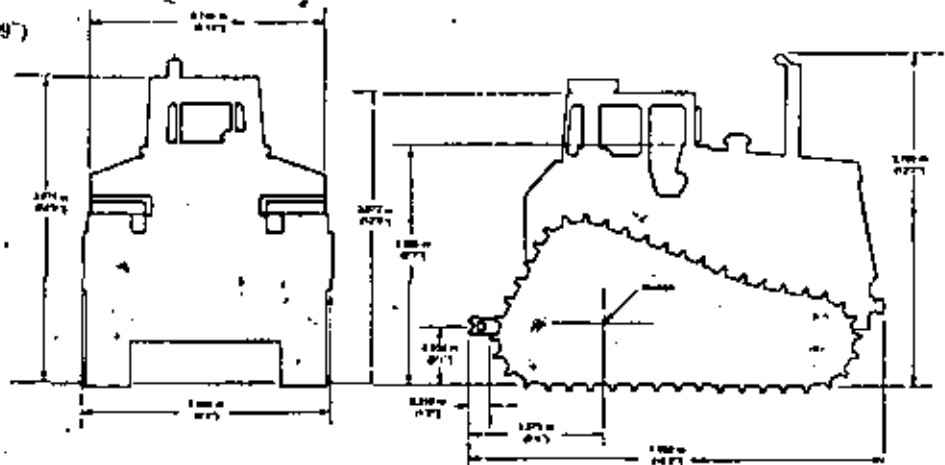
(aproximadas)

Despejo sobre el suelo, desde la cara inferior de las zapatas, según SAE J1234 455 mm (19,09")

CON ESTOS ACCESORIOS, AÑADASE A LA LONGITUD BÁSICA DEL TRACTOR DE 4,868 m (16'0")

DESARRADOR DE UN DIENTE	1,524 m (5')
DESARRADOR DE VARIOS DIENTES	1,118 m (3'7")
HOJA S	1,777 m (5'8")
HOJA U	1,831 m (5'9")
HOJA A	1,581 m (5'2")

ANCHO SOBRE EL MUNDO: 3,080 m (10'1")
ANCHO SOBRE LAS ZAPATAS DE 0,868 m (28"): 2,768 m (9'1")
DE 0,718 m (23"): 2,911 m (9'7")
ENTREPIE: 2,200 m (7'2")





CATERPILLAR

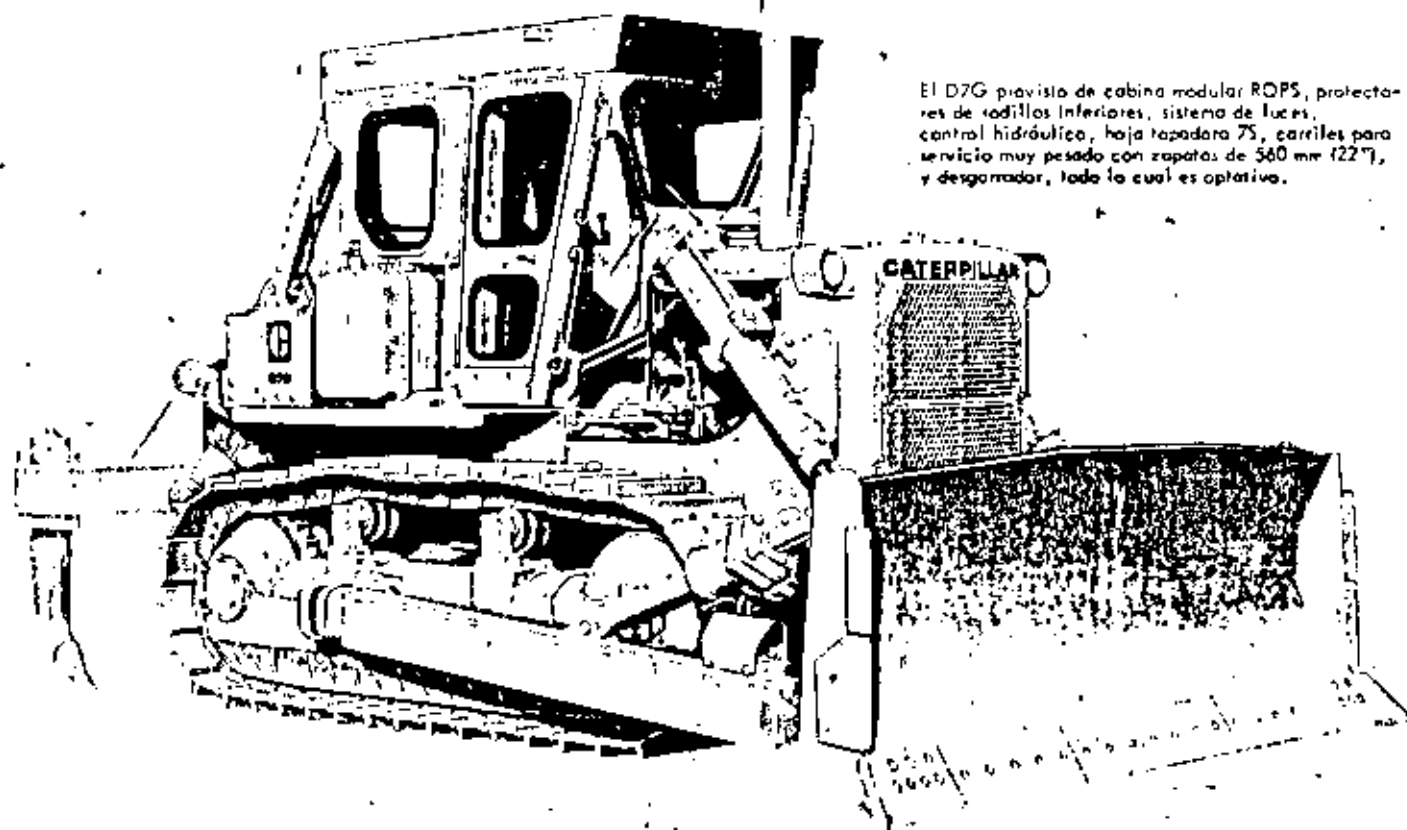
Tractor de Carriles D7G

características principales

- **MOTOR DIESEL 3306 CATERPILLAR TURBOALIMENTADO** concilindrado de 10,5 litros (638 pulg³).
- **CARRILES SELLADOS Y LUBRICADOS.** Se consigue gran reducción en el desgaste por fricción entre los pasadores y bujes, lo cual disminuye los costos del tren de rodaje.
- **CABINA MODULAR OPTATIVA CATERPILLAR.** Se sujeta a todas las normas que tiene al presente la OSHA (E.U.A.) sobre la protección del operador en caso de vuelco. Es una unidad completa e independiente que se puede hacer inclinarse hacia atrás para facilitar el servicio.
- **DIRECCIÓN TOTAL MEDIANTE UNA PALANCA.** Con un solo control, se desconecta el embrague y se frena.
- **CONTROLES HIDRÁULICOS AUXILIARES.** Reducen el esfuerzo en el uso de las palancas del desgarrador y para inclinar la hoja tapadora.
- **DE SIMPLE CONSERVACION** gracias a los ajustadores hidráulicos de carriles, que son estándar, al sistema de combustible libre de ajustes, y a los filtros del motor, provistos de rosca.
- **CAT PLUS** a cargo de los distribuidores Caterpillar. Constituye el sistema de respaldo de productos más extenso y completo en la industria.



El D7G provisto de cabina modular ROPS, protectores de rodillos inferiores, sistema de luces, control hidráulico, hoja tapadora 75, carriles para servicio muy pesado con zapatas de 560 mm (22"), y desgarrador, todo lo cual es optativo.



motor Caterpillar

Potencia neta en el volante a 2000 RPM ... 200 hp (149 kW)

Es la potencia neta en el volante del motor del vehículo cuando funciona en las condiciones S.A.E. de temperatura y presión atmosférica, a sea a 29° C (85° F), y 746 mm (29,38") Hg (0,993 bar), utilizando Fuel Oil de 35 unidades A.P.I. El equipo instalado en el motor incluye ventilador soplador, filtro de aire, silenciador, protector para la lluvia, bomba de agua, de lubricante y de combustible, y alternador. El motor mantiene su potencia especificada en el volante hasta una altitud de 2300 m (7500').

Turboalimentado. Bombas individuales de inyección de combustible que no requieren ajustes, y válvulas de inyección que no se obstruyen. Las válvulas están revestidas de estelita, los asientos son de duro acero aleación, y hay rotadores de válvulas.

Los pistones son de aluminio de aleación, y tienen tres anillos. Se caracterizan por su leve conicidad y sección ligeramente elíptica. Los cárteres son de aluminio reforzada con acero por el dorso, y los muñones de los cigüeñales se endurecen por "Hi-Electro". Se lubrica a presión, y el aceite es filtrado en flujo continuo. El filtro de aire es seco, con un elemento primario y otro de seguridad.

Opción de dos sistemas de arranque eléctrico directa de 24 voltios: estándar y para bajas temperaturas. Ambos incluyen bujías incandescentes para precalentar las cámaras de precombustión.

Motor diesel Caterpillar, Modelo 3306, de cuatro tiempos y seis cilindros, con diámetro de 121 mm (4,75") y carrera de 152 mm (6"). Su cilindrada es de 10,5 litros (638 pulg³).

Tractor de Carriles D7G

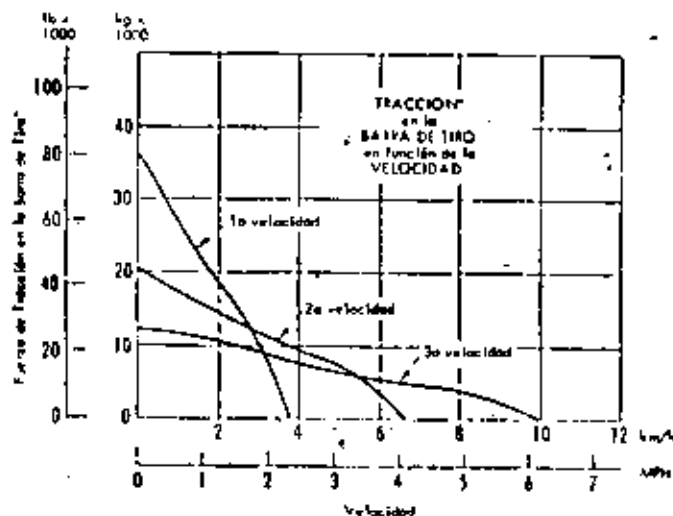


transmisión

SERVOTRANSMISION:

De diseño planetario con embragues en aceite de alta capacidad de par motor y diámetro de 381 mm (15"). Gracias a un sistema de válvulas, se pueden hacer cambios de velocidad y de sentido de marcha a pleno carga. El convertidor de par motor es de una etapa, con divisor de par, que combina suavidad y economía. Está conectado a la transmisión por doble unión universal, para montaje y desmontaje en unidades independientes.

	Velocidades de Avance km/h (MPH)		Velocidades de Retroceso km/h (MPH)	
1a	0-3,7	(2,3)	0-4,5	(2,8)
2a	0-6,4	(4,0)	0-7,9	(4,9)
3a	0-10,0	(6,2)	0-11,9	(7,4)



*Depende de las condiciones del suelo y del peso del tractor equipado.

TRANSMISION DIRECTA:

Engranajes helicoidales de engrane constante, y palanca para cambio rápido de sentido de marcha. La lubricación es a presión, con aceite filtrado y enfriado. Construido en unidades fácilmente desmontables. El embrague principal tiene tres discos con revestimiento metálico de acoplamiento de tipo de leva. Los discos se lubrican y enfrían con aceite que circula a presión. Está conectado a la transmisión mediante doble unión universal.

Velocidades de la Transmisión Directa y Tracción en la Barra de Tiro*

Transmisión Estándar

	Avance km/h (MPH)	Retroceso km/h (MPH)	Tracción en la Barra de Tiro* A RPA	
			Indicados kg (lb)	Máximo bajo carga kg (lb)
1a	2,6 (1,6)	3,1 (1,9)	17 700 (39 000)	21 550 (47 500)
2a	3,7 (2,3)	4,3 (2,7)	11 750 (25 900)	14 400 (31 700)
3a	5,3 (3,3)	6,3 (3,9)	7700 (16 950)	9550 (21 000)
4a	7,9 (4,9)	9,3 (5,8)	4700 (10 400)	5950 (13 100)
5a	10,1 (6,3)	-	3300 (7300)	4300 (9450)

Transmisión Optativa

1a	3,5 (2,2)	4,1 (2,6)	12 550 (27 700)	16 100 (35 450)
2a	4,8 (3,0)	5,6 (3,5)	8700 (19 200)	11 250 (24 800)
3a	5,6 (3,5)	6,7 (4,2)	7100 (15 700)	9300 (20 400)
4a	6,4 (4,0)	7,5 (4,7)	6200 (13 600)	8100 (17 800)
5a	7,2 (4,5)	-	5200 (11 450)	6900 (15 150)
6a	8,2 (5,1)	-	4450 (9850)	5950 (13 100)

*Depende de las condiciones del suelo y del peso del tractor equipado.



sistema de la dirección

Embragues de disco múltiple, enfriados con aceite y de acción hidráulica, que no requieren ajustes. Frenos de brida tensora enfriados con aceite, que se operan mediante palancas y/o pedal, reforzados hidráulicamente para fácil empleo. Freno mecánico de estacionamiento. Conjuntos de embrague y freno que pueden atenderse como unidades separadas.



mandos finales

Los engranajes de los mandos finales son de doble reducción y tienen dientes de perfil convexo. Los sellos son de anillos flotantes Duo-Con. El oro de las ruedas dentadas se divide en segmentos reemplazables que se fijan con pernos.



bastidor de rodillos inferiores

Construcción de sección en caja reforzada. Los rodillos superiores son de montaje exterior. Los rodillos y ruedas tensoras son de Lubricación Permanente. Ruedas tensoras ajustables para dos posiciones. Gracias al uso de una barra estabilizadora libre, de tipo de balanceo, cada bastidor de rodillos oscila.

Número de rodillos a cada lado 6
Oscilación en el punto de las ruedas tensoras 406 mm (16")



Carriles Sellados y Lubricados

En los Carriles Sellados y Lubricados, cada pasador está debidamente lubricado a fin de reducir en gran parte el desgaste entre los pasadores y bujes. Se retiene el lubricante mediante un sistema sellador que consta de un sello de poliuretano, un anillo expansor de caucho, y un anillo de empuje. El lubricante adicional se halla en un depósito perforado en cada pasador. Debido a este sistema, se aumentan los intervalos de servicio en el tren de rodaje, y se reducen los costos. Los ajustadores hidráulicos de carriles son estándar, y también el estacionamiento de dos piezas.

Número de zapatas a cada lado 36
Longitud de las zapatas estándar 510 mm (20")
Longitud de cada carril sobre el suelo 2720 mm (107")
Área de contacto de los carriles sobre el suelo
con zapatas estándar 2,76 m² (4270 pulg²)
Altura de las garras
desde la cara inferior de las zapatas 71 mm (2,8")



datos para servicio

	litros	(Gal de E. U. A.)
Tanque de combustible	435	(115)
Sistema de enfriamiento	45	(12)
Sistemas de lubricación:		
Cárter del motor diesel	27	(7,25)
Compartimientos de la servotransmisión, corona, y embragues de dirección (incluido el convertidor de par)	70	(18,5)
Compartimientos de la transmisión directa, embrague principal, embragues de dirección y corona	61	(16)
Cada mando final	34	(9)



peso aproximado

Peso de embarque (incluye lubricantes, refrigerante y 10% de combustible):
Con servotransmisión 15 250 kg (33 600 lb)
Con transmisión directa 15 100 kg (33 300 lb)

Peso de embarque (incluye la anterior y techo ROPS):
Con servotransmisión 16 000 kg (35 200 lb)
Con transmisión directa 15 800 kg (34 900 lb)

De operación (incluye lubricantes, refrigerante, el tanque lleno de combustible, control hidráulico, hoja topadora 75, techo ROPS y el operador):
Con servotransmisión 20 100 kg (44 300 lb)
Con transmisión directa 19 950 kg (44 000 lb)



R.O.P.S.

(Cabinas y techos operativos con protecciones R.O.P.S.)
La cabina y el techo con protecciones ROPS, que ofrece Caterpillar para esta máquina, se cita a los conceptos ROPS, según las normas J395 y J1040a de la S.A.E., y 3471 de la I.S.O. También se sujetan a los conceptos FOPS (Protecciones para la Caída de Objetos), según se indica en la J231 de la S.A.E. y 3449 de la I.S.O.



controles hidráulicos

El sistema completo consta de la bomba, tanque, filtro, válvulas, tuberías, eslabonamiento y palancas de control. Los controles hidráulicos piloto eliminan la mayoría del esfuerzo en el manejo de las palancas de control del desgarrador y de inclinación de la hoja. Los seis sistemas hidráulicos operativos son de válvulas externas. Incluyen los siguientes:

UNA VALVULA, para la Hoja 7A	422 kg (930 lb)
DOS VALVULAS, para la Hoja 7S ó 7U	485 kg (1070 lb)
DOS VALVULAS, para la Hoja 7A y desgarrador	458 kg (1010 lb)
DOS VALVULAS, para la Hoja 7A y el cilindro de inclinación	522 kg (1150 lb)
TRES VALVULAS, para la Hoja 7S ó 7U, y desgarrador	535 kg (1180 lb)
TRES VALVULAS, para la Hoja 7A, desgarrador y cilindro de inclinación	571 kg (1260 lb)

BOMBA de tipo de paletas:

Capacidad a 70 kg/cm ² (69 bar)	227 litros/m ³ (8 gal/m ³)
Caudal del cilindro de inclinación lateral	91 litros/m ³ (4 gal/m ³)
RPM a la velocidad indicada del motor	2080

Ajustes de las válvulas de seguridad

Hoja topadora	158 kg/cm ² (2250 lb/pulg ²) (1155 bar)
Desgarrador	158 kg/cm ² (2250 lb/pulg ²) (1155 bar)
Cilindro de incl. lateral	172 kg/cm ² (2450 lb/pulg ²) (1269 bar)

Propulsión: Mando auxiliar, mediante engranajes

POSICIONES DE LAS VALVULAS DE CONTROL:

Hoja topadora	Ascenso, retención, descenso, libre
Desgarrador	Ascenso, retención, descenso
Cilindro de incl. lateral	incl. a la der., retención, incl. a la izq.

DEPOSITO:

Montaje	Guardalanza
Capacidad del tanque	91 litros (24 galones)

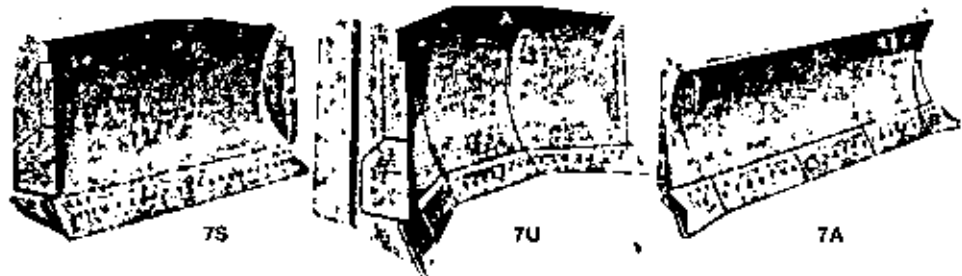
especificaciones de la hoja topadora

Hoja	Ancho Total (tractor con hoja)	Altura	Profundidad de Excavación	Espacio Libre sobre el Suelo	Inclinación Lateral Máxima	Peso (sin los controles hidráulicos)	Peso Total de Operac. (tractor con hoja)
7S	3,66 m (12' 0")	1,27 m (4' 2")	0,45 m (17,6")	1,17 m (3' 10")	0,72 (28,4")	3475 kg (7660 lb)	20 074 kg (44 300 lb)
7U	3,81 (12' 6")	1,27 (4' 2")	0,45 m (17,6")	1,17 m (3' 10")	0,75 m (29,7")	3820 kg (8420 lb)	20 457 kg (45 100 lb)
7A, Recta	4,27 m (14' 0")	0,97 m (3' 2")	0,48 m (18,9")	1,19 m (3' 11")	0,30 m (11,8")	3110 kg (6850 lb)	19 660 kg (43 300 lb)
Con giro de 25°	3,86 m (12' 8")	0,97 m (3' 2")	0,48 m (18,9")	1,45 m (4' 9")	0,30 m (11,8")	--	--

*La longitud con baridor C sólo es de 3,12 m (10' 3").

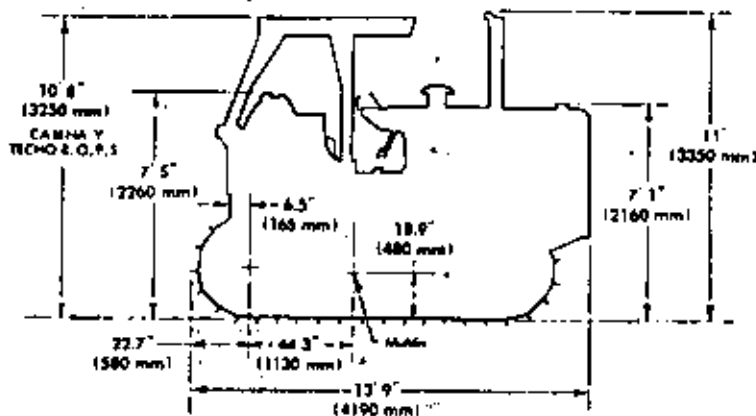
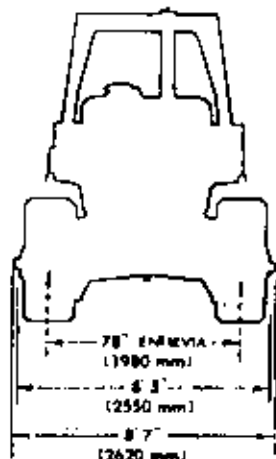
*Incluye los controles hidráulicos, cilindro de inclinación de la hoja (7S y 7U), lubricantes, refrigerante, el tanque de combustible, techo ROPS y el operador.

HOJAS TOPADORAS DE FABRICACION CA-TPELLAR. Son fuertes, con cuchillas y puntas de extremo del resistente acero DH-2. Los brazos de empuje de la hoja topadora se hallan conectados a una bomba central deslizante que absorbe los esfuerzos laterales en los brazos de empuje y en la hoja. Tija hoja 7S para distancias cortas, la 7U para distancias largas y menos deforme por los lados, y la 7A para empuje lateral.



dimensiones aproximadas

Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de los zapatas (según J894 de la S. A. E.) ... 347 mm (13,7")
 Altura de la barra de tiro desde la cara inferior ... 480 mm (18,9")



Con estos accesorios, añádese lo siguiente al largo básico del tractor de 4,19 m (13' 9"):

Desgarrador -	1,65 m (5' 5")
Hoja S-1,	0,09 m (3' 7")
Hoja U-1,	0,57 m (5' 2")
Hoja A-1,	0,30 m (4' 3")
Hoja A a 25° de giro -	2,16 m (7' 1")
Sólo el Bar. -	0,89 m (2' 11")



CATERPILLAR

75

Tractor de Cadenas D6D

Características principales

Comodidad del operador. Se dispone constante la cabina semidular optativa ROPS, insensibilizada, con tablero de instrumentos antirreflejante, asiento que se ajusta horizontal y verticalmente, una palanca ajustable de la hoja empujadora y palancas combinadas de dirección y frenado.

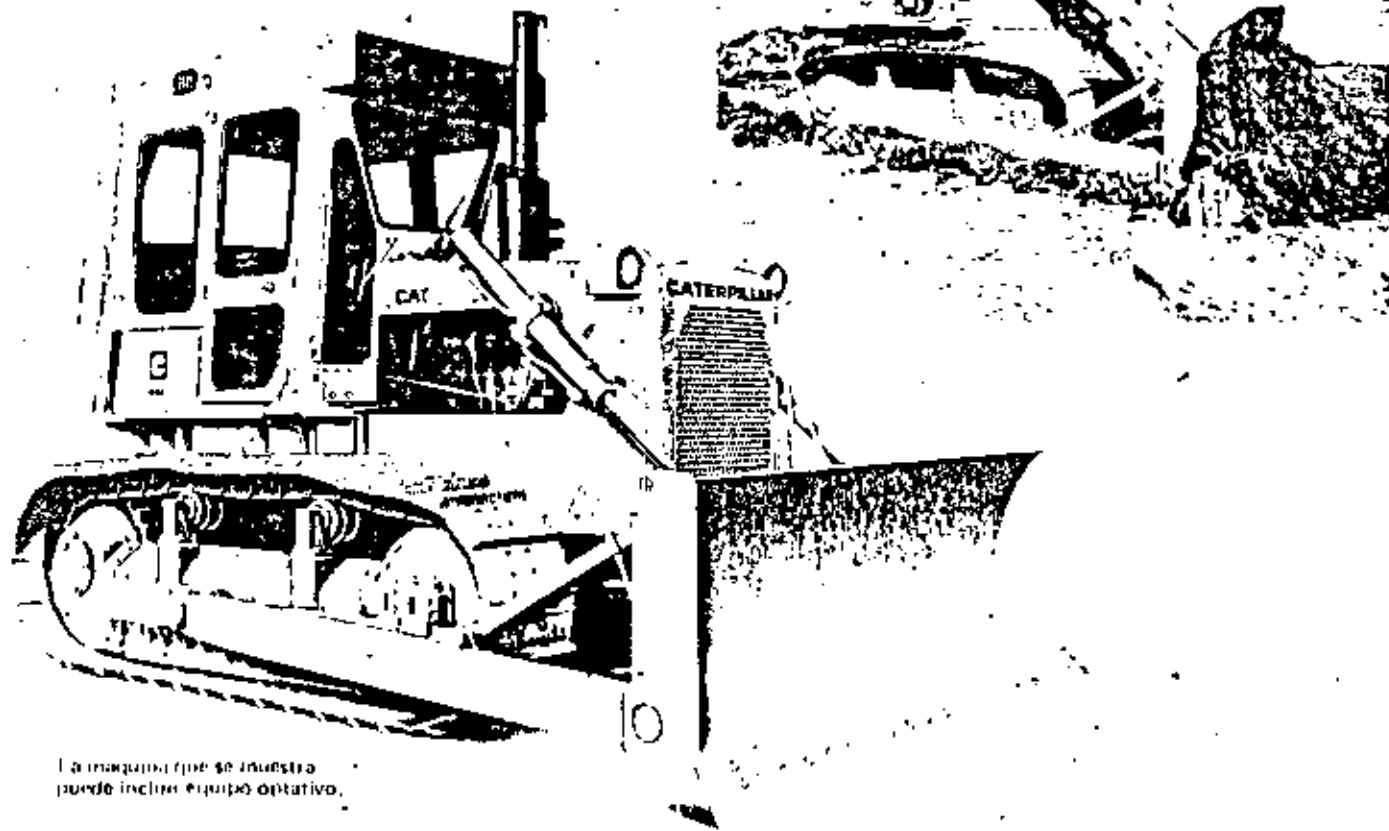
Cadenas Selladas y Lubricadas. Reducen considerablemente el desgaste entre basadores y bujes y disminuyen los costos de mantenimiento.

Motor Diesel Caterpillar 3306, turboalimentado, con cilindrada de 10,5 litros (638 pulg³) y válvulas y bombas de inyección individuales, libres de ajuste.

Opción de transmisión Power Shift o transmisión directa.

De fácil mantenimiento, con filtro de combustible enrascable, estación maestro de dos piezas, ajustadores hidráulicos de cadena y cabina inclinable optativa. Se pueden desmontar los embragues y trenes de dirección como una sola unidad.

CAT PLUS, a cargo del distribuidor Caterpillar. Es el programa de apoyo técnico al cliente más completo en la industria.



La máquina que se muestra puede incluir equipo optativo.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1500 RPM
Power Shift e impulsión directa 104 kW (140 HP)
(El kilovatio (kW) es la unidad de potencia del Sistema Internacional)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en condiciones según norma SAE, o sea a temperatura de 29°C (85°F) y presión de 995 mbar (29,38" Hg) cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a una temperatura de 15,6°C (60°F) y después de hacer las deducciones por los siguientes equipos: ventilador; latón de aire; bombas de agua, aceite lubricante, y combustible; generador y alternador. No es necesario rebajar la potencia a altitudes inferiores a 3000 m (10 000').

Motor Diesel Caterpillar 3306, de 4 tiempos y 6 cilindros, con calibre de 121 mm (4,75"), carrera de 152 mm (6") y cilindrada de 10,5 litros (638 pulg³).

Turboalimentado, Sistema de combustible de inyección directa con válvulas y bombas de inyección individuales, libres de ajuste. Los rotadores de válvula proveen una distribución uniforme del calor.

Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con tres anillos. Cojinetes de aluminio reforzados con acero por el dorso y muñones del cigueñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión, con aceite filtrado con filtros de paso total. Filtro de aire de tipo seco, con elemento primario y secundario.

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios con alternador de 35 amperios, estándar. El sistema de arranque para baja temperatura es optativo.



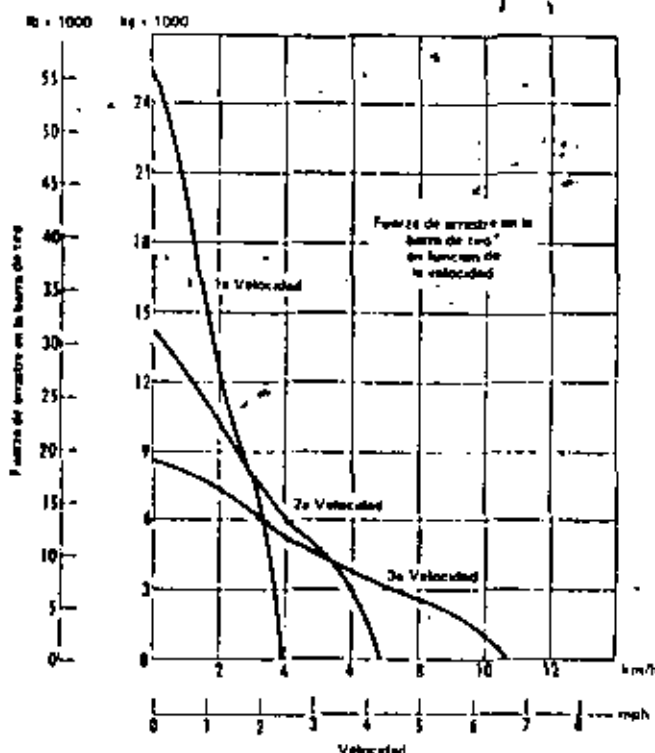
Transmisión

Power Shift:

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 380 mm (15") de diámetro de alta capacidad de torsión. Una válvula especial permite hacer cambios rápidos de velocidad y de sentido de marcha. Tres velocidades de avance, tres de marcha atrás.

Convertidor de par de una sola etapa con divisor de par de salida que combina la suavidad y la economía. Va conectado a la transmisión por doble junta universal para fácil remoción. Los intercambiadores de calor de aire a aceite y agua a aceite enfrían el aceite del convertidor de par.

Marchas	Avance		Marcha atrás	
	Km/h	MPH	Km/h	MPH
1a	4,0	2,5	4,8	3,0
2a	6,9	4,3	8,4	5,2
3a	10,8	6,7	12,9	8,0



* La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.

Transmisión directa:

De engranajes deslizantes con cambios rápidos de avance marcha atrás. Lubricación con aceite filtrado a presión total.

El embrague principal tiene dos placas con revestimiento metálico y acoplamiento de tipo leva. El embrague se lubrica y enfría con aceite circulando a presión. Va conectado a la transmisión mediante doble junta universal.

Velocidades de impulsión directa y fuerzas de arrastre en la barra de tiro:

Marchas	Avance		Marcha atrás		Fuerza de arrastre en la barra de tiro en avance*			
	Km/h	MPH	Km/h	MPH	A rpm indicadas		Máx. bajo carga	
					kg	lb	kg	lb
1a	2,7	1,7	3,4	2,1	11 600	25 360	14 640	32 280
2a	4,0	2,5	4,8	3,0	7750	17 090	9950	21 940
3a	5,6	3,5	6,9	4,3	5180	11 420	6740	14 850
4a	7,9	4,9	9,7	6,0	3350	7390	4450	9900
5a	11,1	6,9	-	-	2090	4610	2880	6340

* La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.



Sistema de dirección

Los embragues de varios discos enfriados con aceite y de acción hidráulica, no necesitan ajustes. Frenos de banda contra el eje, enfriados con aceite y reforzados hidráulicamente. Se pueden atender los conjuntos de embrague y frenos como una sola unidad.

Las palancas combinan en un solo control la desconexión de los embragues de dirección y el frenado. Se retienen los pedales de los frenos para los operadores que los prefieran. El freno de estacionamiento es mecánico.



Mandos finales

Los engranajes de los mandos finales son de doble reducción con dientes de paso grueso y perfil convexo. Sellos de anillos flotantes Duo-Cone. Ruedas motrices con aros de segmentos empennables y reemplazables.



Bastidor de rodillos inferiores

Construcción de sección en caja reforzada. Rodillos superiores de montaje exterior. Rodillos y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas guía tienen 2 posiciones ajustables.

Número de rodillos (cada lado) 6
Oscilación de las ruedas guía 361 mm (14,2")



Cadenas Selladas y Lubricadas

En las Cadenas Selladas y Lubricadas el pasador está cubierto con una película de lubricante que reduce considerablemente el desgaste interno entre pasadores y bujes. Se reduce la fuga de lubricante con una disposición de selladura que consiste en un sello de poliuretano, un anillo expansor de caucho y un anillo de tope. El eslabón maestro de dos piezas y los ajustadores hidráulicos de cadenas son estándar.

Número de zapatas (cada lado) 36
Ancho de las zapatas estándar 457 mm (18")
Longitud de guía catena sobre el suelo 2360 mm (93")
Superficie de contacto con el suelo con zapatas de 455 mm (18") 2,16 m² (3348 pulg²)
Altura de las garras (desde la cota inferior de las zapatas) 60 mm (2,38")



Controles hidráulicos

Hay cuatro sistemas optativos. Un sistema completo consta de bomba, tanque, filtro, válvulas, tuberías, varillaje y palancas de control. Se incluye una válvula de anticavitación con los controles de la hoja empujadora. Los sistemas disponibles con sus pesos de instalación, son los siguientes:

Una válvula (principal) para la hoja empujadora 227 kg (500 lb)
Posiciones: levantamiento, fija, bajada, libre.

Dos válvulas (ambas internas), para la hoja empujadora y el cilindro de inclinación horizontal 281 kg (620 lb)
Posiciones del cilindro de inclinación horizontal: inclinación a la derecha, fija, inclinación a la izquierda.

Dos válvulas (una interna, otra externa), para la hoja empujadora y el desgranador 318 kg (700 lb)
Posiciones del desgranador: levantamiento, fija, bajada.

Tres válvulas (dos internas, una externa), para la hoja empujadora, cilindro de inclinación horizontal y desgranador 372 kg (820 lb)

	Power Shift	Transm. directa
Bomba, de engranajes:		
Capacidad a 600 bar (1000 lbf/pulg ²)	167 litros/min 44 gal/min	167 litros/min 44 gal/min
RPM a la velocidad indicada del motor	1900	1900
Ajuste de la válvula de alivio	155 bar (2250 lbf/pulg ²)	
Impulsión	Conectada con engranajes desde la impulsión auxiliar	

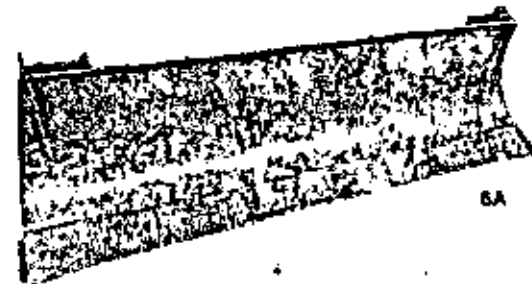
Tanque:
Montaje Detrás del motor
Capacidad del tanque 49,2 litros (13 gal.)



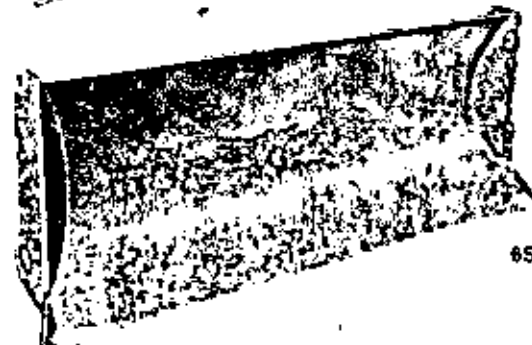
Datos para servicio

77

	Litros	[Gal. de E.U.A.]
Tanque de combustible	295	78
Sistema de enfriamiento -		
Transmisión Power Shift	38,8	10,25
Transmisión directa	36,9	9,75
Sistema de lubricación:		
Carter del motor Diesel	27,4	7,26
Compartimiento de la transmisión, corona y embragues de dirección, (incluye convertidor de par o embrague en aceite):		
Transmisión Power Shift	93	24,5
Transmisión directa	98	26
Cada mando final	18,9	5



6A



6S



Pesos (aproximados)

Peso en orden de trabajo (incluye lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, control hidráulico, hoja empujadora recta 6S, techo ROPS y el operador) 14 290 kg (31 500 lb)
 Peso de embarque (incluye lubricantes, refrigerante y 10% de combustible) 11 820 kg (26 060 lb)



Estructura ROPS

(El techo ROPS es estándar en E.U.A.)

Las estructuras de protección en caso de vuelco ROPS que ofrece Caterpillar como equipo opcional para esta máquina conforman a las normas ROPS: SAE J395, SAE J1040a e ISO 3471. También conforman a las normas FOPS (Estructura de protección en caso de caída de objetos): SAE J231 e ISO 3449.

En los tractores empujadores D6D, las funciones de levantamiento, bajada e inclinación horizontal de la hoja se efectúan con una sola palanca de control. Las hojas son de secciones en caja múltiples, con veredera de acero termotratado, cuchillas y cantoneras de acero DH2. La hoja completa consta de la veredera, bastidor "C" para la 6A, brazos de empuje para la 6S, tirantes, muñones, cilindros de levantamiento y soportes. Los controles hidráulicos se deben pedir por separado.

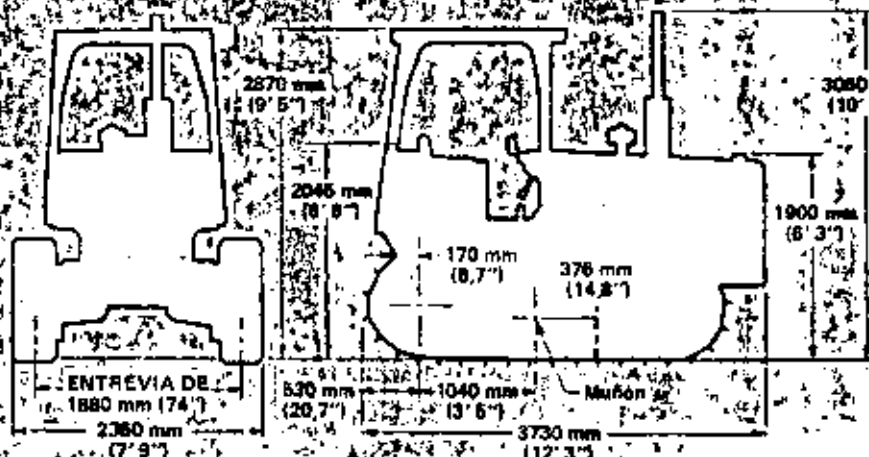
Hoja empujadora

	Ancho total del motor con la palanca de control	Ancho total del motor con la palanca de control	Ancho total del motor con la palanca de control	Ancho total del motor con la palanca de control	Longitud de la veredera	Peso de la hoja empujadora
6S (recta)	3200 mm (10' 6")	1130 mm (44,4")	472 mm (18,6")	910 mm (36")	810 mm (32")	2130 kg (4700 lbs)
6A, (orient.)	3890 mm (12' 9")	910 mm (36")	444 mm (17,5")	910 mm (36")	330 mm (13")	2270 kg (5000 lbs)
derecha						
Orientada	3510 mm (11' 6")	910 mm (36")	444 mm (17,5")	1030 mm (40,6")	330 mm (13")	-



Dimensiones (aproximadas)

Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de las zapatas (según SAE J894) 310 mm (12,2")



CON ESTOS ACCESORIOS, AÑADARE LO SIGUIENTE A LA LONGITUD BÁSICA DEL TRACTOR DE 3730 mm (12' 3")

Desgarrador	1070 mm (3' 8")
Hoja Recta 2	1878 mm (6' 2")
Hoja Orient. A	1120 mm (3' 8")
Hoja Orient. A (Orientada) 2	1880 mm (6' 2")

ALTIMA DE LA MÁQUINA DESDE LAS PUNTA DE LAS GARRAS CON LOS SIGUIENTES EQUIPOS:

Techo ROPS ¹ 2	2938 mm (9' 7,5")
Cabina ROPS	3126 mm (10' 3")
Cabina ROPS con acced. de aire	3180 mm (10' 4")

¹Añade el tubo de escape 3110 mm (10' 2,5")

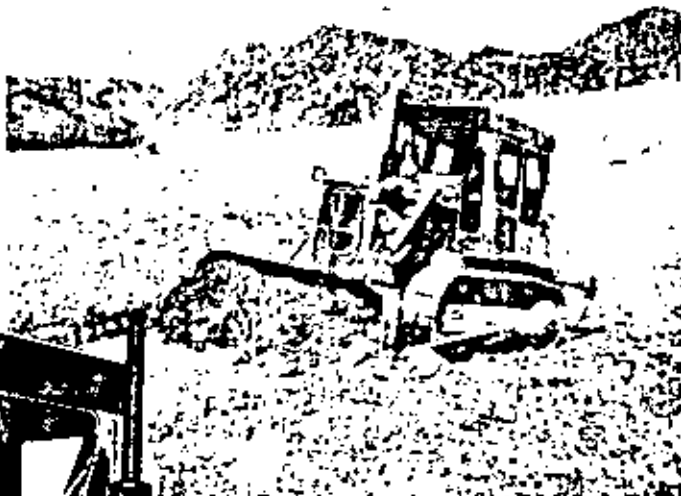
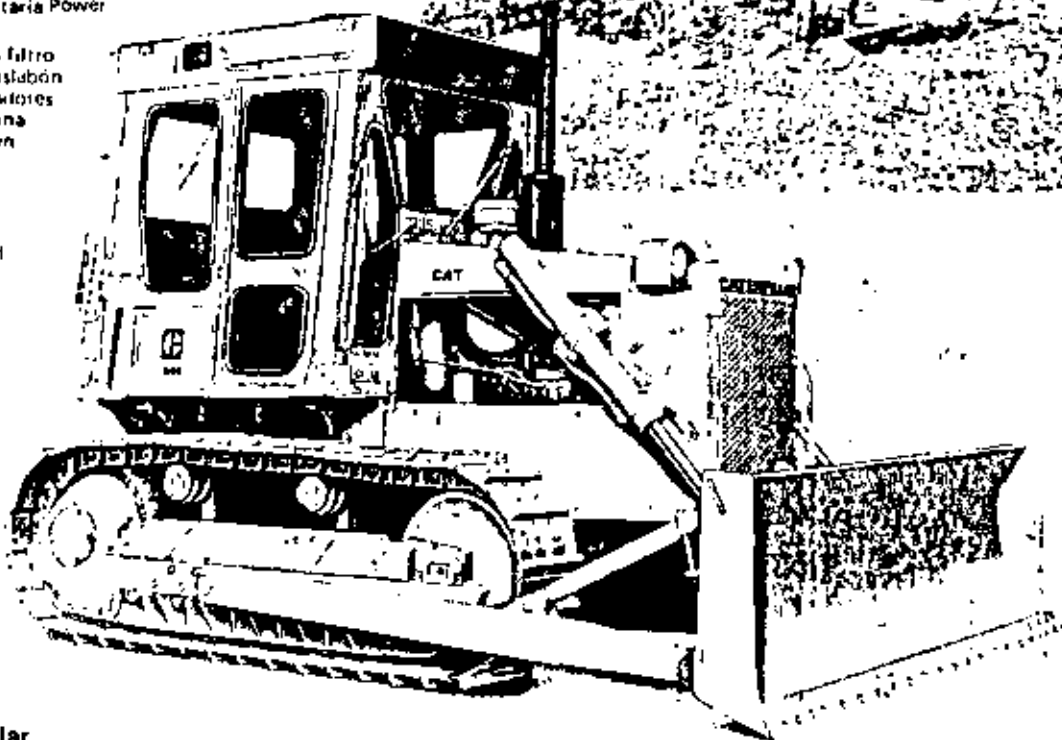


CATERPILLAR

Tractor de Cadenas D5B

Características principales

- **Comodidad del operador.** Se obtiene mediante la cabina semimodular optativa ROPS, insonorizada, con tablero de instrumentos antirreflejante, asiento que se ajusta horizontal y verticalmente, una palanca ajustable de control de la hoja empujadora y palancas combinadas de dirección y frenado.
- **Cadenas Selladas y Lubricadas.** Reducen considerablemente el desgaste entre pasadores y bujes y disminuyen los costos de mantenimiento.
- **Embragues y frenos de dirección enfriados con aceite.** Aumentan la vida útil de los componentes y elevan la confiabilidad.
- **Motor Diesel Caterpillar 3306 con cilindrada de 10,5 litros (638 pulg³) y válvulas y bombas de inyección individuales, libres de ajustes.**
- **Opción de transmisión planetaria Power Shift o transmisión directa.**
- **De fácil mantenimiento,** con filtro de combustible enroscable, estabón maestro de dos piezas, ajustadores hidráulicos de cadena, y cabina inclinable optativa. Se pueden desmontar los embragues y frenos de dirección como una sola unidad.
- **CAT PLUS,** a cargo del distribuidor Caterpillar. Es el programa de apoyo técnico al cliente más completo en la industria.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1750 RPM. 78 kW (105 hp)
(El kilovatio es la unidad de potencia del sistema internacional.)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en condiciones según norma SAE de temperatura de 29°C (85°F) y presión de 995 mbar (29,38" Hg) cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a una temperatura de 15,6°C (60°F) y después de hacer las reducciones por los siguientes equipos: ventilador; filtro de aire; bombas de agua; aceite lubricante; y combustible; alternador y silenciador. El motor mantiene su potencia indicada hasta 1500 m (5000') de altitud.

Motor Diesel Caterpillar 3306, de 4 tiempos y seis cilindros, con calibre de 121 mm (4,75"), carrera de 152 mm (6") y cilindrada de 10,5 litros (638 pulg³).

Sistema de combustible de inyección directa con bombas y válvulas de inyección individuales, libres de ajustes.

Pistones de aleación de aluminio, de forma elíptica y perfil cónico, con tres anillos. Cojinetes de aluminio reforzados con acero por el dorso y muñones del cigüeñal endurecidos por "Hi-Electro". Lubricación a presión, con aceite filtrado con filtros de paso total. Filtro de aire de tipo seco, con elemento primario y secundario.

Tiene dos sistemas de arranque eléctrico directo de 24 voltios: el estándar o el de bajas temperaturas. Ayuda optativa de éter para arranque en tiempo frío.

La máquina que se muestra puede incluir equipo optativo.



Transmisión

Power Shift:

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 311 mm (12,25") de diámetro y alta capacidad de torsión. Una válvula especial permite hacer cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga. Tres velocidades de avance, tres de marcha atrás.

Convertidor de par de una etapa, conectado directamente a la transmisión. Los intercambiadores de calor de aire a aceite enfrían el aceite del convertidor de par.

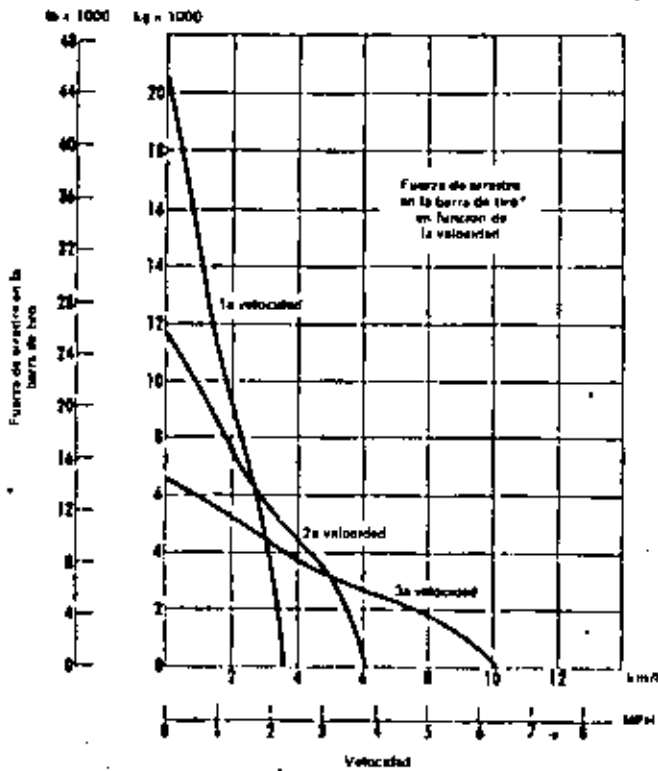
Marchas	Avance		Retrosceso	
	Km/h	MPH	Km/h	MPH
1a	3,5	2,2	4,2	2,6
2a	6,1	3,8	7,4	4,6
3a	10,1	6,3	12,2	7,6



Mandos finales

Los engranajes de los mandos finales son de reducción sencilla con dientes de paso grueso y perfil convexo. Sellos de anillos flotantes Duo-Cone. Ruedas motrices con arcos divididos en segmentos empernables y reemplazables.

Transmisión (continuación)



* La tracción útil depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.

Transmisión directa:

De engranajes deslizantes y cambios rápidos de avance-marcha atrás. Lubricación con aceite filtrado a presión total. La característica de arranque en punto muerto evita arrancar la máquina en cambio.

El embrague principal tiene dos placas de revestimiento metálico y acoplamiento de tipo de leva. El embrague se lubrica y enfría con aceite circulado a presión. Va conectado a la transmisión mediante doble junta universal.

Velocidades de la transmisión directa y fuerzas de arrastre en la barra de tiro:

Marchas	Avance		Marcha atrás		Fuerza de arrastre en la barra de tiro en avance*			
	Km/h	MPH	Km/h	MPH	A rpm	Indic.	Máx. bajo carga	
					kg	lb	kg	lb
1a	2,7	1,7	3,4	2,1	8770	19 340	11 130	24 540
2a	4,2	2,6	5,3	3,3	5600	12 130	7040	15 530
3a	5,8	3,6	7,4	4,6	3750	8270	4850	10 700
4a	8,0	5,0	10,1	6,3	2640	5810	3350	7380
5a	11,1	6,9	—	—	1660	3660	2250	4950



Sistema de dirección

Los embragues de acción hidráulica de varios discos enfriados con aceite se acoplan mediante resortes y se desconectan hidráulicamente. Los conjuntos de discos de bronce proporcionan gran capacidad de soporte de carga, larga vida útil y no requieren ajustes. Frenos de banda tensora, enfriados con aceite y reforzados hidráulicamente. Conjuntos de embrague y frenos que pueden atenderse como una sola unidad. Las palancas combinan en un solo control la desconexión de los embragues de dirección y el frenado. Se retienen los pedales de los frenos para los operadores que los prefieran. El freno de estacionamiento es mecánico.



Bastidor de rodillos inferiores

De sección en caja reforzada. Rodillos superiores de montaje interno. Rodillos y ruedas guía de lubricación permanente. Número de rodillos (a cada lado) 6
Oscilación en la rueda guía 279 mm (11,0")



Cadenas Selladas y Lubricadas

En las Cadenas Selladas y Lubricadas el pasador está cubierto con una película de lubricante que reduce considerablemente el desgaste interno entre pasadores y bujes. Se evita la fuga del lubricante con una disposición de selladura que consiste en un sello de poliuretano, un anillo expansor de caucho y un anillo de tope. El eslabón maestro de dos piezas y los ajustadores hidráulicos de cadenas son estándar.

- Número de zapatas (cada lado) 39
- Ancho de las zapatas estándar 406 mm (16")
- Longitud de cada cadena sobre el suelo 2210 mm (87")
- Superficie de contacto con el suelo con zapatas de 406 mm (16") 1,81 m² (2800 pulg²)
- Altura de las garras desde la cara inferior de las zapatas 57 mm (2,25")



Controles hidráulicos

Hay disponibles cuatro sistemas optativos. Un sistema completo consta de bomba, tanque, filtro, válvulas, tuberías, varillaje y palancas de control. Los sistemas disponibles con los pesos que tienen al instalarse, son los siguientes:

- Una válvula (interna) para hoja empujadora 236 kg (520 lb)
Posiciones: levantamiento, fija, bajada, libre.
- Dos válvulas (ambas internas) para la hoja empujadora y el cilindro de inclinación 299 kg (660 lb)
Posiciones del cilindro de inclinación horizontal: inclinación a la derecha, fija, inclinación a la izquierda.
- Dos válvulas (una interna, una externa), para hoja empujadora y desgrador 313 kg (690 lb)
Posiciones del desgrador: levantamiento, fija, bajada.
- Tres válvulas (dos internas, una externa) para hoja empujadora, cilindro de inclinación horizontal y desgrador 381 kg (840 lb)

Bomba, de engranajes	Power Shift	Transmisión directa
Capacidad a 69 bar (1000 lb/pulg ²)	163 litros/min 43 gal/min	163 litros/min 43 gal/min
RPM a la velocidad indicada del motor	1750	1750
Ajuste de la válvula de alivio	156 bar (2250 lb/pulg ²)	
Impulsión	Conectada con engranajes desde la impulsión auxiliar	

- Tanque:
- Montaje Parte trasera del motor
- Capacidad del tanque 49,2 litros (13 gal.)



Estructura ROPS

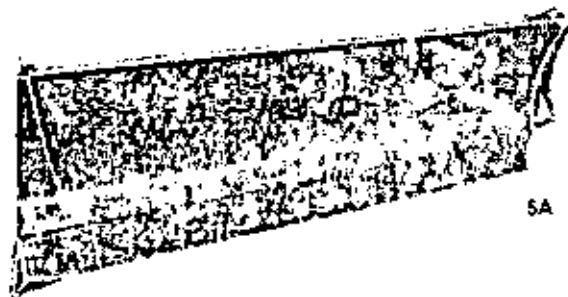
(El techo ROPS es estándar en E.U.A., solamente)
Las estructuras de protección en caso de vuelco ROPS que ofrece Caterpillar para esta máquina conforman a los conceptos ROPS, según las normas SAE J395, SAE J1040a e ISO 3471. También conforman a los conceptos FOPS (Estructura de protección contra la caída de objetos), según las normas SAE J231 e ISO 3449.



Datos para servicio

	Litros	Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	246	65
Sistema de enfriamiento	34,1	9
Sistemas de lubricación:		
Cáster del motor Diesel	27,4	7,25
Sistema hidráulico del tractor	76	20,5
Mandos finales (cada uno):		
Entrevía de 1520 mm (60")	9,0	2,38
Entrevía de 1880 mm (74")	11,4	3

80



5A



Pesos (aproximados)

Peso de embarque (incluye lubricantes, refrigerante, tocho ROPS y 5% de combustible):

Power Shift:

Entrevía de 1520 mm (60")	9480 kg (20 900 lb)
Entrevía de 1880 mm (74")	9620 kg (21 200 lb)

Transmisión directa:

Entrevía de 1520 mm (60")	9250 kg (20 400 lb)
Entrevía de 1880 mm (74")	9480 kg (20 900 lb)

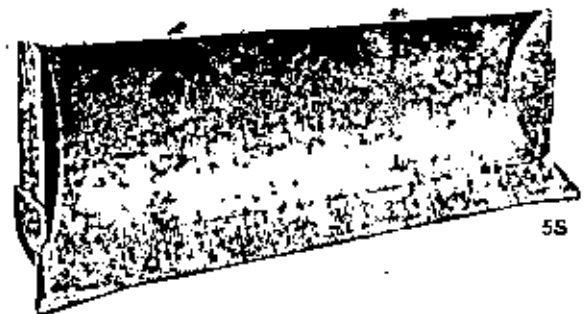
Peso en orden de trabajo (incluye lubricantes, refrigerante, tanque de combustible lleno, controles hidráulicos, hoja empujadora 5S, tocho ROPS y el operador):

Power Shift:

Entrevía de 1520 mm (60")	11 430 kg (25 200 lb)
Entrevía de 1880 mm (74")	11 700 kg (25 800 lb)

Transmisión directa:

Entrevía de 1520 mm (60")	11 203 kg (24 700 lb)
Entrevía de 1880 mm (74")	11 521 kg (25 400 lb)



5S

En los tractores empujadores 80, las funciones de levantamiento, bajada e inclinación horizontal de la hoja se efectúan con una sola palanca de control. Las hojas son de secciones en caja múltiples, con vertedera de acero termotratado, cuchillas y cantoneros de acero DH2. La hoja completa consta de la vertedera, bastidor "C" para la 5A, brazos de empuje para la 5S, tirantes, muñones, cilindros de levantamiento y soportes. Los controles hidráulicos se deben pedir por separado.

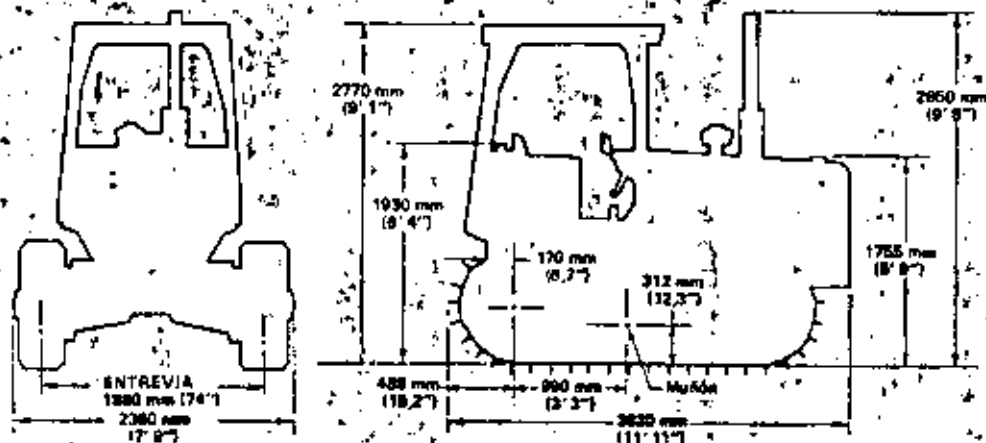
Características de la hoja empujadora

Hoja	Ancho total (tranchado) de la hoja empujadora	Altura	Profundidad de excavación	Espacio libre sobre el suelo	Inclinación horizontal máxima	Peso (con tocho hidrául.)
5S - entrevía de 1520 mm (60")	2640 mm (8'8")	965 mm (39")	505 mm (19,9")	670 mm (34,2")	1015 mm (40")	1360 kg (3000 lb)
Entrevía de 1880 mm (74")	3150 mm (10'4")	965 mm (38")	505 mm (19,9")	670 mm (34,2")	1005 mm (39,5")	1450 kg (3200 lb)
5A - entrevía de 1880 mm (74")						
Derecha	3630 mm (11'11")	855 mm (33,7")	550 mm (21,7")	620 mm (32,2")	280 mm (11,0")	1910 kg (4200 lb)
Orientada	3300 mm (10'10")	855 mm (33,7")	550 mm (21,7")	670 mm (38,2")	280 mm (11,0")	-



Dimensiones (aproximadas)

Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de las zapatas (SAE J894): 277 mm (10,9")



CON ESTOS ACCESORIOS AÑADASE LO SIGUIENTE A LA LONGITUD BANDA DEL TRACTOR DE 3630 mm (11'11")

DESGARRADOR	1022 mm (37")
HOJA RECTA 'A'	986 mm (37")
HOJA ORIENT. 'A'	940 mm (37")
HOJA ORIENT. 'A' ORIENTADA	975 mm (38")

ALTA A DE LA MAQUINA DESDE LAS PUERTAS DE LAS GARRAS CON LOS SIGUIENTES ACCESORIOS:

TECHO ROPS	2818 mm (9'3")
CABINA ROPS	2987 mm (9'9")
CABINA ROPS CON ACCONO. DE AIRE	3023 mm (9'11")



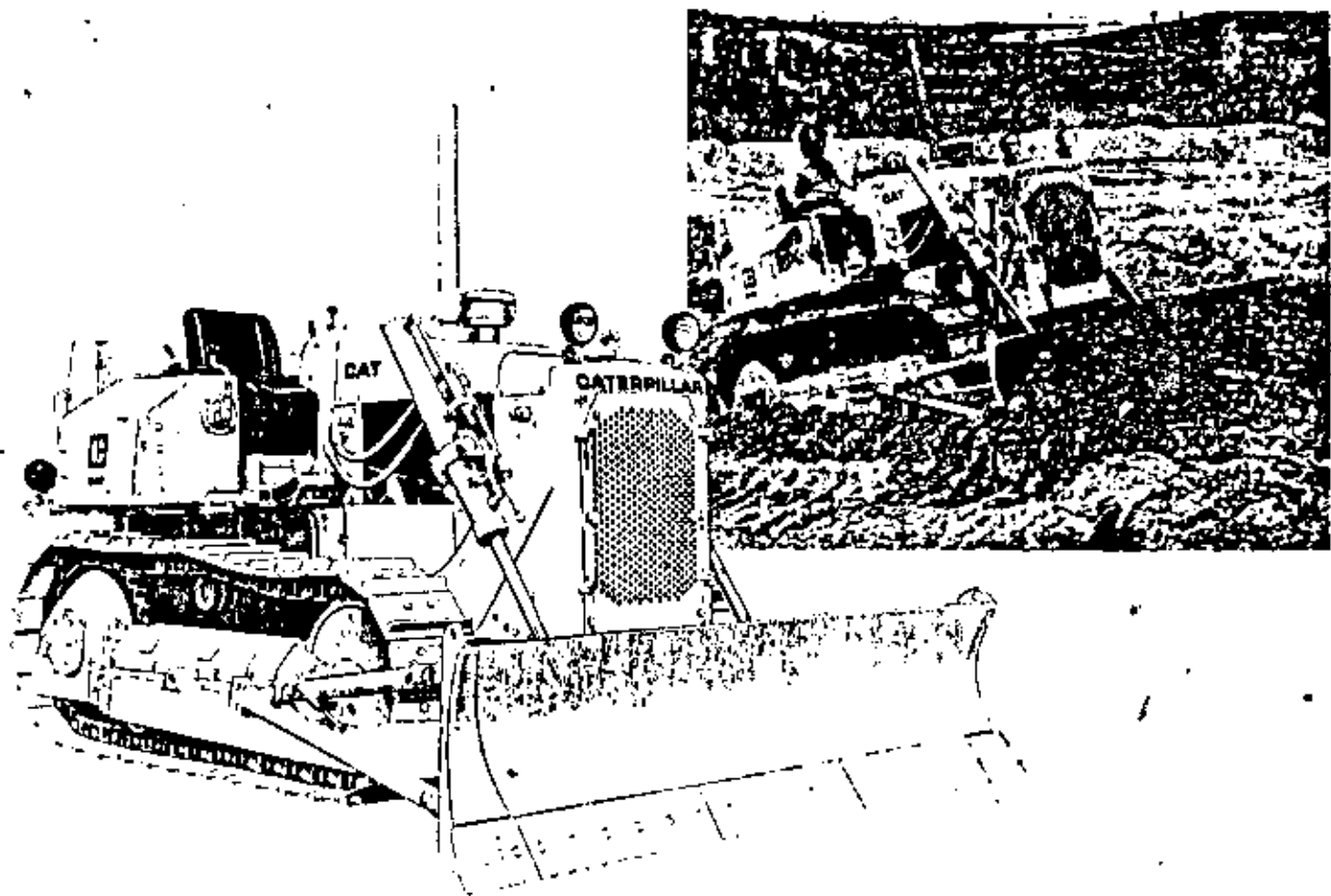
CATERPILLAR

D4E

Tractor de Cadenas

81

Fabricado en Brasil



Características principales

- **Comodidad del operador.** Se logra mediante la plataforma del operador entera, el tablero de instrumentos sin reflejos, el asiento ajustable y el montaje de las palancas de dirección en la consola.
- **Cadenas Selladas.** Reducen los costos de conservación.
- **Embragues y frenos de dirección enfríos con aceite.** Aumentan la vida útil de los componentes y mejoran la confiabilidad.
- **Motor Diesel Caterpillar, modelo 3304,** con bombas e inyectores individuales, libras de ajuste, y cilindrada de 7 litros.
- **Servotransmisión planetaria o transmisión directa.**
- **De fácil mantenimiento.** Con filtros enroscables de combustible y de aceite, y ajustadores hidráulicos de cadenas. La bayoneta y el tubo de llenado son de fácil acceso. Los embragues y frenos de dirección se desmontan como una sola unidad.
- **CAT PLUS,** a cargo del distribuidor Caterpillar. Es el programa de servicio más completo, antes y después de la venta.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante:

Con servotransmisión	56 kW/75 hp/a 2000 rpm
Con transmisión directa	56 kW/75 hp/a 1900 rpm

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en condiciones de temperatura y presión atmosférica indicadas en las normas SAE a sea a 29°C y 746 mm Hg. 0,995 bar, con "fuel oil" de 35 unidades A.P.I. a 15,6°C. Los accesorios estándar del motor son: silenciador, ventilador soplador, filtro de aire, bomba de agua, de lubricante y de combustible, y alternador. El motor mantiene su potencia indicada hasta 1500 m de altitud en los modelos con transmisión directa y hasta 2300 m de altitud en los modelos con servotransmisión.

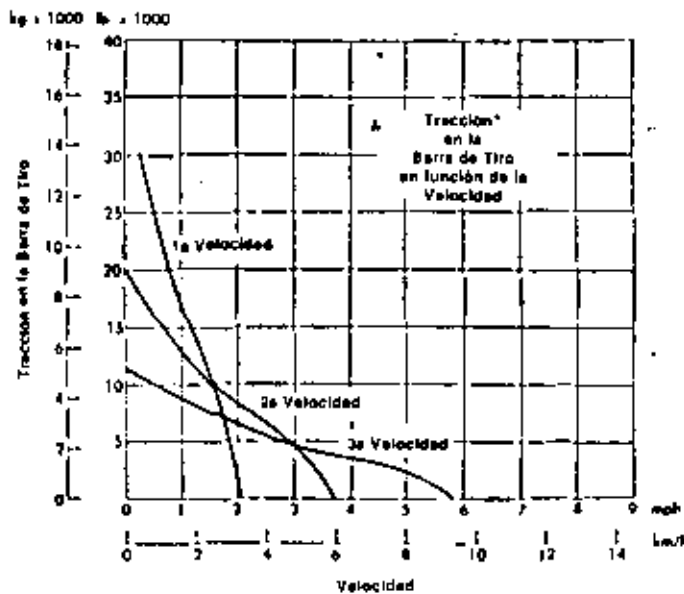
Motor Diesel Caterpillar, modelo 3304, de cuatro tiempos y cuatro cilindros, diámetro de 121 mm, carrera de 152 mm y cilindrada de 7 litros.

Sistema de inyección con cámaras de precombustión, con bombas e inyectores individuales, libras de ajuste. Pistones de aleación de aluminio de forma elíptica y perfil cónico, con 3 anillos. Cojinetes reforzados con acero por el dorso. Muñones del cigüeñal endurecidos por "Hi-Electro". Lubricación a presión, con aceite enfriado y filtrado en flujo total. Filtro de aire seco, con elemento primario y secundario. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios, con bujías incandescentes para precalentar las cámaras de precombustión.

transmisión

Servotransmisión:
Servotransmisión planetaria con embragues en aceite de 264 mm de diámetro, y alta capacidad de par. Una válvula especial modula el enganche del embrague para cambios de velocidad y sentido de marcha a plena carga. Convertidor de par de una sola etapa, integrado con la servotransmisión. El convertidor se conecta al volante con un acoplamiento flexible. Servotransmisión con toma de fuerza directa disponible para usar con el Malacate 64.

Velocidades *	Avance km/h	Retroceso km/h
1a	3,4	4,0
2a	6,0	7,1
3a	9,5	11,4



Transmisión Directa:

Transmisión de engranajes deslizantes con cambios rápidos de sentido de marcha. Filtro imantado, lubricación por salpicadura y toma de fuerza directa disponible. El embrague del volante tiene dos placas revestidas de metal con enganche mecánico de sobrecentro. El embrague tiene lubricación continua y se enfría mediante aceite circulado a presión. Va conectado a la transmisión por dos juntas universales.

Velocidades y tracción en la barra de tiro:

Velocidades	Avance km/h	Retroceso km/h	Tracción en Avance*	
			Indicadas kg	Maxima en Sobrecarga kg
1a	2,7	3,4	6150	7480
2a	4,0	4,7	4150	5090
3a	5,5	6,6	2820	3490
4a	7,2	8,5	2030	2550
5a	9,5	11,1	1420	1810

*La tracción utilizable depende del peso del tractor equipado y de las condiciones del suelo.

sistema de dirección

Embragues de discos múltiples engruados con aceite, accionados hidráulicamente. Se acoplan mediante resortes y se desacoplan hidráulicamente. Los conjuntos de discos estriados tienen alta capacidad de transferencia de carga, larga duración y no requieren ajustes. Los frenos son de banda, enfriados con aceite y activados mecánicamente. Los embragues y frenos forman un conjunto unitario y se pueden sacar o instalar independientemente.

mandos finales

Con engranajes de dientes de paso grueso y perfil convexo, y sellos flotantes Duo-Cone.

bastidor de rodillos inferiores

Construcción en caja, con cinco rodillos a cada lado. Los rodillos inferiores, los superiores y las ruedas guía son de lubricación permanente. Las ruedas guía son de tipo de disco de gran diámetro. La oscilación en la rueda guía es de 277 mm.

Cadenas Selladas

Las cadenas selladas y los ajustadores hidráulicos de cadenas son estándar.

Número de zapatas (a cada lado)	36
Ancho de cada zapata estándar	406 mm
Longitud de las cadenas sobre el suelo	1830 mm
Superficie de contacto con el suelo (con zapatas estándar)	1,48 m ²
Altura de la garrá de la zapata	48 mm

sistemas hidráulicos

El sistema de base consiste en la bomba, tanque, filtro, válvulas, varillaje, tuberías y palancas de control.

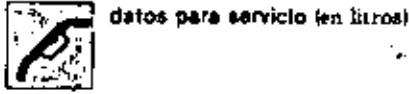
Sistema disponible, con peso aproximado instalado:

Dos válvulas para la hoja empujadora, el desgarrador o un implemento trasero 191 kg

Posiciones (válvula No. 1: Levantamiento, fija, descenso; válvula No. 2: Levantamiento, fija, descenso, libre)

Bomba: capacidad a 70 kg/cm²: 69 bar 6900 kPa

	Servotransmisión	Transmisión Directa
Control hidráulico	143	136
RPM a la velocidad indicada del motor	2000	1900
Ajuste de la válvula de presión máxima	121 kg/cm ² /119 bar/11.900 kPa	
Mando	A través de engranajes directamente desde el motor	
Montaje del depósito	en el tablero	
Capacidad del tanque	22,7 litros	



datos para servicio (en litros)

Tanque de combustible	238
Sistema de enfriamiento	30
Cárter del motor	19
Tranmisión (servotransmisión)	40
(transmisión directa)	8.5
Embrague del volante (sólo transm. directa)	8.5
Caja del embrague de dirección y reforzador: (servotransmisión)	62.5
(transmisión directa)	68
Mandos finales (cada uno)	9.5
Tanque hidráulico	22.7



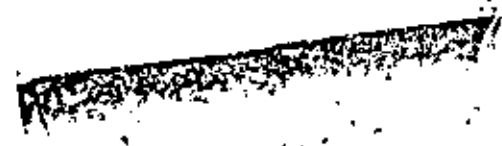
peso (aproximado)

Peso de embarque, con lubricantes, refrigerante, el 10% del combustible y hoja empujadora 4A.

Servotransmisión	9005 kg
Transmisión directa	8710 kg

Peso de operación, con lubricantes, refrigerante, 100% del combustible, hoja empujadora 4A y el operador.

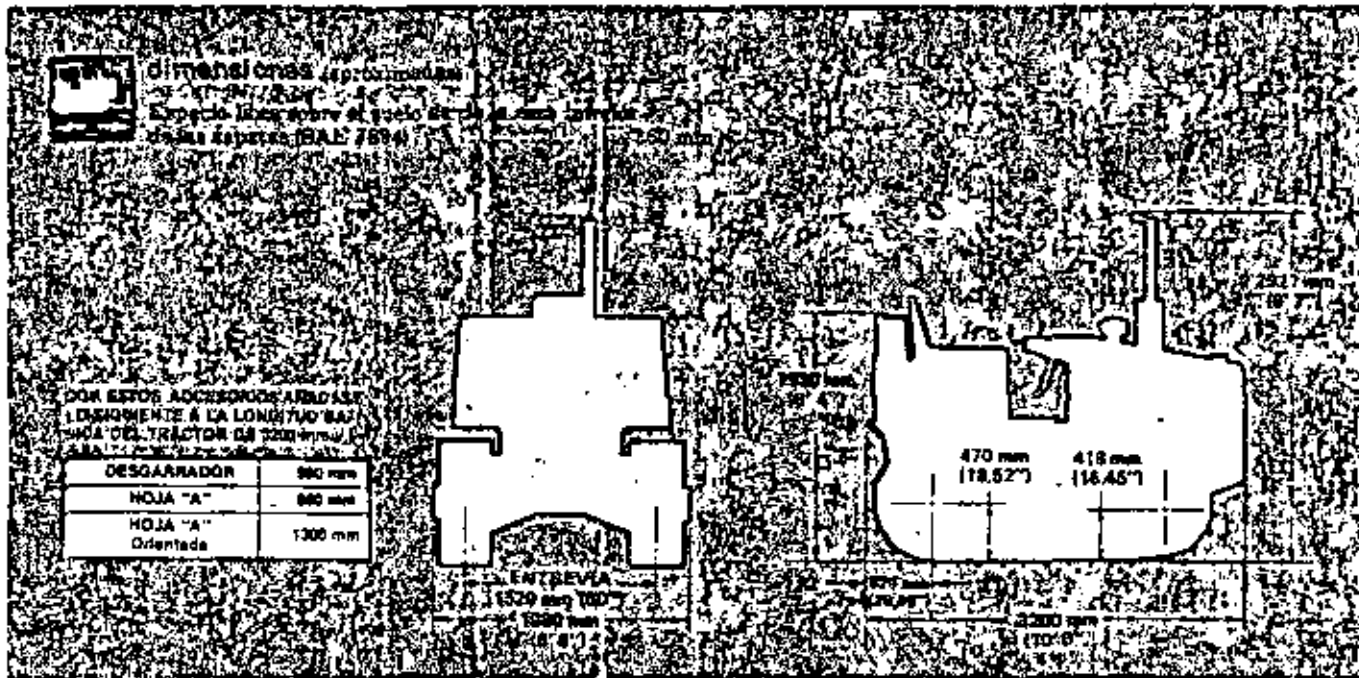
Servotransmisión	9258 kg
Transmisión directa	8960 kg



En la hoja empujadora del D4E se controlan las funciones de levantamiento y descenso con una sola palanca. La hoja es de sección en caja múltiple con vertederas termotratadas, cuchillas y cantoneras de acero DH-2. La hoja completa consta de una vertedera, un husidor "C" para la hoja 4A, muñones, tuberías, soportes y cilindros de levantamiento. Se requiere control hidráulico, que es estándar en el D4E.

Especificaciones de la Hoja Empujadora

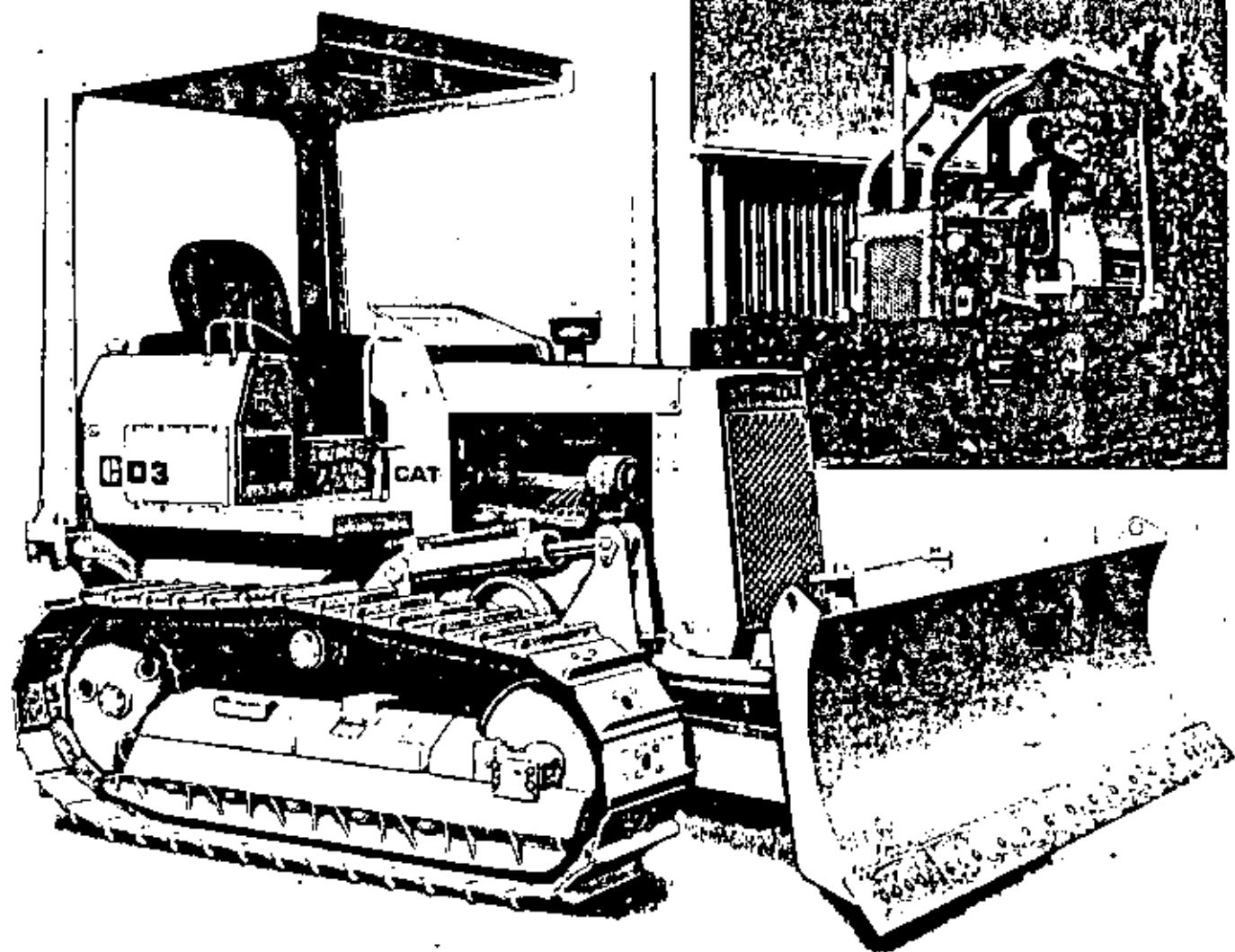
Hoja	Ancho Total (Tractor con Hoja Empujadora)	Altura	Profundidad de Excavación	Espacio Libre Sobre el Suelo	Peso
4A	1120 mm (3'7 1/2")	710 mm (2'3 7/8")	370 mm (1'2 3/4")	810 mm (2'6 1/2")	1200 kg





CATERPILLAR

Tractor de Cadenas D3



Se muestra el D3 con techo R.O.P.S., protección de rodillos inferiores y hoja empujadora, los cuales son opcionales.

características principales

- MOTOR DIESEL CAT de 62 hp (46 kW) en el volante.
- SERVOTRANSMISION DE DISEÑO PLANETARIO. Suministra cambios sobre la marcha, con 3 velocidades de avance y 1 de retroceso.
- DIRECCION A PEDAL. Deja las manos libres para fácil operación de los controles de la servotransmisión y de la hoja empujadora.
- CADENA SELLADA Y LUBRICADA ... reduce el desgaste interno de pasadores y bujes, para costos más bajos de conservación del tren de rodaje.
- LA ORIENTACION E INCLINACION A POTENCIA de la hoja empujadora suministran la versatilidad requerida en trabajos auxiliares.
- CAT PLUS ... a cargo del distribuidor Caterpillar. Constituye el sistema de respaldo al producto más extenso y completo en la industria.



motor Caterpillar

Potencia en el volante a 2400 RPM 62 hp
Kilovatios 46 kW

(En el Sistema Internacional de Unidades, la potencia se mide en kilovatios.)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina, cuando funciona en las condiciones de temperatura y presión atmosféricas correspondientes a las normas de la S.A.E., a sea a 29° C (85° F), y 746 mm (29,38") Hg (0,995 bar), utilizando "fuel oil" de 35 unidades A.P.I. a

15,6° C (60° F). El equipo del motor del vehículo incluye ventilador, filtro de aire, bombas de agua, de lubricante y de combustible, silenciador y alternador. El motor mantiene su potencia indicada en el volante hasta 2300 m (7500') de altitud.

Motor diesel Caterpillar, Modelo 3204, de cuatro tiempos y cuatro cilindros, con diámetro de 114 mm (4,5") y carrera de 127 mm (5"). Su cilindrada es de 5,2 litros (318 pulg³).

Sistema de combustible de inyección directa con bomba de inyección y válvulas individuales, libras de ajustes.

Pistones de forma elíptica y cónica, de aluminio de aleación y diseño de dos anillos. Cojinetes reforzados con acero por el dorso. Muñones del cigüeñal tratados térmicamente. Lubricación a presión, con aceite filtrado y enfriado en flujo total. Filtro de aire seco, con elemento primario y de seguridad.

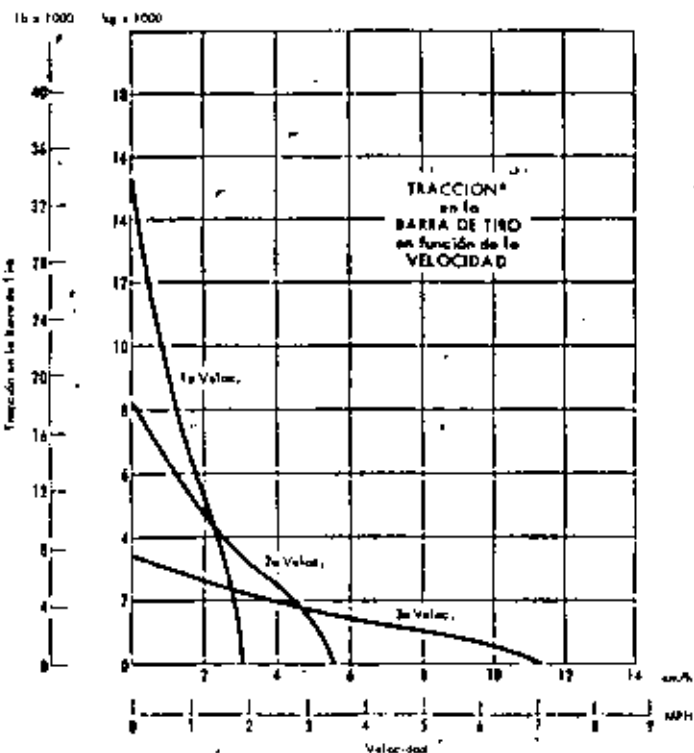
Consumo el económico "fuel oil" No. 2 (Especificación ASTM D396), con un mínimo de 35 centenas. Pueden usarse, también, combustibles de calidad superior, pero no es necesario.

Sistema de arranque eléctrico directo de 12 voltios, con alternador de 40 A y grupo estándar de ayuda de 6ter para el arranque. (No se incluye el recipiente).

transmisión

Servotransmisión planetaria con tres velocidades de avance y una de retraceso. Tiene embragues en aceite de alta capacidad de par motor. Se pueden hacer cambios con carga plena, tanto de velocidad como de sentido de marcha. Convertidor de par de una etapa, integrada con la servotransmisión.

VELOCIDADES:	1a	2a	3a
Avance, km/h	3,1	5,6	11,3
(MPH)	1,9	3,5	7,0
Retraceso, km/h		5,1	
(MPH)		3,2	



*La fuerza de tracción depende del tractor equipada y del tipo de suelo.

sistema de dirección y frenos

La dirección y frenos se gobiernan con un pedal para cada cadena. El tercer pedal frena ambas cadenas, y se usa como freno de estacionamiento. Los embragues son de varios discos; se aplican con resorte y se sueltan hidráulicamente.

mandos finales

Los mandos finales son de reducción simple.

bastidor de rodillos inferiores

Construcción de sección en caja. Los rodillos y ruedas guía son de Lubricación Permanente.

Número de rodillos (cada lado) 5

Cadena Sellada y Lubricada

En la Cadena Sellada y Lubricada se suministra lubricante a los pasadores, lo cual reduce enormemente el desgaste motivado por la fricción con los bujes. Se retiene el lubricante mediante un sistema sellador que consta de un sello de poliuretano, un anillo expansor de caucho y un anillo de tope. Son estándar el eslabón maestro de tipo dividido y los ajustadores hidráulicos de las cadenas.

Número de zapatas a cada lado	36
Longitud de las zapatas estándar	305 mm (12")
Longitud de cada cadena sobre el suelo	1824 mm (71,8")
Área de contacto con el suelo con zapatas de 305 mm (12")	1,11 m ² (1723 pulg ²)
Entrejeo	1420 mm (56")

sistemas hidráulicos

El sistema hidráulico completo consta de la bomba, tanque, filtro, válvulas, tuberías y varillaje. Los cuatro sistemas hidráulicos optativos incluyen:

- TRES VALVULAS Hoja de orientación e inclinación a potencia
- CUATRO VALVULAS Hoja y desgarrador de orientación e inclinación a potencia

BOMBA:

Caudal a 69 bar (1000 lb/pulg ²)	55 lit/min (14,5 gal/min)
RPM a la velocidad indicada del motor	2540
Ajuste a la válvula de seguridad	172 bar (2500 lb/pulg ²)
Propulsión (fuerza constante)	Desde el tren de engranajes de sincronización auxiliar

POSICIONES DE LA VALVULA DE CONTROL (de tipo de cometa):

Cilindros de levantamiento	Subir, bajar, fija, libre
Cilindro de inclinación	Izquierda, derecha, fija
Cilindros de orientación	Izquierda, derecha, fija
Cilindro del desgarrador	Subir, fija, bajar

FILTRO De flujo total

datos para servicio

	litros	(Gal de E.U.A.)
Tanque de combustible	114	30
Sistema de enfriamiento	24,6	6,5
Cárter	11,4	3
Transmisión	17	4,5
Mandos finales, cada uno	9,5	2,5
Sistema hidráulico (inclusive el tanque)	57	15
Tanque hidráulico	30,3	8

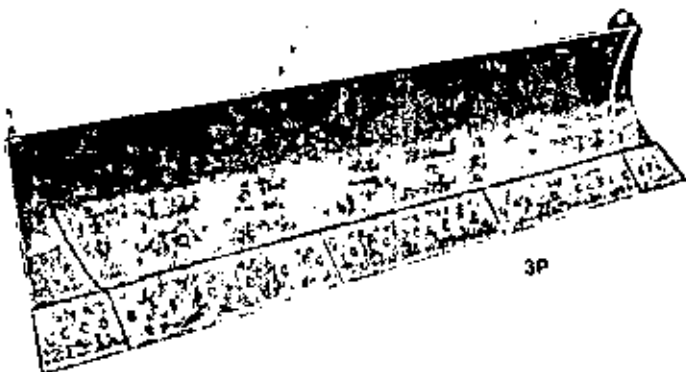
peso (aproximado)

Peso de embarque con 10% de combustible en el tanque, hoja y sistema hidráulico	5830 kg (12 860 lb)
De operación (incluye refrigerante, lubricantes, tanque lleno de combustible, operador, techo ROPS, hoja y sistema hidráulico)	6340 kg (13 980 lb)

estructura R.O.P.S.

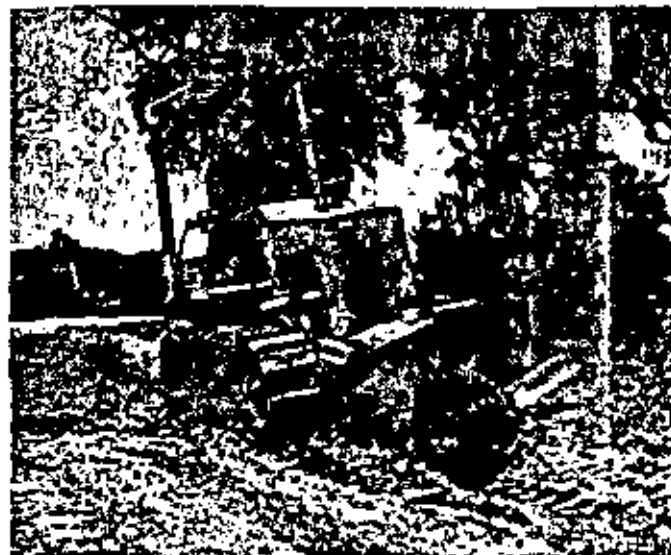
(El techo R.O.P.S. es optativo.)

La estructura para protección en caso de vuelco (R.O.P.S.) que ofrece Caterpillar para esta máquina se cinea al criterio R.O.P.S.: SAE J339, SAE J1040 e ISO 3471. También se cinea al criterio F.O.P.S. (Estructura para Protección contra la Caída de Objetos) SAE J231 e ISO 3449.



LA HOJA EMPUJADORA 03 es de diseño de construcción en caja múltiple, con vertedera de acero tratado térmicamente, y cuchillas y contenera de acero DH2.

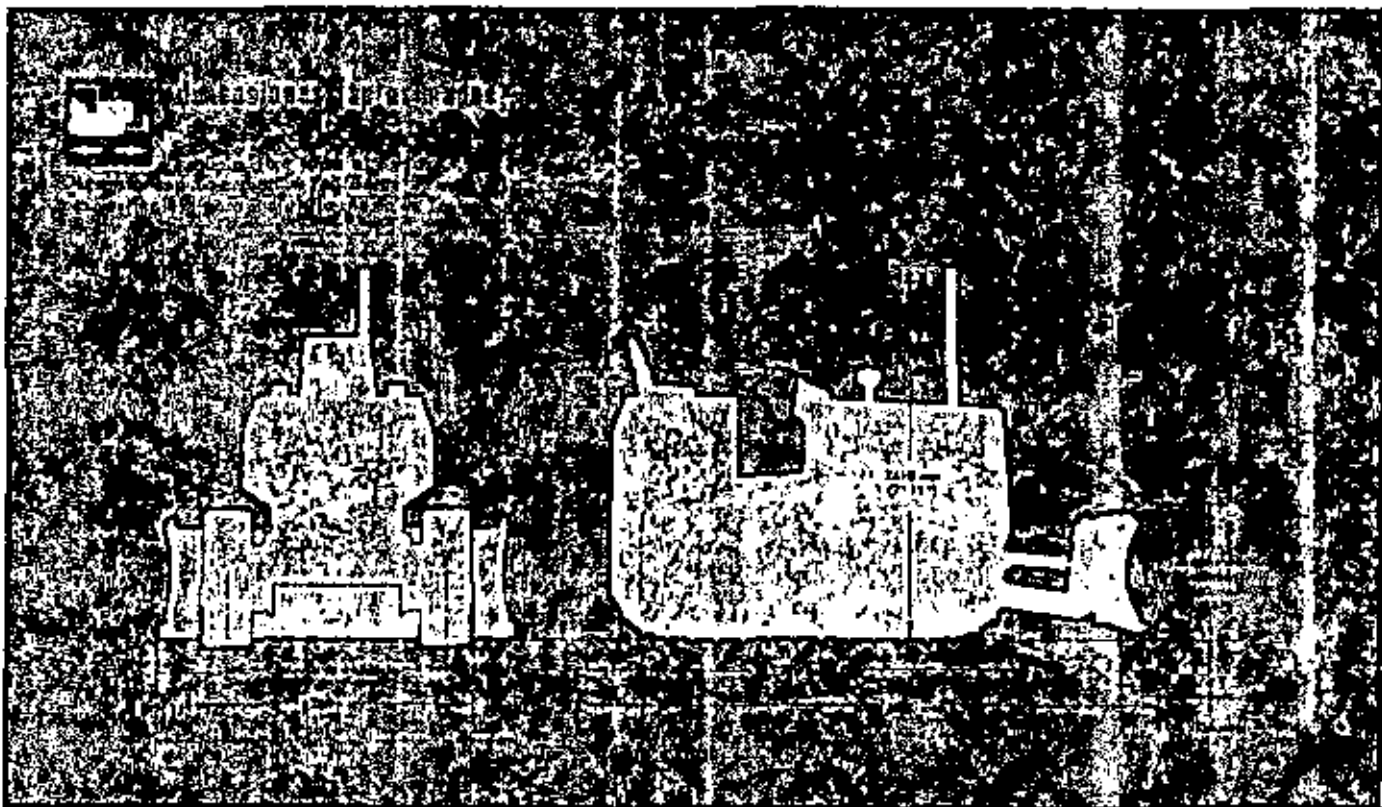
Una sola palanca controla los movimientos de ascenso, descenso e inclinación, con la orientación ajustada mecánicamente. La hoja completa consiste de vertedera, bastidor en "C", muñones, cilindros de levantamiento y soportes. Se requieren controles hidráulicos, pero no se incluyen con las hojas topadoras.

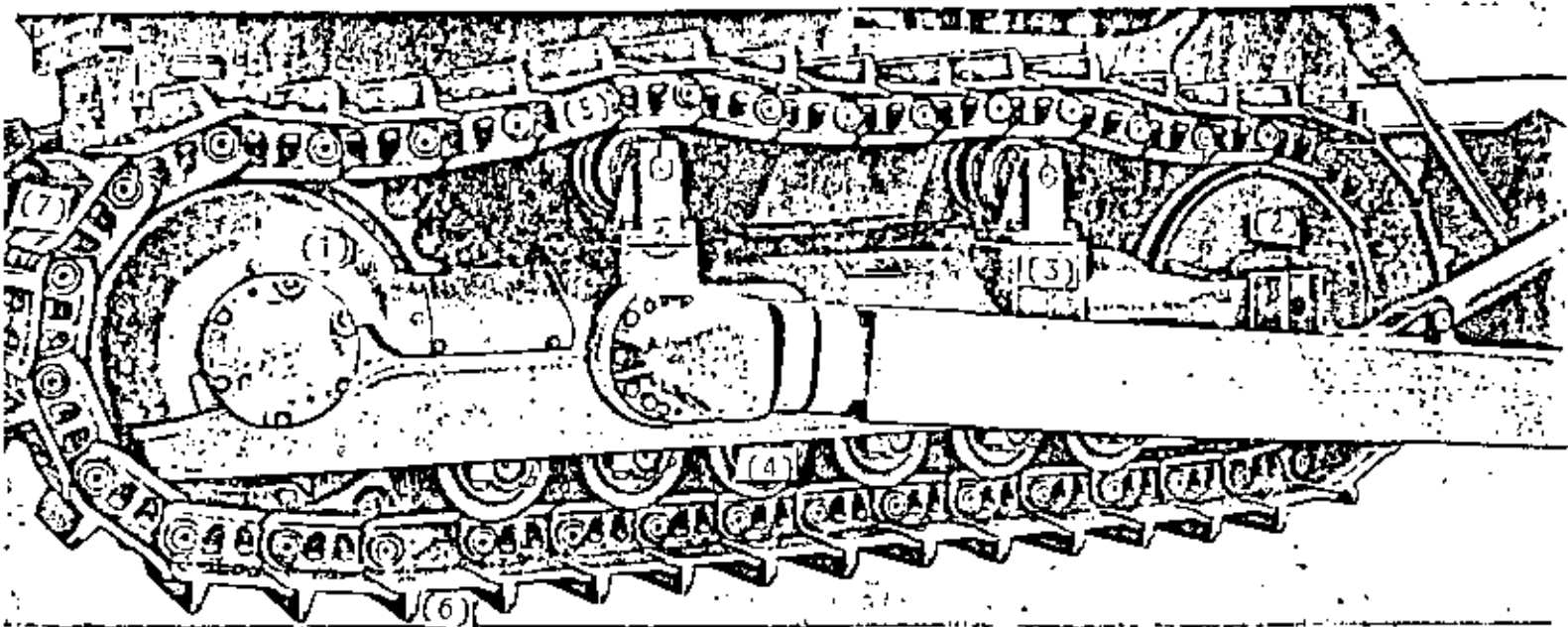


LA HOJA EMPUJADORA 3P DE ORIENTACION E INCLINACION POTENCIAL ES OPTATIVA, y hace más fácil la nivelación, el rellenado de zanjas, el esparcimiento y la conformación de terrenos. Se puede orientar 25° a la izquierda o derecha. La inclinación es de 8,1,2°. Todo se gobierna con dos controles sencillos.

Especificaciones de la Hoja Empujadora

Hoja	Longitud Total (tractor con hoja empujadora)	Anchura Total (tractor con hoja empujadora)	Altura	Profundidad de Excavación	Espaciamiento Límite sobre el Suelo	Altura Máxima	Peso (sin los controles hidráulicos)
3P, recta	3680 mm (12' 1")	2410 mm (7' 11")	740 mm (29,2")	351 mm (13,8")	860 mm (33,8")	356 mm (14")	930 kg (2050 lb)
Orientada a 25° . .	4170 mm (13' 8")	2240 mm (7' 4")	740 mm (29,2")	351 mm (13,8")	1090 mm (3' 7")	356 mm (14")	





- 1.- CATARINA.
- 2.- RUEDA GUIA.
- 3.- RODILLOS SUPERIORES.
- 4.- RODILLOS INFERIORES.
- 5.- ESLABON NORMAL DE LA CADENA.
- 6.- ESLABON DE AJUSTE DE LA CADENA.
- 7.- ZAPATA Y GARRA.

CATARINA.



La catarina se construye actualmente en secciones que pueden ser intercambiadas fácil y rápidamente en tanto se reparan las partes usadas. La parte superficial, está tratada para lograr un acero de alta dureza.

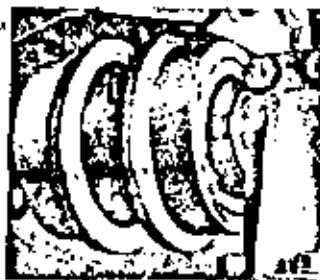
Existen secciones especiales para terrenos fangosos que evitan la acumulación de material.



RUEDA GUIA.

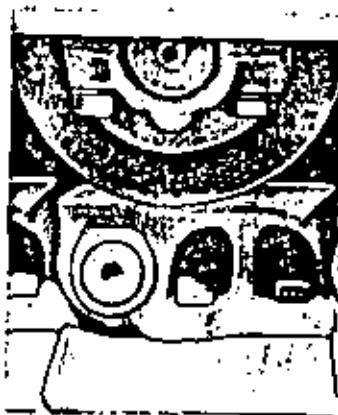
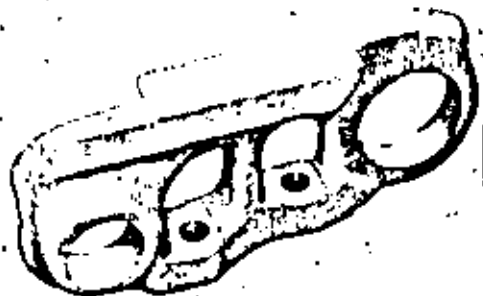
La Rueda Guía ó Rueda Tensora, permite el alineamiento y tensión adecuada de las cadenas.

RODILLOS SUPERIORES E INFERIORES.



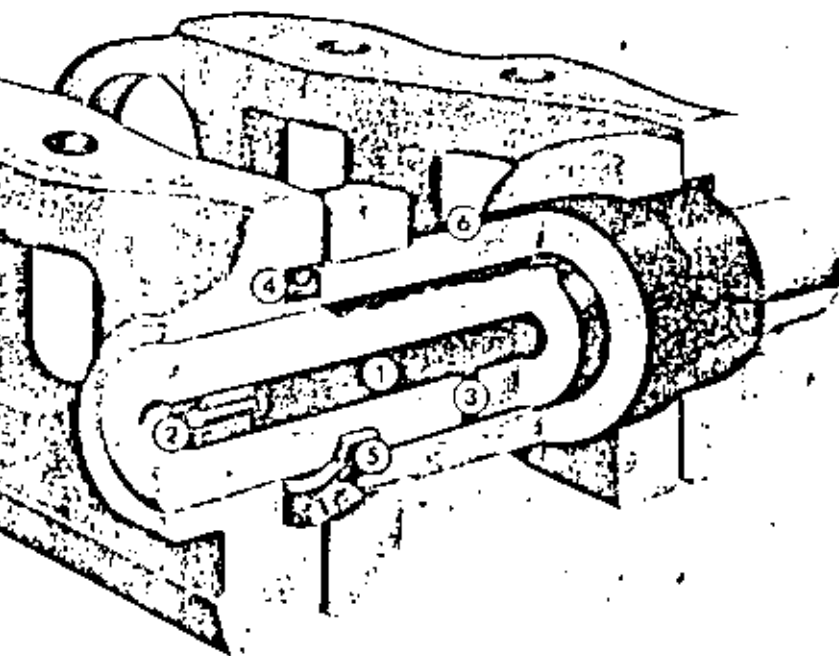
Los Rodillos Superiores e Inferiores se forjan con acero de endurecimiento profundo y son de lubricación permanente.

ESLABON NORMAL DE LA CADENA.



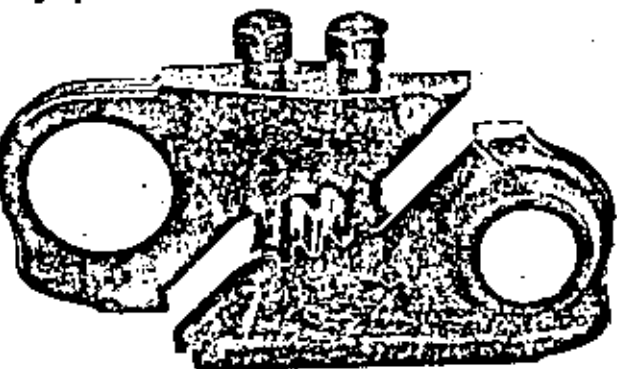
En las fotografías se muestran los eslabones que se utilizaban tradicionalmente.

En la actualidad se fabrican cadenas selladas y lubricadas como las que se muestran en la figura, que aumentan de una manera importante las horas de vida de el tránsito.



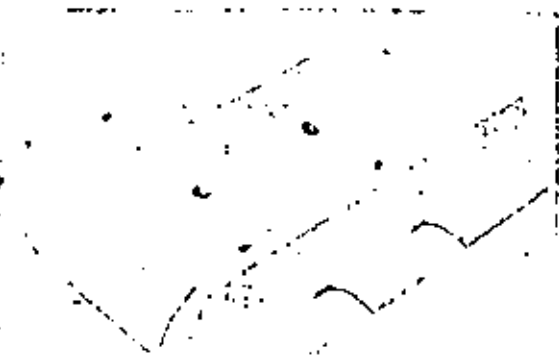
- ① DEPOSITO DE ACEITE
- ② ADAPTADOR DE CAUCHO Y TAPON
- ③ CONDUCTO DEL ACEITE
- ④ SELLO HERMETICO
- ⑤ ANILLO DE EMPUJE
- ⑥ BUJE

ESLABON DE AJUSTE DE LA CADENA.

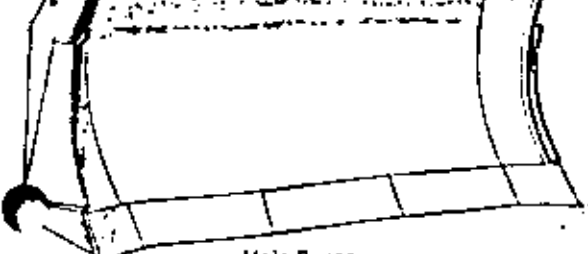


El Eslabón de Ajuste de dos piezas permite una forma más rápida y fácil para desmontar e instalar las cadenas.

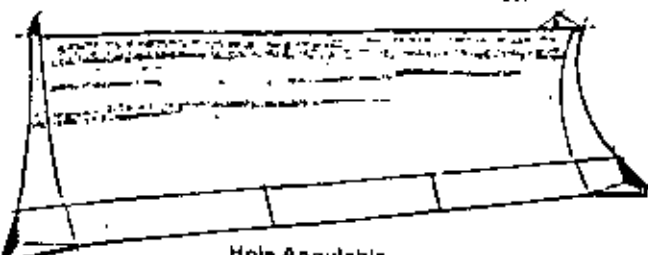
ZAPATA CON GARRA.



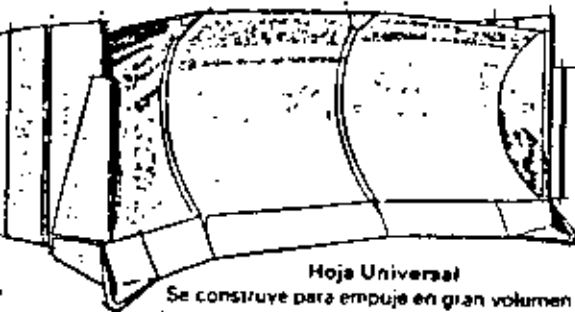
Se producen diversas clases de zapatas para las cadenas que van desde las de diseño plano hasta las de gran altura y resistencia de las garras cuando van a ser utilizadas en trabajos donde --- existe mucha roca.

**Hoja Recta**

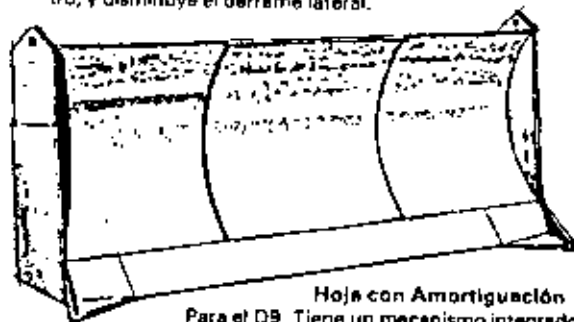
Trabaja mejor en el empuje de gran volumen de tierra, y especialmente en pasadas de cortas a medianas.

**Hoja Angulable**

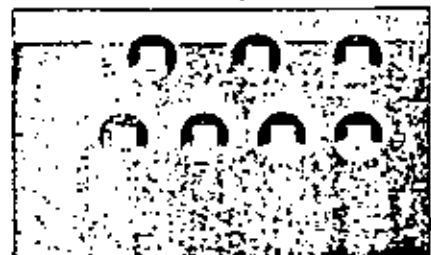
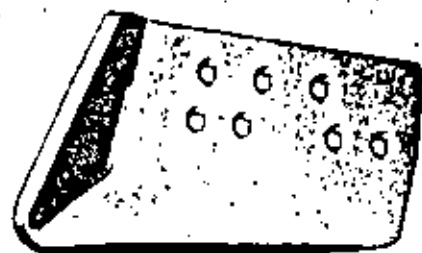
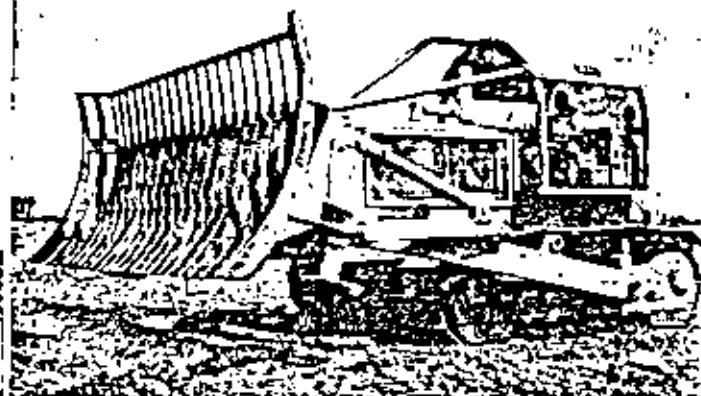
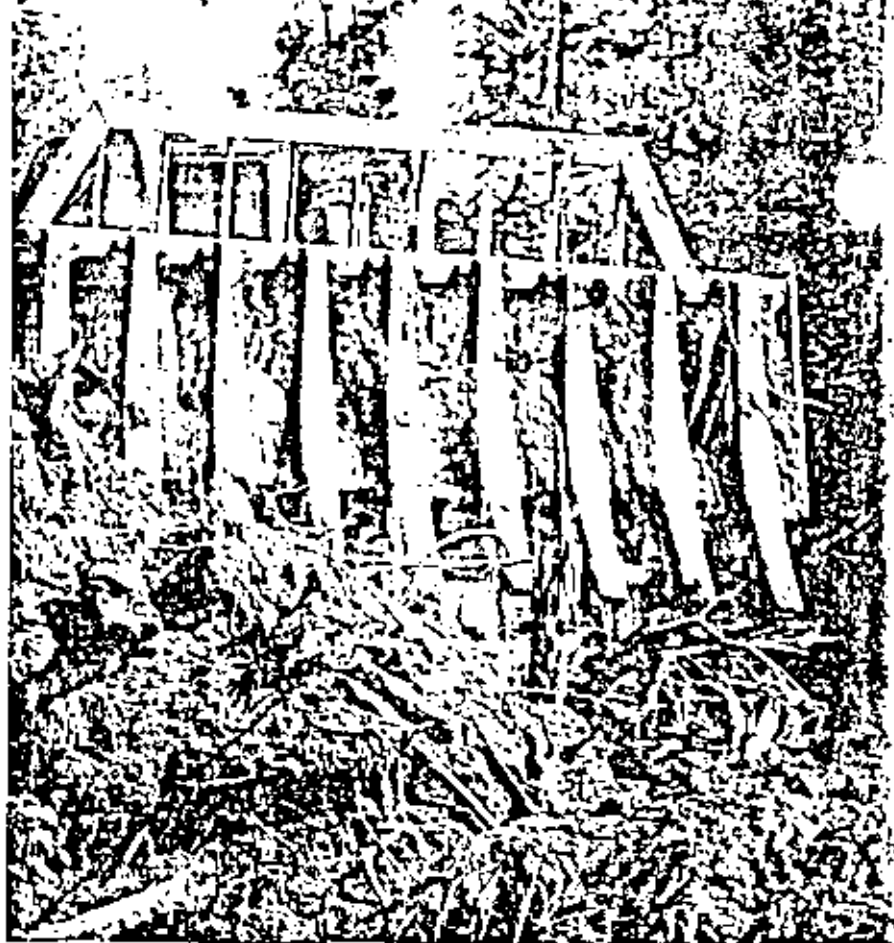
Gira 25° a cada lado, para formar camellones en trabajos iniciales y relleno. La curvatura de la hoja imparte acción de volteo para que el empuje lateral sea suave y fácil.

**Hoja Universal**

Se construye para empuje en gran volumen y a largas distancias. La curvatura en los lados de la hoja imparte a la tierra un movimiento hacia el centro, y disminuye el derrame lateral.

**Hoja con Amortiguación**

Para el D9. Tiene un mecanismo integrado que amortigua los choques en el empuje de trallas, a fin de hacer contacto hasta una velocidad relativa de 4,8 km/h (3 MPH). También puede utilizarse en trabajos de servicio general y de despejo.



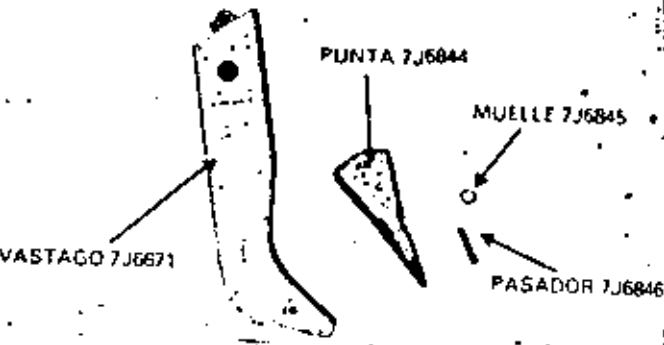
Hay puntas de extremo acopadas en caliente de 1-3/8" para el D8, de 1 3/8" para el D9, o de 1-5/8" para trabajos extremadamente duros y para condiciones muy abrasivas, en que se requiere gran tonaleza y penetración. Todas las puntas acopadas en caliente son de acero DH-2, y tienen la garantía respectiva.

Las puntas de extremo forjadas—optimas en casi todas las hojas topadoras—son de gran tenacidad. Se fabrican para trabajos de condiciones extremadamente difíciles. Estas puntas resisten sin quebrarse grandes y continuas cargas de choque. Son de acero DH 2 totalmente endurecido, y se afilan al trabajar.

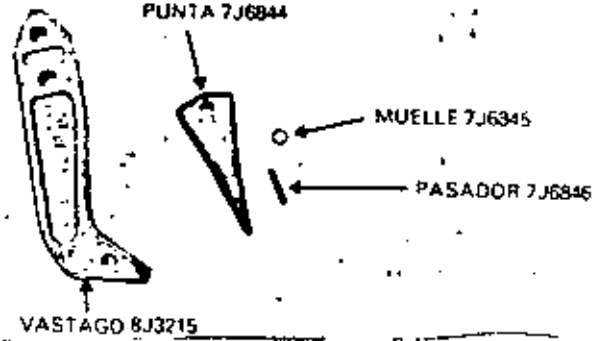
De acero DH 2 totalmente endurecido. Confiere protección económica a las esquinas en materiales de cargas bajas de choque, poca abrasión. Es la herramienta perfecta para trabajos de acabado o semacabado, con hoja topadora.

Existen diversos tipos de desgarradores, todos ellos hidráulicos y con juntas intercambiables.

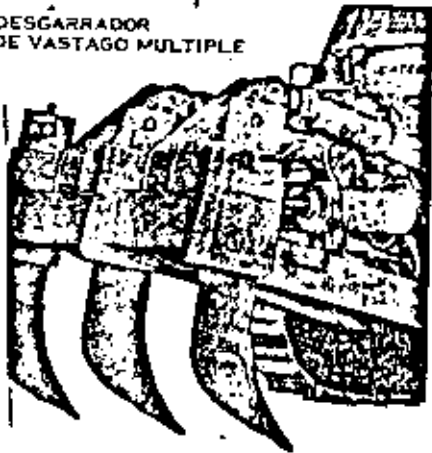
PUNTA DE DESGARRADOR 983



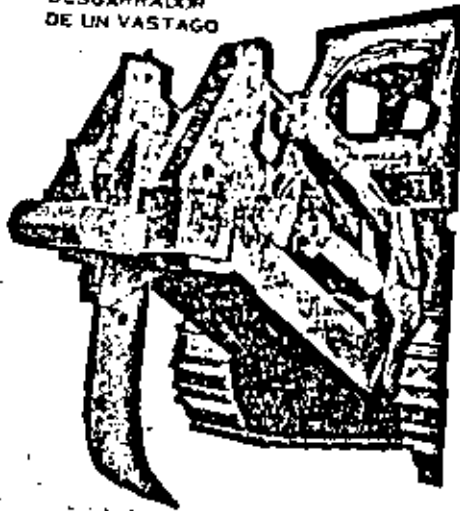
PUNTA 7J6844



DESGARRADOR DE VASTAGO MULTIPLE



DESGARRADOR DE UN VASTAGO

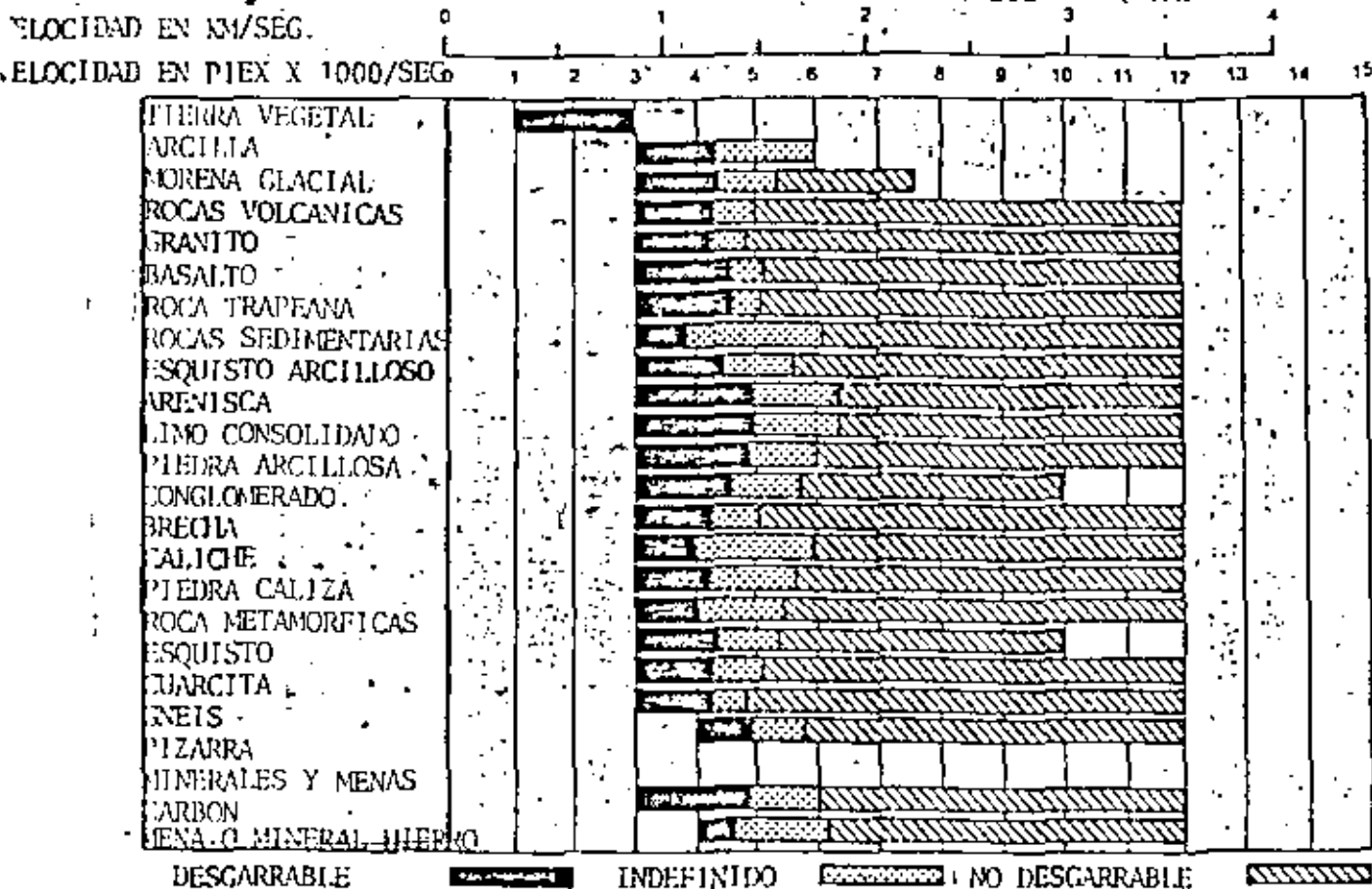


La clave para reducir los costos de operación por hora, es el operador y se deben seguir las siguientes reglas:

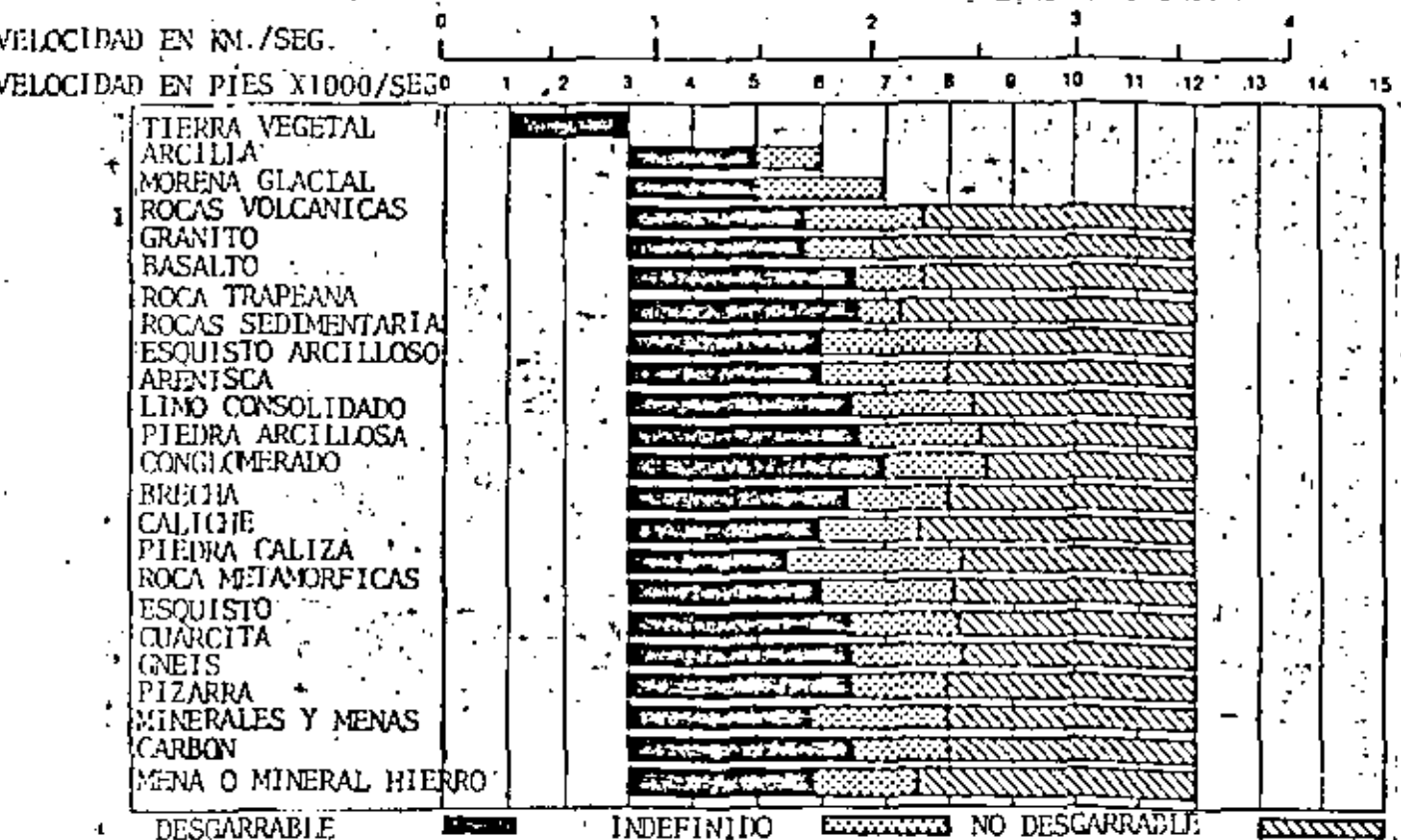
- Siempre se debe usar la primera velocidad.
Los tractores tienen más tracción en baja velocidad, además disminuye el desgaste del tren de rodaje.
- Las cargas de choque y los daños al desgarrador aumentan con la velocidad. Se debe desgarrar lentamente para reducir el desgaste y aumentar la duración del desgarrador.
- Siempre que sea posible, debe desgarrarse cuesta abajo, pues esto eleva la producción ya que el peso de la máquina se suma a la potencia y aumenta la tracción.
- Cuando haya capas laminares inclinadas, se debe comenzar a desgarrar en el extremo superficial ya que esto profundiza la punta en el suelo, mejora la penetración y sube la producción.
- Cuando se acarreen con motoescrapas materiales desgarrados, se deben manejar ambas máquinas en el mismo sentido. entonces se podrá usar el tractor del desgarrador para empujar motoescrapas en la carga, y reducir el desgaste de las cuchillas.
- No se debe retirar todo el material desgarrado; hay que dejar una capa de 10 a 15 cm (4" a 6") ya que esto mejora la tracción y reduce el desgaste de los tránsitos.
- Cuando el acarreo sea con motoescrapas, el desgarre debe hacerse a profundidad uniforme ya que el corte uniforme, reduce el desgaste en las máquinas de acarreo y facilita la carga.
- Halle el número de dientes según la producción, la facilidad al desgarrar y la potencia de la máquina.

CON OBJETO DE CONOCER LA POSIBILIDAD DE DESGARRAMIENTO, LOS FABRICANTES HAN ELABORADO UNAS GRAFICAS EN QUE RELACIONAN LA CLASE DE MATERIAL Y SU VELOCIDAD SISMICA DE LA MANERA EN QUE SE MUESTRA EN LOS SIGUIENTES CUADROS:

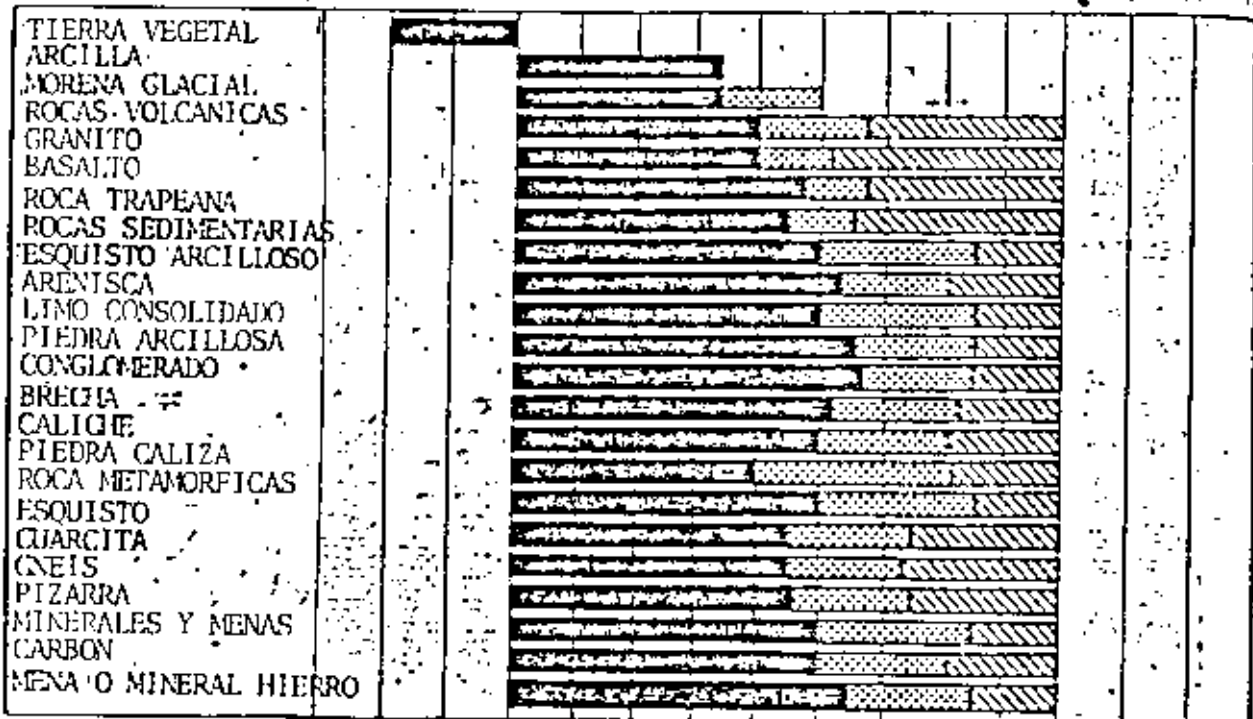
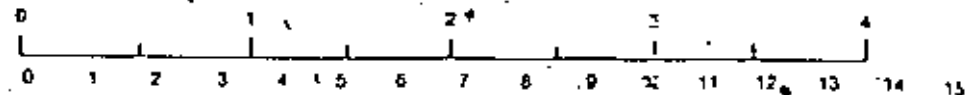
TRACTOR D7G 93 VELOCIDAD SISMICA



TRACTOR D8K VELOCIDAD SISMICA



VELOCIDAD EN KM/SEG.
VELOCIDAD EN PIES X1000/SEG



DESCARRABLE

INDEFINIDO

NO DESCARRABLE

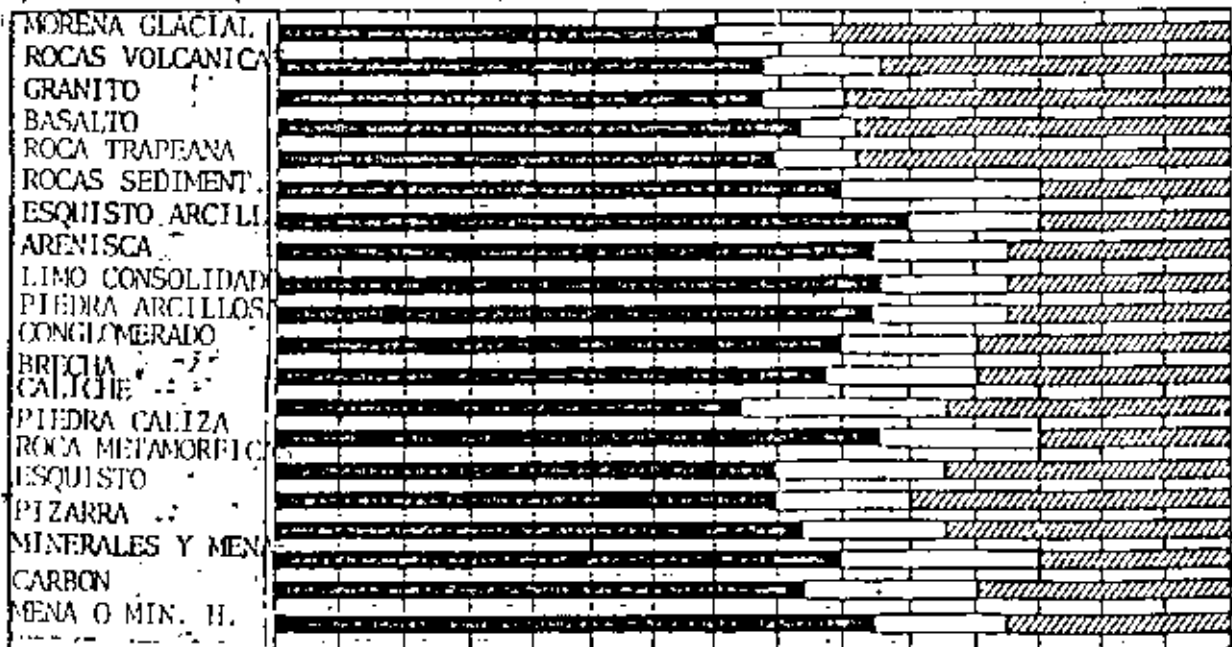
TRACTOR D10

VELOCIDAD SISMICA

VELOCIDAD EN KM/SEG.



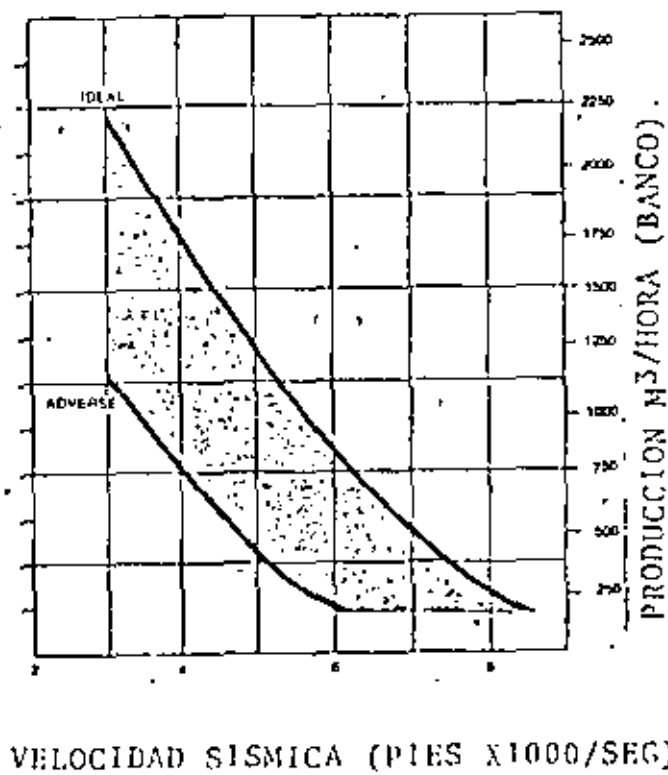
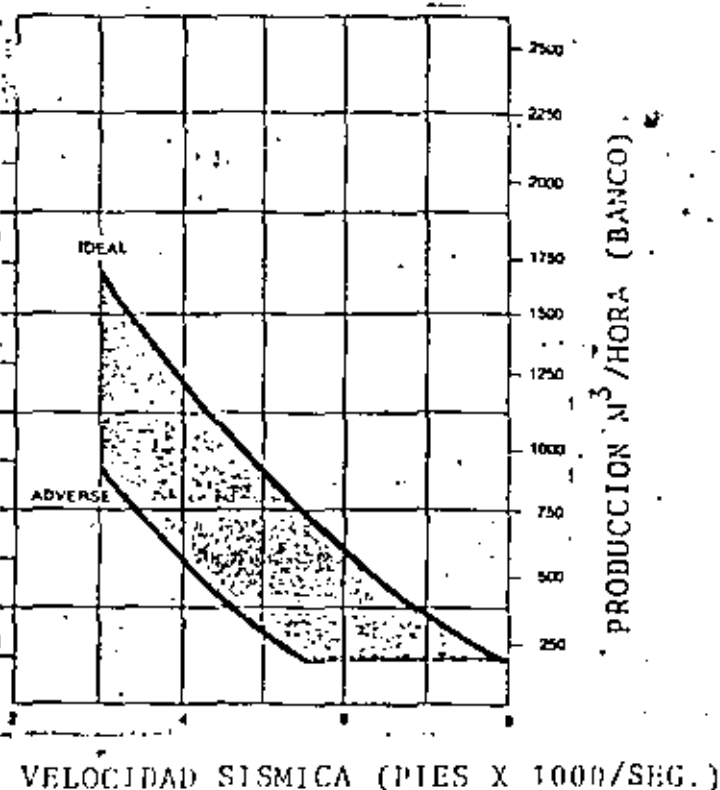
VELOCIDAD EN PIES X 1000/SEG



DESCARRABLE

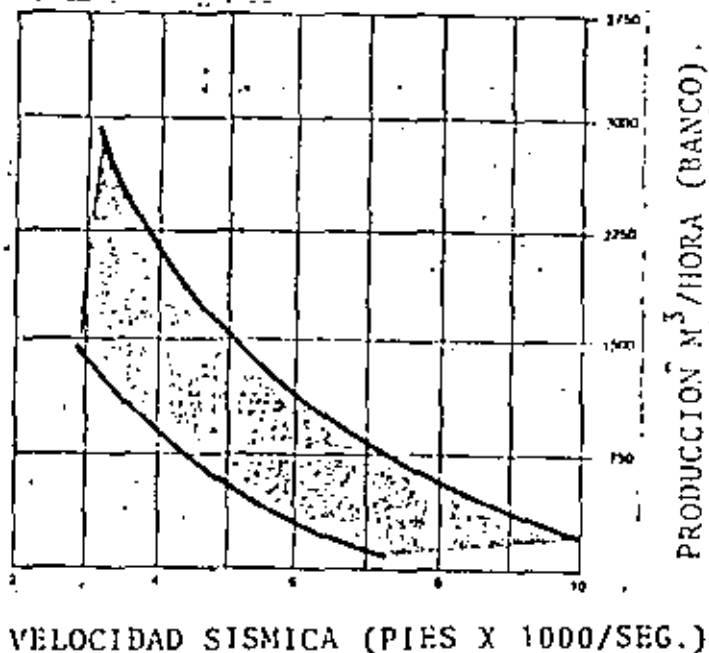
INDEFINIDO

NO DESCARRABLE



D 10 CON UN SOLO-DIENTE

GRAFICAS PARA ESTIMAR LA PRODUCCION DE DESGARRADORES.



Características de estas gráficas:

- La máquina solamente desgarrar, es decir no hace dos trabajos a la vez.
- Máquinas de los últimos modelos con un sólo diente en el desgarrador.
- 100% de eficiencia (deberá considerarse la eficiencia real).
- Las gráficas sirven para cualquier clase de material.
- En rocas igneas para una velocidad cerca de 2,400 mts. por segundo ó más para el D10, y de 1,750 mts. por segundo ó más para el D9 y el D8, deberá reducir la producción de las gráficas en un 25%.
- Deberá tenerse mucho cuidado en utilizar el rango entre condiciones ideales y condiciones adversas.

PRODUCCION CALCULADA DE UN DESGARRADOR

Supongamos un tractor D8K equipado con un desgarrador de un diente desgarrando un conglomerado que tiene una velocidad sísmica de 4,000 mts/seg. La penetración del diente es de 1.20 mts. y la separación entre pasadas es de 1.00 mt. La velocidad del tractor es de 1.5 Km/hora.

Velocidad, 1500 M/hora = 25 m/minuto.

Tiempo empleado en tramos de 100 mts.

Tiempo tránsito = $\frac{100 \text{ M}}{25} = 4.00 \text{ min.}$

Tiempo perdido en las cabeceras = 1.00 min.

ciclo = 5.00 min.

No. ciclos/hora = $\frac{60 \text{ min}}{5 \text{ min}} = 12 \text{ ciclos}$

Volumen desgarrado por ciclo = $100 \times 1.20 \times 1.00 = 120 \text{ M}^3.$

Volumen horario = $120 \times 12 = 1440 \text{ M}^3/\text{hora}.$

Comparando este volumen se observa que casi coincide con la gráfica correspondiente. La variación se debe a que un tractor desgarrando no mantiene una velocidad constante.



CATERPILLAR

561D Tendetubos

97

Características principales

- Potencia de 78 kW (105 hp) en el volante
- Transmisión planetaria Power Shift
- Capacidad de levantamiento de 18 100 kg (40.000 lb)
- Embragues de dirección y frenos enfriados por aceite
- Ruedas motrices de segmentos de aro empernables.



Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 311 mm (12,25") de diámetro y de alta capacidad de par. Una válvula especial permite cambios sin restricciones de velocidad y sentido de marcha a plena carga. Tres velocidades de avance y tres de marcha atrás. Convertidor de par de una sola etapa conectado directamente a la transmisión. Intercambiadores de calor de aceite-aire enfrían el aceite del convertidor de par.

Marcha	Velocidad de avance		Velocidad de retroceso	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1	3,5	2,2	4,2	2,6
2	6,1	3,8	7,4	4,6
3	10,1	6,3	12,2	7,6



Dirección

Embragues de dirección de acción hidráulica con discos múltiples enfriados por aceite, que se conectan con resortes y se desconectan hidráulicamente. Los conjuntos de discos de bronce proveen alta capacidad de soporte de carga, larga vida útil y no requieren ajustes.

Frenos de banda contráctil enfriados por aceite y reforzados hidráulicamente. Freno de estacionamiento mecánico. Los conjuntos de embrague y frenos se pueden atender como una sola unidad.



Tren de rodaje

La cadena sellada prolonga la vida útil de pasadores y bujes, y reduce el desgaste de los eslabones y rodillos. Rodillos inferiores, rodillos superiores y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas motrices tienen segmentos de aro empernables.

Número de rodillos inferiores (cada lado)	6
Entrevía de las cadenas	1880 mm (74")
Ancho de zapata estándar	457 mm (18")
Ancho optativo	508 mm (20")
Longitud de la cadena sobre el suelo	22 10 mm (87")
Superficie de contacto con el suelo (zapata estándar)	2,02 m ² (3132 pulg ²)
Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de las zapatas (SAE J894)	396 mm (15,6")
Altura de la garrá desde la cara inferior de la zapata	57 mm (2,25")



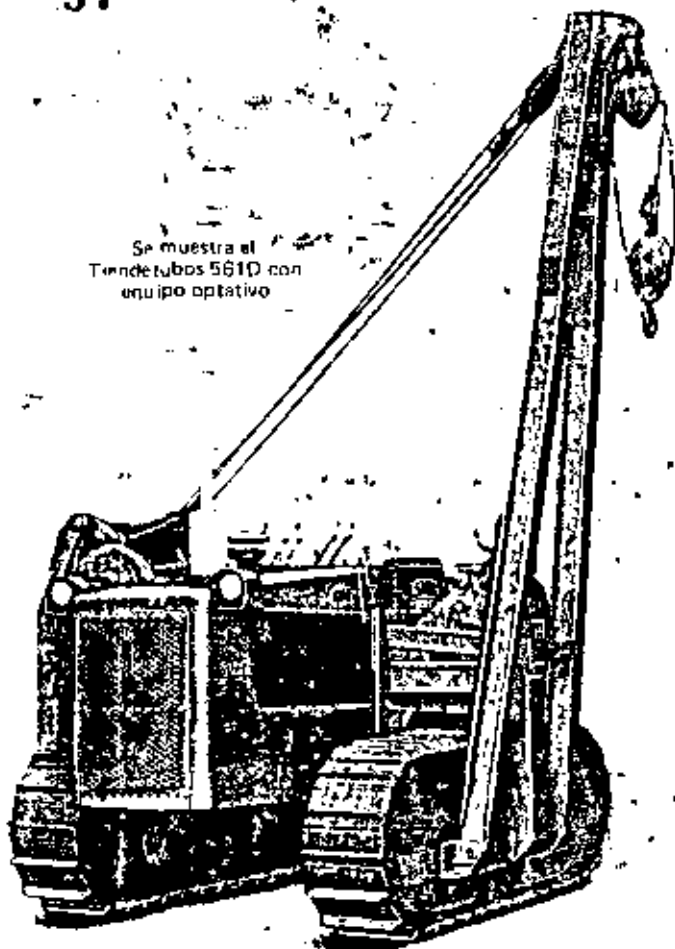
Contrapesos

Hay disponibles dos tipos de instalaciones:

Ajustable	9 segmentos con peso total de 2450 kg (5400 lb)
Peso total extensible	2994 kg (6600 lb)
Fijo	10 segmentos con peso total de 1134 kg (2500 lb)

Control totalmente hidráulico de la instalación ajustable. Ancho total mínimo para facilitar el manejo y el embarque.

Se muestra el Tendetubos 561D con equipo optativo



Control de la pluma

Un triángulo de seguridad trava el tambor de la pluma. La trava evita que el tambor retroceda accidentalmente con el triángulo conectado.



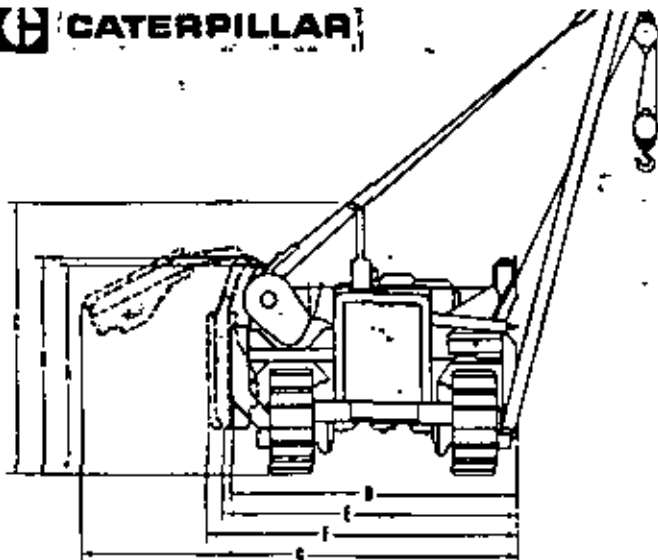
Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1750 RPM 78 kW (105 hp) (El kilovatio (kW) es la unidad de potencia del Sistema Internacional.)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en condiciones estándar SAE, es decir a temperatura ambiente de 29°C (85°F) y presión de 99,5 kPa (29,38" Hg) y cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a 15,6°C (60°F). El equipo del motor de la máquina incluye: ventilador; separador de agua; bombas de agua; lubricante y combustible. El motor mantiene la potencia total hasta una altitud de 1500 m (5000').

Motor Diesel Caterpillar 3306 de 4 tiempos, con 6 cilindros de 121 mm (4,75") de calibre, 152 mm (6,0") de carrera y 10,5 litros (638 pulg³) de cilindrada.

Sistema de combustible de cámaras de precombustión con bombas y válvulas de inyección individuales y libres de ajuste. Pistones de aleación de aluminio, de sección ligeramente elíptica y perla cónica, con tres anillos. Cojinetes de aluminio con dorso de acero, y muñones del cigüeñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión con aceite totalmente filtrado. Filtro de aire, de tipo seco, con elemento primario y secundario. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios con alternador de 35 amperios, estándar. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios para baja temperatura, optativo. Con ambos se incluyen las bujías incandescentes para calentar las cámaras de precombustión.



Dimensiones

- (A) Altura sin el contrapeso 2159 mm (7'1")
- (B) Altura desde el tope del bastidor (sin contrapeso) 2286 mm (7'6")
- (C) Altura desde el tope del tubo de escape 2948 mm (9'8")
- (D) Ancho mínimo de embarque sin los contrapesos 2948 mm (9'8")
- (E) Ancho con contrapeso fijo 3023 mm (9'11")
- (F) Ancho con el contrapeso ajustable retraído 3200 mm (10'6")
- (G) Ancho con el contrapeso ajustable extendido 4343 mm (14'3")
- Longitud total 3835 mm (12'7")



Equipo tiendetubos

Potencia directa: Potencia continua a los malacates del tiendetubos, independiente del convertidor de par.
Transmisión del malacate: De engranajes deslizantes, fabricada por Caterpillar. 3 velocidades de levantamiento, 1 de descenso.

Tambores: De operación independiente o simultánea.

	Carga	Pluma
Diámetro del tambor	216 mm (8.5")	216 mm (8.5")
Diámetro del freno	457 mm (18")	353 mm (14.3")
Distancia entre las pestañas	305 mm (12")	127 mm (5")
Capacidad	115 m (510')	35 m (115')
Calibre del cable	16 mm (5/8")	16 mm (5/8")

Velocidad del gancho (tambor desnudo):

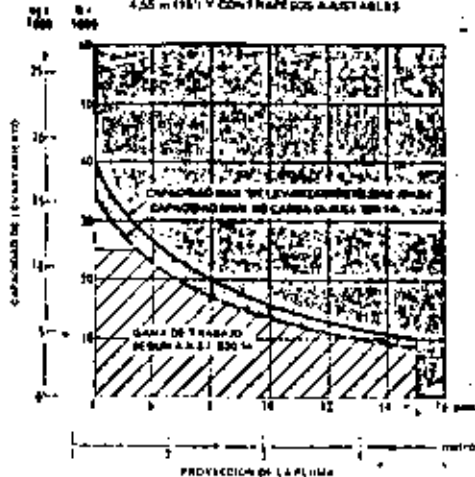
	Cable de carga con poleas de 3 puntos		Cable de carga con poleas de 2 puntos	
	m/min	Pies/min	m/min	Pies/min
Levantamiento:				
Primera	11	36	16.5	54
Segunda	19.5	64	29.3	96
Tercera	80.5	264	120.7	396
Descenso	11.6	38	17.4	57

Embrague: De una sola placa, de 290 mm (11.4") de diámetro y de tipo fricción. Conectado por una cadena de rodillos a la transmisión del malacate.

Pluma: Sección de viga en doble "T"

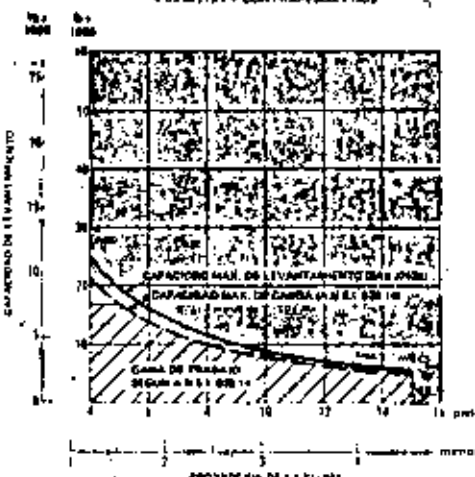
- Longitud estándar 4572 mm (15')
- Longitud operativa 5486 mm (18')

CAPACIDAD DE LEVANTAMIENTO CON PLUMA DE 4.55 m (15') Y CONTRAPESOS AJUSTABLES



El cable especificado es Cable de acero de 16 mm (5/8") de diámetro y con sistema de 6 alambres de 16 (16 x 16 x 16 x 16 x 16 x 16) mm. Cable de la pluma con poleas de 3 puntos. Peso de los contrapesos en toneladas: 2700 kg (6000 lbs).

CAPACIDAD DE LEVANTAMIENTO CON PLUMA DE 4.55 m (15') Y CONTRAPESOS FIJOS



El cable especificado es Cable de acero de 16 mm (5/8") de diámetro y con sistema de 6 alambres de 16 (16 x 16 x 16 x 16 x 16 x 16) mm. Cable de la pluma con poleas de 3 puntos. Peso de los contrapesos en toneladas: 1134 kg (2500 lbs).



Datos para servicio

	Litros	(Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	248	65
Sistema de enfriamiento	34	9
Cárter del motor	27.4	7.25
Transmisión, embragues de dirección y frenos	77	20.5
Mandos finales (cada uno)	11.4	3



Pesos (aproximados)

	kg	lbs
Sólo el chasis	9390	20 700
Peso total:		
Sin contrapeso	12 700	28 000
Con contrapeso fijo	13 600	30 000
Con contrapeso ajustable	15 650	34 500

Los dibujos y las especificaciones están sujetos a cambio sin previo aviso.



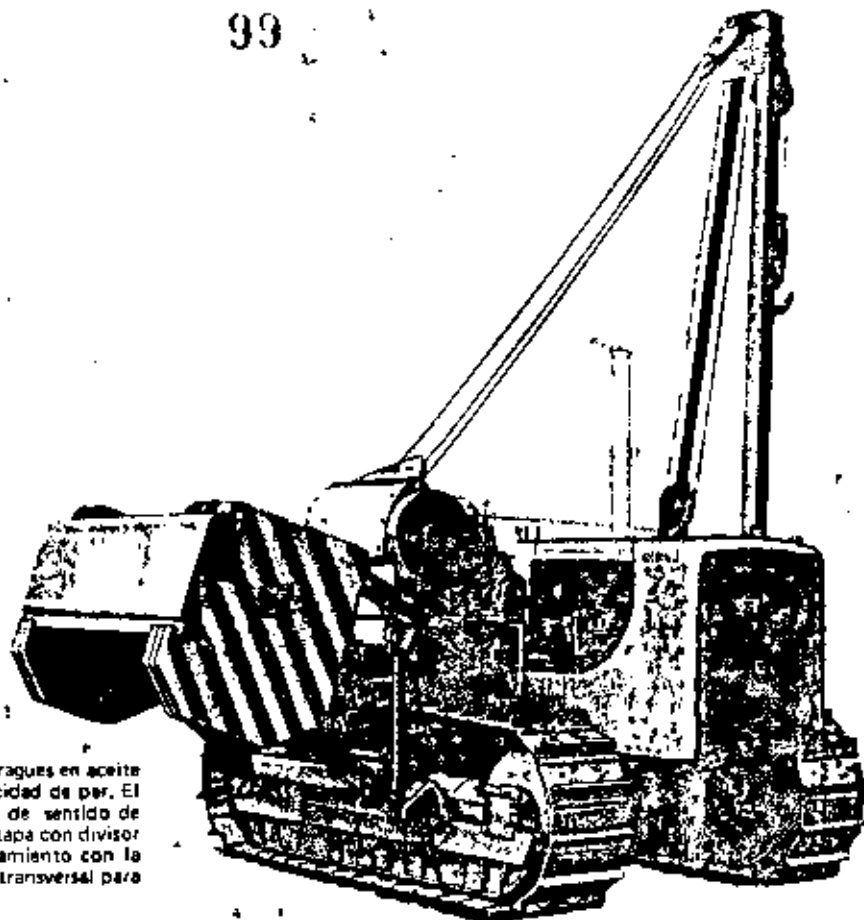
CATERPILLAR

571G Tiendotubos

Características principales

- Potencia de 149 kW (200 hp) en el volante.
- Capacidad de levantamiento de 27 500 kg (60.600 lb)
- Transmisión planetaria Power Shift
- Ruedas motrices con aro de segmentos emperrables
- Cadenas selladas, con sellos de discos de metal a metal

99



Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 381 mm (15") de diámetro, y alta capacidad de par. El sistema de válvulas permite los cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga. Convertidor de par de una sola etapa con divisor de par de salida, que combina la suavidad de funcionamiento con la economía. Conectado a la transmisión por doble junta transversal para fácil remoción del conjunto.

Marcha	Velocidad de avance		Velocidad de retroceso	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1	3,7	0-2,3	4,5	0-2,8
2	8,4	0-4,0	7,9	0-4,9
3	10,0	0-6,2	11,9	0-7,4



Dirección

Embragues de acción hidráulica y discos múltiples enfriados por aceite que no necesitan ajuste. Frenos de banda contráctil enfriados por aceite y con refuerzo hidráulico para operación más fácil. Freno de estacionamiento mecánico. Se pueden atender los conjuntos de embrague y freno como una sola unidad.



Tren de rodaje

La cadena sellada prolonga la vida útil de pasadores y bujes, y reduce el desgaste de los eslabones y rodillos. Rodillos inferiores, rodillos superiores, y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas motrices tienen segmentos de aro emperrables.

Número de rodillos inferiores (cada lado)	6
Entrevía de las cadenas	1980 mm (78")
Ancho de zapata estándar	560 mm (22")
Anchos optativos	510 y 610 mm (20" y 24")
Longitud de la cadena sobre el suelo	2720 mm (107")
Superficie de contacto sobre el suelo (con zapatas estándar)	3,04 m ² (4710 pulg ²)
Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de la zapata	399 mm (15,75")
Altura de las garras desde la cara inferior de las zapatas	71 mm (2,81")



Contrapesos

De central totalmente hidráulica. El montaje alto del punto pivote del contrapeso proporciona excelente espacio libre lateral y debajo de la máquina. La disposición del montaje sobre el punto pivote al retroceso. Ancho total mínimo para facilitar el manejo y el empuje.



Control de la pluma

Un trinquete de seguridad trava el tambor de la pluma. La trava evita que el tambor retroceda accidentalmente con el trinquete conectado. Un mecanismo de desconexión, de seguridad, evita que la pluma se doble.



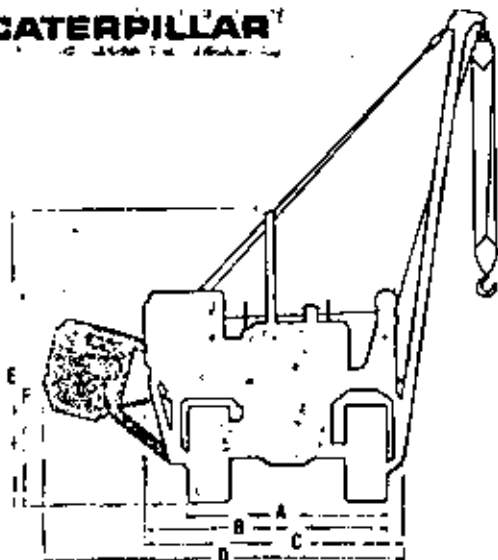
Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 2000 RPM . . . 149 kW (200 HP) (El kilovatio (kW) es la Unidad de Potencia del Sistema Internacional)

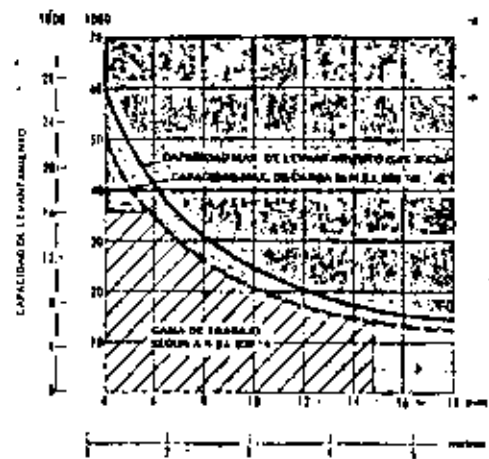
Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando opera en condiciones estándar SAE, es decir a temperatura ambiente de 29°C (85°F) y a presión de 99,5 kPa (29,38" Hg) y cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a 15,6°C (60°F). El equipo del motor de la máquina incluye: ventilador; bombas de agua, lubricante y combustible. El motor mantiene la potencia total hasta una altitud de 2300 m (7500 pies).

Motor Diesel Caterpillar 3306 de 4 tiempos, con seis cilindros de 121 mm (4,75") de calibre, 152 mm (6,0") de carrera y 10,5 litros (638 pulg³) de cilindrada.

Turboalimentado. Sistema de combustible con cámaras de precombustión y bombas de inyección individuales y libres de ajuste. Válvulas revestidas de estela con rotadores de válvulas y asentos de duro acero de alineación. Pistones de aleación de aluminio, de sección ligeramente elíptica y perfil cónico con tres anillos, enfriados por rocío de aceite. Cojinetes de aluminio con dorso de acero; muñones de cigueñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión con aceite totalmente filtrado y enfriado. Filtro de aire, de tipo seco, con expulsor de polvo automático. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios con alternador de 35 amperios, estándar. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios para baja temperatura, optativo. Se incluyen con ambos las bujías incandescentes para calentar las cámaras de precombustión.



100



Pluma con "Acabo"
 Cable de carga con pluma de 3 puntos
 Cable de acero de 19 mm (3/4") de diámetro y alta resistencia a la tracción de 27.000 kg (60.000 lb).
 Cable de la pluma con cables de tres puntos
 Cable de acero de 16 mm (5/8") de diámetro y alta resistencia a la tracción de 15.150 kg (33.400 lb).
 Uno de los contrapesos en unidades de 4300 kg (9500 lb).

Dimensiones



- (A) Ancho mínimo de embarque (sin los bastidores laterales) 2570 mm (8' 5")
- (B) Ancho de embarque (sin el bastidor izquierdo) 3020 mm (9' 11")
- (C) Ancho, con los contrapesos retraídos 3280 mm (10' 9")
- (D) Ancho, con los contrapesos extendidos 4570 mm (15')
- (E) Altura, sin la pluma 3350 mm (11')
- (F) Altura hasta el tope de los contrapesos 2720 mm (8' 4")
- Longitud total 4220 mm (14' 6")

Datos para servicio



	Litros	(Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	435	115
Sistema de enfriamiento	45,4	12
Control hidráulico de los contrapesos	6,6	1,75
Sistema de lubricación:		
Cárter	27,4	7,25
Transmisión, embragues de dirección y frenos	70	18,6
Mandos finales (cada uno)	34,1	9

Pesos (proximados)



	kg	lb
Solo el chasis	14.740	32.500
Equipo tiendetubos con contrapesos	7938	17.500
Peso total de embarque	22.680	50.000

Equipo tiendetubos



Contrapesos ajustables, controlados hidráulicamente:

- Contrapeso y bastidor de levantamiento 1340 kg (2950 lb)
- 5 segmentos de 600 kg (1330 lb) (cada uno) 3010 kg (6650 lb)
- Peso total extensible 4350 kg (9600 lb)

Potencia directa: Potencia continua a los malacates del tiendetubos, independiente del convertidor de par.

Transmisión del malacate: De engranajes deslizantes, fabricada por Caterpillar. 3 velocidades de levantamiento, 1 de descenso.

Tambores: De operación independiente o simultánea.

	Carga	Pluma
Diámetro del tambor	216 mm (8,5")	216 mm (8,5")
Diámetro del freno	457 mm (18")	363 mm (14,3")
Distancia entre las pestañas	305 mm (12")	127 mm (5")
Capacidad con cable de carga de 19 mm (0,75") y cable de la pluma de 16 mm (0,62")	108 m (355')	35 m (115')

Velocidad del gancho (tambor desnudo):

	Cable de carga con polea de 3 puntos	
	m/min	pies/min
Levantamiento:		
Primera	8,9	29,2
Segunda	15,4	50,2
Tercera	62,9	206,4
Descenso	8,8	29,0

Embrague: De dos placas de fricción con 290 mm (11,4") de diámetro, independiente del embrague principal y conectado por una cadena de rodillos a la transmisión del malacate.

Frenos: Pluma (diámetro x ancho) 363 x 89 mm (14,3" x 3,5"). Carga (diámetro x ancho) 457 x 127 mm (18" x 5").

Pluma: Longitud estándar 5490 mm (18')
 Longitud optativa 6100 mm (20')

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



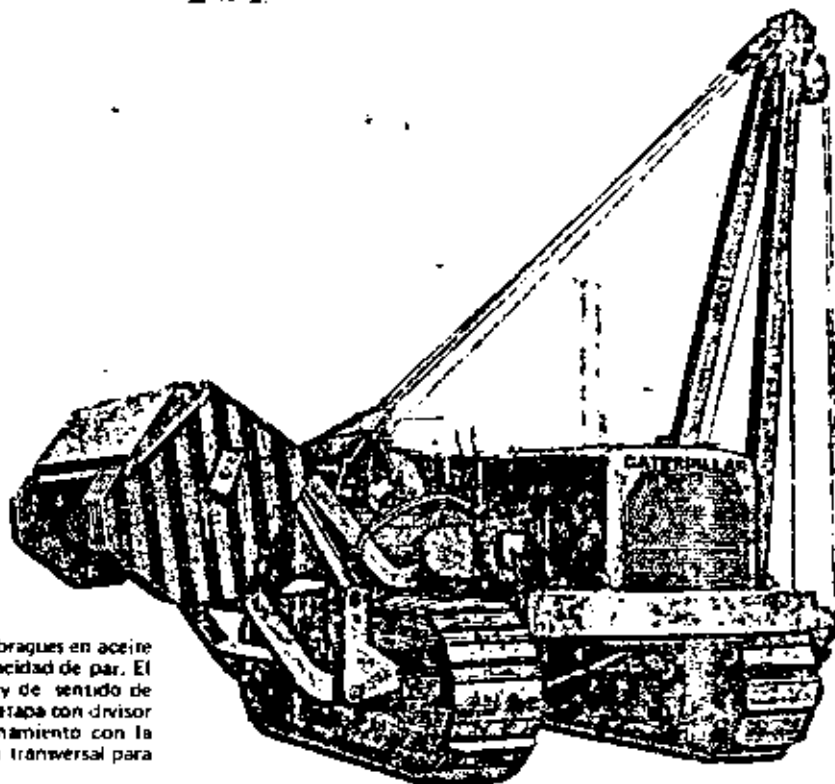
CATERPILLAR

572G Tlondetubos

Características principales

- Potencia de 149 kW (200 hp) en el volante.
- Capacidad de levantamiento de 40 800 kg (90.000 lb)
- Transmisión planetaria Power Shift
- Ruedas motrices con aro de segmentos empernables
- Cadenas selladas, con sellos de discos de metal a metal

101



Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 381 mm (15") de diámetro, y alta capacidad de par. El sistema de válvulas permite los cambios de velocidad y de sentido de marcha a plena carga. Convertidor de par de una sola etapa con divisor de par de salida, que combina la suavidad de funcionamiento con la economía. Conectado a la transmisión por doble junta transversal para fácil remoción del conjunto.

Marcha	Velocidad de avance		Velocidad de retroceso	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1	3,7	0-2,3	4,5	0-2,8
2	6,4	0-4,0	7,9	0-4,9
3	10,0	0-6,2	11,9	0-7,4



Dirección

Embragues de acción hidráulica y discos múltiples enfiados por aceite que no necesitan ajuste. Frenos de banda contráctil enfiados por aceite y con refuerzo hidráulico para operación más fácil. Freno de estacionamiento mecánico. Se pueden atender los conjuntos de embragun y freno como una sola unidad.



Tren de rodaje

La cadena sellada prolonga la vida útil de pasadores y bujes, y reduce el desgaste de los eslabones y rodillos. Rodillos inferiores, rodillos superiores, y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas motrices tienen segmentos de aro empernables.

Número de rodillos inferiores (cada lado)	6
Entrevía de las cadenas	2180 mm (86")
Ancho de zapata estándar	610 mm (24")
Ancho operativo	660 mm (26")
Longitud de la caja sobre el suelo	7820 mm (311")
Superficie de contacto sobre el suelo (con zapatas estándar)	3,40 m ² (6345 pie ²)
Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de la zapata	483 mm (19")
Altura de las garras desde la cara inferior de las zapatas	71 mm (2,81")



Contrapesos

De control totalmente hidráulico. El montaje alto del punto pivote del contrapeso proporciona excelente espacio libre lateral y debajo de la máquina. La disposición del montaje evita el corrimiento al retroceso. Ancho total mínimo para facilitar el manejo y el embarque.



Control de la pluma

Un trinquete de seguridad trava el tambor de la pluma. La trava evita que el tambor retroceda accidentalmente con el trinquete conectado. Un mecanismo de desconexión, de seguridad, evita que la pluma se doble.



Motor Caterpillar

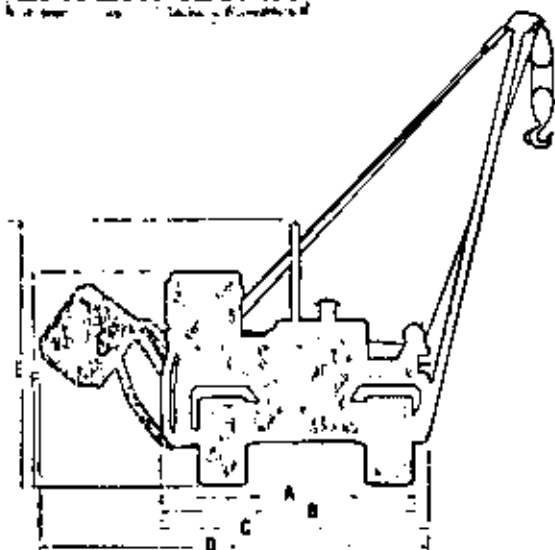
Potencia en el volante a 2000 RPM: 149 kW/200 HP (El kilovatio (kW) es la Unidad de Potencia del Sistema Internacional.)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando opera en condiciones estándar SAE, es decir a temperatura ambiente de 29°C (85°F) y a presión de 99,5 kPa (29,38" Hg) y cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a 15,6°C (60°F). El equipo del motor de la máquina incluye: ventilador; separador de agua; bombas de agua, lubricante y combustible. El motor mantiene la potencia total hasta una altitud de 2300 m (7500 pies).

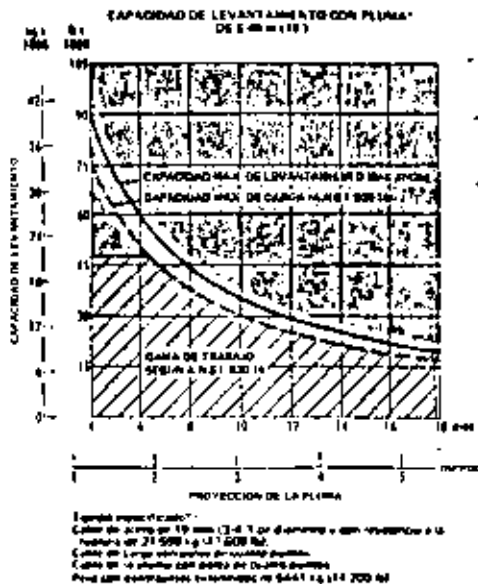
Motor Diesel Caterpillar 3306 de 4 tiempos, con seis cilindros de 121 mm (4,75") de calibre, 152 mm (6,0") de carrera y 10,5 litros (63R pulg³) de cilindrada.

Turboalimentado. Sistema de combustible con cámaras de precombustión y bombas de inyección individuales y libres de ajuste. Válvulas revestidas de estribo con rotadores de válvulas y asientos de duro acero de aleación. Pistones de aleación de aluminio, de sección ligeramente elíptica y perfil cónico con tres anillos, enfiados por rocío de aceite. Cojinetes de aluminio con dorso de acero; muñones de cigueñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión con aceite totalmente filtrado y anulado. Filtro de aire, de tipo seco, con expulsor de polvo automático.

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios con alternador de 35 amperios, estándar. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios para baja temperatura, opcional. Se incluyen con umbos las bujías incandescentes para calentamiento de las cámaras de precombustión.



102



Dimensiones

- (A) Ancho mínimo de embarque (sin los bastidores laterales) 2950 mm (9' 8")
- (B) Ancho de embarque (sin el bastidor izquierdo) 3380 mm (11' 1")
- (C) Ancho, con los contrapesos retraídos 3560 mm (11' 8")
- (D) Ancho, con los contrapesos extendidos 5060 mm (16' 7")
- (E) Altura, sin la pluma 3350 mm (11')
- (F) Altura hasta el tope de los contrapesos 2620 mm (8' 7")
- Longitud total 4930 mm (16' 2")



Datos para servicio

	Litros	(Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	435	115
Sistema de enfriamiento	45,4	12
Control hidráulico de los contrapesos	34,1	9
Sistema de lubricación:		
Cárter	27,4	7,25
Transmisión, embragues de dirección y frenos	70	18,5
Mandos finales (cada uno)	34,1	9



Pesos (proximados)

	kg	lb
Sólo el chasis	16 500	36 500
Equipo tiendetubos con contrapesos	10 900	24 000
Peso total de embarque	27 400	60 500



Equipo tiendetubos

Contrapesos ajustables, controlados hidráulicamente:

- Contrapeso y bastidor de levantamiento 1610 kg (3560 lb)
- 8 segmentos de 600 kg (1.330 lb) (cada uno) 4830 kg (10.640 lb)
- Peso total extensible 6440 kg (14.200 lb)

Potencia directa: Potencia continua a los malecates del tiendetubos, independiente del convertidor de par.

Transmisión del malecata: De engranaje constante, fabricada por Caterpillar. 3 velocidades de levantamiento, 1 de descenso.

Tambores: De operación independiente o simultánea.

	Carga	Pluma
Diámetro del tambor	260 mm (10,5")	260 mm (10,5")
Diámetro del freno	560 mm (22")	560 mm (22")
Distancia entre las pestañas	356 mm (14")	178 mm (7")
Capacidad con cable de carga de 19 mm/0,75"	189 m (620')	78 m (256')

Velocidad del gancho (tambor desnudo):

	m/min	pies/min
Levantamiento:		
Primera	7,6	25
Segunda	15,1	49,7
Tercera	36,2	118,8
Descenso	16,3	53,4

Cable de carga con polea de cuatro puntos; cable de la pluma con polea de cuatro puntos.

Embrague: De dos placas de fricción, con 290 mm (11,4") de diámetro, independiente del embrague principal.

Frenos: De 560 x 127 mm (22" x 5"), intercambiables entre los tambores del cable de la pluma y del cable de carga, autotrabantes, y protegidos contra la intemperie.

Pluma: De sección en caja soldada. Longitud: 5490 mm (18')

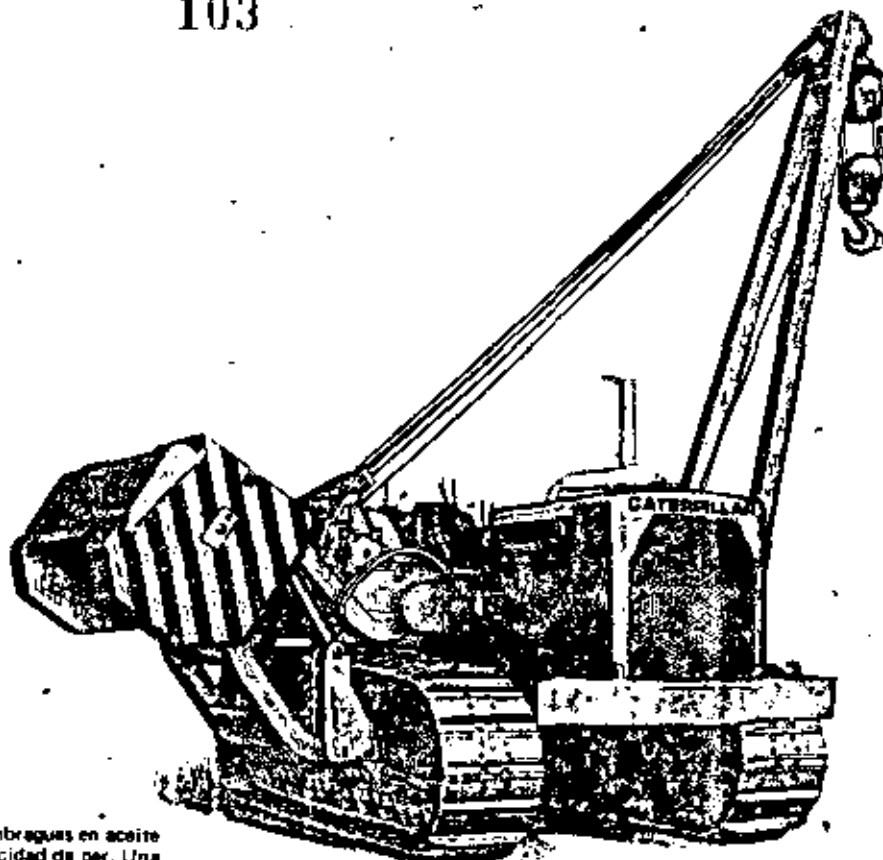
Los materiales y las especificaciones están sujetos a cambios sin previo aviso.



Características principales

103

- Potencia de 224 kW (300 hp) en el volante
- Capacidad de levantamiento de 63 500 kg (140.000 lb)
- Transmisión planetaria Power Shift
- Ruedas motrices con giro de segmentos empernables
- Cadena sellada



Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 530 mm (21") de diámetro y alta capacidad de par. Una válvula especial permite cambios sin restricciones de velocidad y sentido de marcha a plena carga.

Convertidor de par de una sola etapa con divisor de par de salida, que combina la suavidad de funcionamiento con la economía. Conectado a la transmisión por doble junta universal - construcción unitaria para facilitar el servicio.

Marcha	Velocidad de Avance		Velocidad de retroceso	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1	4,0	0-2,5	5,0	0-3,1
2	7,1	0-4,4	8,7	0-5,4
3	10,9	0-6,8	13,5	0-8,4



Contrapesos

De control totalmente hidráulico. El montaje alto del punto pivote del contrapeso proporciona excelente espacio libre lateral y debajo de la máquina. La disposición del montaje evita el corrimiento al retroceso. Ancho total mínimo para facilitar el manejo y el embarque.



Tren de rodaje

La cadena sellada prolonga la vida útil de pasadores y bujes, y reduce el desgaste de los eslabones y rodillos. Rodillos inferiores, rodillos superiores, y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas motrices tienen segmentos de ardo empernables.

Estaciones motoristas de dos palancas	
Número de rodillos inferiores (cada lado)	7
Entrevía de las cadenas	2290 mm (90")
Número de zapatas (cada lado)	42
Ancho de zapata estándar	710 mm (28")
Ancho optativo	760 mm (30")
Longitud de la cadena sobre el suelo	3280 mm (129")
Superficie de contacto con el suelo (con zapatas estándar)	4,65 m ² (7720 pulg ²)
Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de las zapatas	530 mm (21")
Altura de la garrá desde la cara inferior de la zapata	78 mm (3,06")



Control de la pluma

Un trinquete de seguridad trava el tambor de la pluma. La trava evita que el tambor retroceda accidentalmente con el trinquete conectado. Un mecanismo de desconexión, de seguridad, evita que la pluma se doble.



Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1330 RPM 224 kW (300 HP) (El kilovatio (kW) es la unidad de potencia del Sistema Internacional.)

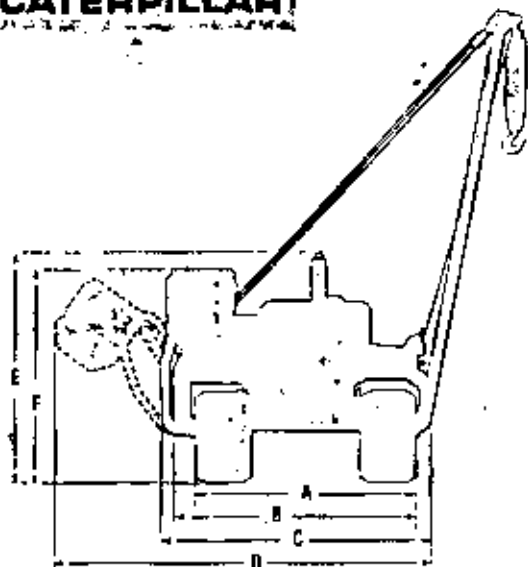
Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en condiciones estándar SAE, es decir a temperatura ambiente de 29°C (85°F) y presión de 99,5 kPa (29,38" Hg) y cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a 15,6°C (60°F). El equipo del motor de la máquina incluye: ventilador; bombas de agua, lubricante, y combustible. El motor mantiene la potencia indicada hasta una altitud de 2300 m (7500 pies).

Motor Diesel Caterpillar D342, de cuatro tiempos con seis cilindros de 146 mm (5,76") de calibre, 203 mm (8,0") de carrera, y 20,4 litros (1246 pulg³) de cilindrada.

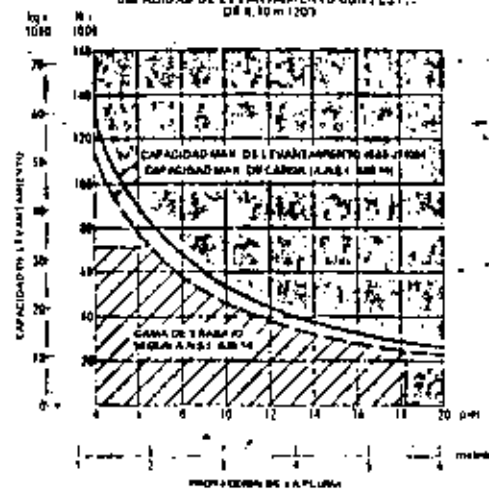
Turboalimentado. Sistema de combustible con cámaras de precombustión, bombas y válvulas de inyección individuales y libres de ajustes. Válvulas revestidas de estelita con asientos de acero de aleación.

Pistonas de aleación de aluminio, de sección ligeramente elíptica y perfil cónico, con tres anillos, enfriados por rocío de aceite. Cojinetes de aluminio con dorso de acero; muñones del cigüeñal endurecidos por Hi-Electro. Lubricación a presión con aceite totalmente filtrado y enfriado. Filtro de aire, de tipo seco, con expulsor de polvo automático.

Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios. Alternador de 35 amperios.



104



Equipos opcionales:
 Cable de acero de 19 mm (3/4") de diámetro y con protección a la pulea de 21 530 kg (47 800 lb)
 Cable de carga con polea de 5 puntos
 Cable de la pluma con polea de 5 puntos
 Peso de los contrapesos: 10 283 kg (22 670 lb)

Dimensiones

- (A) Ancho mínimo de embarque (sin los bastidores laterales) 3070 mm (10' 1")
- (B) Ancho de embarque (sin el bastidor izquierdo) 3430 mm (11' 3")
- (C) Ancho, con contrapesos retraídos 3660 mm (12' 0")
- (D) Ancho, con contrapesos extendidos 5160 mm (16' 11")
- (E) Altura, sin la pluma 3120 mm (10' 3")
- (F) Altura hasta el tope de los contrapesos 2790 mm (9' 2")
- Longitud total 5660 mm (18' 7")

Equipo tiendetubos

- Contrapesos ajustables, controlados hidráulicamente:
- Bastidor de los contrapesos 1450 kg (3200 lb)
- 13 segmentos de 600 kg (1330 lb) cada uno 7840 kg (17 290 lb)
- Bastidor de levantamiento de los contrapesos 700 kg (1540 lb)
- Cilindros hidráulicos, eslabones de levantamiento, tornillería y herrajes 290 kg (640 lb)
- Peso total extensible 10 280 kg (22 670 lb)**

Potencia directa: Potencia continua a los malacates del tiendetubos, independiente del convertidor de par.

Transmisión del malacate: De engranaje constante, construida por Caterpillar, 3 velocidades de levantamiento, 1 de descenso.

Tambores: De operación independiente o simultánea:

	Carga	Pluma
Diámetro del tambor	260 mm (10.25")	260 mm (10.25")
Diámetro de los frenos	560 mm (22")	560 mm (22")
Distancia entre las pestañas	358 mm (14")	178 mm (7")
Capacidad con cable de carga de 19 mm (75")	189 m (620')	78 m (255')

Velocidad del gancho (tambor desnudo):

	m/min	pie/min
Levantamiento:		
Primera	5.5	18.2
Segunda	11.0	36.2
Tercera	26.5	87.0
Descenso	11.9	39.0

Cable de carga con polea de cinco puntos; cable de carga con polea de seis puntos.

Embrague: De 290 mm (11.4") de diámetro con dos placas. De tipo fricción e independiente del embrague principal.

Frenos: De 560 mm x 127 mm (22" x 5"). Intercambiables entre los tambores de la pluma y del cable de carga, antirtrabantes y protegidos contra la intemperie.

Pluma: De sección en caja soldada. Longitud de 6100 mm (20').

Datos para servicio

	Litros	(Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	435	115
Sistema de enfriamiento	121	32
Control hidráulico de los contrapesos	37.9	10
Transmisión, embragues de dirección y frenos	117	31
Mandos finales (cada uno)	38	9.5
Cárter del motor diesel	33.1	8.75

Pesos (aproximados)

	kg	lb
Solo el chasis	24 050	53 000
Equipo tiendetubos con contrapesos	16 650	34 500
Peso de embarque	40 600	89 500

Los materiales y especificaciones están sujetos a cambio sin previo aviso.



CATERPILLAR

594H Tiendetubos

Características principales

- Potencia de 306 kW (410 hp) en el volante
- Capacidad de levantamiento de 90 700 kg (200.000 lb)
- Transmisión planetaria Power Shift
- Ruedas motrices con aro de segmentos empernables.
- Cadena sellada

105



Transmisión

Transmisión planetaria Power Shift con embragues en aceite de 530 mm (21") de diámetro y alta capacidad de par. Un sistema de modulación especial permite cambios sin restricciones de velocidad y sentido de marcha a plena carga.

Convertidor de par de una sola etapa con divisor de par de salida. Conectado a la transmisión por doble junta universal — construcción unitaria para facilitar el servicio.

Marcha	Velocidad de avance		Velocidad de retroceso	
	km/h	MPH	km/h	MPH
1	4,0	02,5	5,0	03,1
2	6,9	04,3	8,7	05,4
3	10,8	06,7	13,2	08,2



Dirección

Embragues de acción hidráulica y discos múltiples enfríos por aceite con 30 superficies de fricción en cada embrague. Frenos de banda conectados enfríos por aceite, y reforzados hidráulicamente.



Tren de rodaje

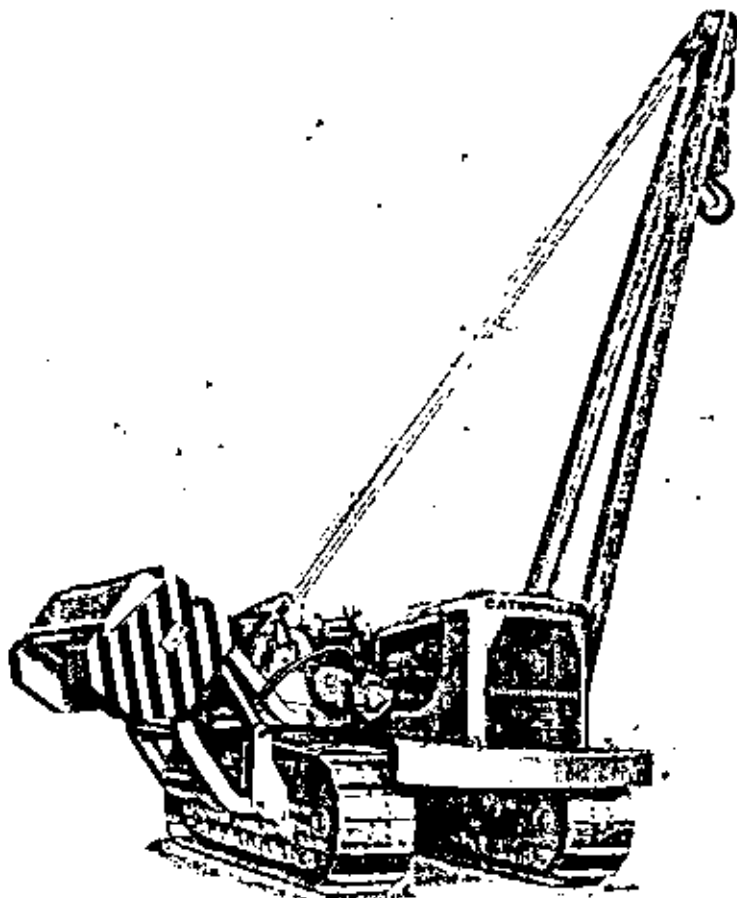
La cadena sellada prolonga la vida útil de pasadores y bujes, y reduce el desgaste en los eslabones y los rodillos. Rodillos inferiores, rodillos superiores, y ruedas guía de lubricación permanente. Las ruedas motrices tienen segmentos de aro empernables.

Número de rodillos inferiores (cada lado)	8
Entrevía de las cadenas	2540 mm (100")
Ancho de zapata estándar	860 mm (34")
Ancho optativo	1020 mm (40")
Longitud de la cadena sobre el suelo	3750 mm (147,75")
Superficie de contacto con el suelo (zapatas estándar)	6,48 m ² (10.050 pulg ²)
Espacio libre sobre el suelo desde la cara inferior de la zapata	630 mm (25")
Altura de la garrá desde la cara inferior de la zapata	87 mm (3,44")



Contrapesos

De control totalmente hidráulico. El montaje alto en el punto pivote del contrapeso proporciona excelente espacio libre lateral y debajo de la máquina. La disposición del montaje evita el corrimiento al retraerse. Ancho total mínimo para facilitar el manejo y el embarque.



Control de la pluma

Un trinquete de seguridad trava el tambor de la pluma. La trava evita que el tambor retroceda accidentalmente con el trinquete conectado. Un mecanismo de desconexión, de seguridad, evita que la pluma se doble.



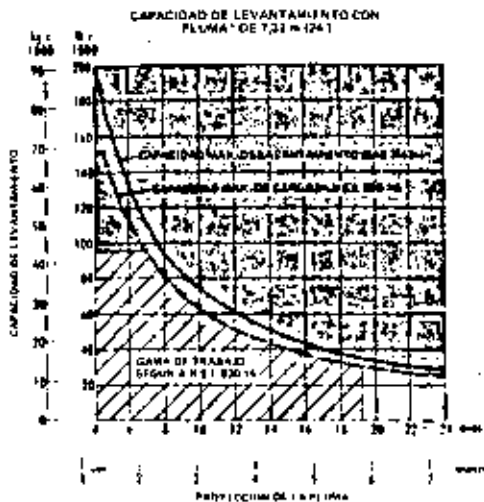
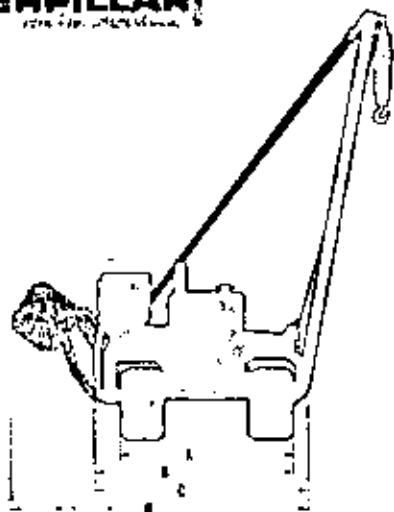
Motor Caterpillar

Potencia en el volante a 1375 RPM, . . . 306 kW (410 HP) (El kilovatio (kW) es la unidad de potencia del Sistema Internacional.)

Es la potencia neta en el volante del motor de la máquina cuando funciona en las condiciones estándar SAE, es decir a temperatura ambiente de 29°C (85°F) y presión de 99,5 kPa (29,38" Hg), y cuando se usa un combustible Diesel de 35 unidades API a 15,6°C (60°F). El equipo del motor de la máquina incluye ventilador, bombas de agua, lubricante y combustible. El motor mantiene la potencia indicada hasta una altitud de 2300 m (7500 pies).

Motor Diesel Caterpillar D353, de 4 tiempos y 6 cilindros de 150 mm (6,25") de calibre, 203 mm (8,0") de carrera y 24,2 litros (147,3 pulg³) de cilindrada.

Lubricado y potenciado. Sistema de combustible de cámaras de precombustión que no se obstruyen y bombas individuales, libres de ajuste. Válvulas revestidas de estelita con rotadores de válvulas y asientos de acero duro de aleación. Pistones de aleación de aluminio, de sección ligeramente elíptica y perfil cónico con tres anillos, enfríos por loción de aceite. Ambos anillos de compresión se apoyan sobre bandas de hierro fundidas. Lubricación totalmente filtrada y enfría. Filtro de aire, de tipo seco. Sistema de arranque eléctrico directo de 24 voltios. Alternador de 35 amperios.



Dimensiones



- (A) Ancho mínimo de embarque (sin los bastidores laterales) 3430 mm (11' 3")
- (B) Ancho de embarque (sin el bastidor izquierdo) 3760 mm (12' 4")
- (C) Ancho, con los contrapesos retraídos 4290 mm (14' 1")
- (D) Ancho, con los contrapesos extendidos 5800 mm (19' 25")
- (E) Altura, sin la pluma 3760 mm (12' 4")
- (F) Altura hasta el tope de los contrapesos 3070 mm (10' 75")
- Longitud total 5790 mm (19')

Equipo tiendetubos



- Contrapesos ajustables, controlados hidráulicamente.
- Bastidor de los contrapesos 1180 kg (2600 lb)
- 17 segmentos de 600 kg (1330 lb) cada uno 10 180 kg (22.440 lb)
- Bastidor de levantamiento de los contrapesos 910 kg (2000 lb)
- Cilindros hidráulicos, eslabones de levantamiento, tornillería y herrajes 290 kg (640 lb)
- Peso total extensible 12 560 kg (27 680 lb)

Datos para servicio



	Litros	(Gal. de E.U.A.)
Tanque de combustible	760	200
Sistema de engranamiento	155	41
Control hidráulico de los contrapesos	37,9	10
Sistema de lubricación:		
Cárter	42,6	11,25
Transmisión, embragues de dirección y frenos	129	34
Mandos finales (cada uno)	42,6	11,25

Potencia directa: Potencia continua a los malacates del tiendetubos, independiente del convertidor de par.

Transmisión del malacate: De engranaje constante, fabricada por Caterpillar. 3 velocidades de levantamiento, 1 de descenso.

Tambores: De operación independiente o simultánea.

	Carga	Pluma
Diámetro del tambor	260 mm (10.25")	260 mm (10.25")
Diámetro del freno	560 mm (22")	560 mm (22")
Distancia entre las pestañas	356 mm (14")	178 mm (7")
Capacidad con cable de carga de 19 mm (0.75")	189 m (620')	78 m (255')

	m/min	pies/min
Velocidad del gancho (tambor desnudo):		
Levantamiento:		
Primera	4,02	13,2
Segunda	9,0	26,1
Tercera	19,0	62,5
Descenso	8,6	28,1

Cable de la pluma con polea de cinco puntos; cable de carga con polea de ocho puntos.

Embrague: De 290 mm (11.4") de diámetro con dos placas. De tipo tracción e independiente del embrague principal.

Frenos: De 560 mm x 127 mm (22" x 5"). Intercambiables entre los tambores de la pluma y del cable de carga, autotrabantes y protegidos contra la intemperie.

Pluma: De sección en caja soldada. Longitud estándar: 7310 mm (24'). Oportiva: 8530 mm (28').

Pesos (aproximados)



	kg	lb
Sólo el chasis	35 100	77 300
Equipo tiendetubos con contrapesos	20 400	45 000
Peso de embarque	55 500	122 300

Los materiales y las especificaciones están sujetos a cambio sin previo aviso.

107

OBRA	HOJA
MAQUINA	COMPACTADOR
MARCA	CATERPILLAR
MODELO	815-B
	Nº SERIE

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion:	\$ 31'400,000	Fecha cotizacion:	Junio 1983
Equipo adicional:		Vida economica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
Valor inicial (Va):	\$ 31'400,000	Motor:	Diescl 3306 de 170 HP
Valor rescate (Vr):	10 % = \$ 3'140,000	Factor operacion:	0.8
Tasa interes (i):	65 %	Potencia operacion:	136 HP op
Primo seguros (s):	2 %	Coefficiente almacenaje (K):	0.01
		Factor mantenimiento (Q):	0.80

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$= \frac{31'400 - 3'140}{10,000}$	$= \$ 2,826.00/h.e.$
b) Inversion:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{(31'400 + 3'140) \cdot 0.65}{4,000}$	$= 5,612.75/h.e.$
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha}$	$= \frac{(31'400 + 3'140) \cdot 0.02}{4,000}$	$= 172.70/h.e.$
d) Almacenaje:	$A = KD$	$= 2,826.00 \times 0.01$	$= 28.26/h.e.$
e) Mantenimiento:	$M = QD$	$= 2,826.00 \times 0.80$	$= 2,260.80/h.e.$
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			$= \$ 10,900.51/h.e.$

II.- CONSUMOS.

a) Combustible:	$E = e P_e$		
Diesel:	$E = 0.20 \times 136$ HP. op. x \$ 14.00/lit.	$= \$ 380.80/h.e.$	
Gasolina:	$E = 0.24 \times$ HP. op. x \$ /lit.		
b) Otras fuentes de energia:			
c) Lubricantes:	$L = a P_e$		
Capacidad corte:	$C =$ litros		
Cambios aceite:	$I =$ horas		
$a = C/I + \frac{0.0035}{0.0030} \times$ HP. op.	$= 0.53$ lit/hr. (Manual CAT)	$106.00/h.e.$	
$\therefore L = 0.53$ lit/hr x \$ 200.00 /lit.			
d) Llantas:	$Li = \frac{YI}{Hv}$ (valor llantas)		
Vida economica:	$Hv =$ horas		
$\therefore Li =$ \$	horas		
SUMA CONSUMOS POR HORA			$= \$ 386.80/h.e.$

III.- OPERACION.

Salarios:	S		
operador:	\$ 1,500.00		
Sal/turno-prom:	\$		
Horas/turno-prom. (H):			
$H = 8$ horas x 0.75 (facto: rendimiento) = 6 horas			
\therefore Operacion = $O = \frac{S}{H} = \frac{1,500.00}{6}$ horas	$= \$ 250.00/h.e.$		
SUMA OPERACION POR HORA			$= \$ 250.00/h.e.$

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA

\$ 11,637.31/h.

OBRA _____
 MAQUINA CAMION VOLTEO
 MARCA FORD
 MODELO F-600 (6M3)

HOJA _____
 Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion: \$ 21300,000.00
 Equipo adicional menos llantas 150,000.00
 Valor inicial (Va): \$ 2150,000.00
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 215,000.00
 Tasa interes (i): 65 %
 Prima seguros (s): 2 %

Fecha cotizacion: Junio 1983
 Vida economica (Ve): 5 años
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Gasolina de 150 HP
 Factor operacion: 0.8
 Potencia operacion: 120 HP op
 Coeficiente almacenaje (K): 0.05
 Factor mantenimiento (Q): 1.00

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2150 - 215}{10,000} = \$ 193.50/h.e.$
 b) Inversion: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{(2150 + 215) \cdot 0.65}{4,000} = 384.31/h.e.$
 c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{(2150 + 215) \cdot 0.02}{4,000} = 11.82/h.e.$
 d) Almacenaje: $A = KD = 193.50 \cdot 0.05 = 5.80 /h.e.$
 e) Mantenimiento: $M = QD = 193.50 \cdot 1.00 = 193.50/h.e.$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 788.93/h.e.

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 120 \text{ HP op.} \times \$ \text{ /lt.} = \$$
 Gasolina: $E = 0.24 \times 120 \text{ HP op.} \times \$ 24.00 / \text{lt.} = 691.20/h.e.$
 b) Otras fuentes de energia: _____
 c) Lubrificantes $L = a P_c$
 Capacidad carter: $C = 7$ litros
 Cambios aceite: $f = 100$ horas
 $a = C/f + \left[\frac{0.0035}{0.0030} \times 120 \text{ HP op.} \right] = 0.49 \text{ lt/hr.} = 73.50/h.e.$
 $L = 0.49 \text{ lt/hr} \times \$ 150 / \text{lt.}$
 d) Llantas: $L_l = \frac{V_l (valor llantas)}{H_v (vida economica)}$
 Vida economica: $H_v = 2000$ horas
 $L_l = \frac{\$ 150,000}{2000 \text{ horas}} = 75.00/h.e.$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 859.70/h.e.

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: \$ 1,500.00
 Sal/ turno - prom: \$ _____
 Horas / turno - prom. (H)
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6 \text{ horas}$
 Operacion = $O = \frac{S}{H} = \frac{1,500.00}{6 \text{ horas}} = \$ 250.00$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 250.00/h.e.

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA \$ 1,878.63/h.e.

OBRERA _____ HOJA _____
 MAQUINA CARGADOR FRONTAL _____
 MARCA CATERPILLAR _____
 MODELO 955L _____ Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion: \$ 20'700,000.00
 Fecha cotizacion: Junio 1983
 Equipo adicional _____
 Vida economica (Ve): 5 años
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Diesel 3304 de 130 HP
 Valor inicial (Va): \$ 20'700,000.00
 Factor operacion: 0.80
 Valor rescate (Vr): 10% = \$ 2'070,000.00
 Potencia operacion: 104 HP op
 Tasa interes (i): 6.5%
 Coeficiente almacenaje (K): 0.01
 Primo seguros (s): 2%
 factor mantenimiento (Q): 0.80

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion: $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{20'700 - 2'070}{10,000.00} = \$ 2,277.00/h.e.$
 b) Inversion: $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{(20'700 + 2'070) 0.65}{2,000} = 3,700.12/h.e.$
 c) Seguros: $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} = \frac{(20'700 + 2'070) 0.02}{4,000} = 113.85/h.e.$
 d) Almacenaje: $A = KD = 2,277.00 \times 0.01 = 22.77/h.e.$
 e) Mantenimiento: $M = QD = 2,277.00 \times 0.80 = 1,821.60/h.e.$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 7,935.54/h.e.

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e Pc$
 Diesel: $E = 0.20 \times 130 \text{ HP op.} \times \$11.00 / \text{lt.} = \$ 364.00/h.e.$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP op.} \times \$ / \text{lt.}$
 b) Otras fuentes de energia: _____
 c) Lubricantes: $L = a Pc$
 Capacidad carter: $C = \text{litros}$
 Cambios aceite: $I = \text{horas}$
 $a = C/I + \frac{0.0035}{0.0030} \times \text{HP op} = 0.34 \text{ lt/hr. (manual Cat)} 68.00/h.e.$
 $\therefore L = 0.34 \text{ lt/hr} \times \$200.00 / \text{lt.}$
 d) Llantas: $LI = \frac{VII (\text{valor llantas})}{Hv (\text{vida economica})}$
 Vida economica: $Hv = \text{horas}$
 $\therefore LI = \$ \text{horas}$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 452.00/h.e.

III.- OPERACION.

Salarios: S
 operador: \$ 1,500.00
 Sal/lumo - prom: \$
 Horas / turno - prom: (H)
 Hr 8 horas $\times \frac{1}{1.75}$ (factor rendimiento) = 6 horas
 $\therefore \text{Operacion} = O = \frac{S}{H} = \frac{1,500.00}{6 \text{ horas}} = \$ 250.00$
SUMA OPERACION POR HORA \$ 250.00/h.e.

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA \$ 8,617.34/h.e.

OBRA _____	HOJA _____
MAQUINA <u>EMPUJADOR</u>	
MARCA <u>CATERPILLAR</u>	
MODELO <u>D-10</u>	Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion:	\$ 129'000,000.00	Fecha cotizacion:	Junio 1983
Equipo adicional:		Vida economica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
Valor inicial (Vo):	\$ 129'000,000.00	Motor: Diesel D 318	de 700 HP
Valor rescate (Vr):	10 % = \$ 12'900,000.00	Factor operacion:	0.80
Tasa interes (i):	65 %	Potencia operacion:	560 HP op
Primo seguros (s):	2 %	Coefficiente almacenaje (K):	0.01
		Factor mantenimiento (C):	0.80

I- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e}$	$= \frac{119'000 - 12'900}{10,000}$	= \$ 11,610.00/h.e.
b) Inversion:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{(129'000 + 12'900) 0.65}{2,000}$	23,058.75/h.e.
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{(129'000 + 12'900) 0.02}{4,000}$	709.50/h.e.
d) Almacenaje:	A = KD	$= 11,610.00 \times 0.01$	116.10/h.e.
e) Mantenimiento:	M = CD	$= 11,610.00 \times 0.80$	9,298.00/h.e.
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 44,782.35/h.e.

II- CONSUMOS.

a) Combustible:	E = e Pc		
Diesel:	E = 0.20 x 560 HP op.	x \$ 14.00 / H. = \$ 1,568.00/h.e.	
Gasolina:	E = 0.24 x _____ HP op.	= _____ / H. = _____	
b) Otras fuentes de energia:		= _____	
c) Lubricantes L = a Pa			
Capacidad Carter:	C = _____ litros		
Cambios aceite:	t = _____ horas		
a = C/t + $\begin{cases} 0.0035 \\ 0.0030 \end{cases}$	x _____ HP op =	L. 20 H/hr. (Manual CAT) 260.00/h.e.	
∴ L = 1.30 H/hr x	\$ 200.00 / H.		
d) Llantas:	Ll = $\frac{V_l}{H_v}$ (valor llantas)		
Hv (vida economica)			
Vida economica: Hv = _____ horas.			
∴ Ll = \$ _____	horas		
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 1,829.00/h.e.

III- OPERACION.

Salarios: S			
operador 1	\$ 2,500.00		
Sal/turno-prom:	\$ _____		
Horas/turno-prom. (H)			
H = B horas x 0.75 (factor rendimiento) =	6 horas		
∴ Operacion = O = $\frac{S}{H}$	= \$ 2,500.00	horas = \$ 416.66	
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 416.66/h.e.

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA \$ 16,973.01/h.e.

OBRA _____ HOJA _____
 MAQUINA EMPUJADOR
 MARCA CATERPILLAR
 MODELO D 9 II N° SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisición: \$ 78'250,000.00
 Equipo adicional _____

Fecha cotización: Junio 1983

Vida económica (Ve): 5 años

Horas por año (Ha): 2,000 hr/año

Motor: Diesel-12353 de 410 HP

Factor operación: 0.8

Valor inicial (Va): \$ 78'250,000.00

Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 7'825,000.00

Potencia operación: 328 HP op

Tasa interés (i): 65 %

Coefficiente almacenaje (K): 0.01

Prima seguros (s): 7 %

Factor mantenimiento: (Q): 0.80

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciación: $D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{78'250 - 7'825}{10,000} = \$ 7,042.50/h.e.$

b) Inversión: $I = \frac{V_a + V_r}{2 Ha} = \frac{(78'250 + 7'825)}{4,000} \cdot 0.65 =$

c) Seguros: $S = \frac{V_a + V_r}{2 Ha} = \frac{(78'250 + 7'825)}{4,000} \cdot 7 = 13,987.18/h.e.$

d) Almacenaje: $A = KD = 7,042.50 \times 0.01 = 70.42/h.e.$

e) Mantenimiento: $M = QD = 7,042.50 \times 0.80 = 5,634.00/h.e.$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 27,361.47/h.

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 328 \text{ HP op.} \times \$ 14.00/lt. = \$ 918.40/h.e.$

Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP op.} \times \$ /lt. =$

b) Otras fuentes de energía: _____

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad cárter: $C =$ _____ litros

Cambios aceite: $I =$ _____ horas

$a = \frac{C}{I} + \frac{0.0035}{0.0030} \times \text{HP op.} = 0.68 \text{ lt/hr. (Manual CAT)} = 135.00/h.e.$

$\therefore L = 0.68 \text{ lt/hr} \times \$ 200.00/lt.$

d) Llantas: $L_l = \frac{V_l}{H_v}$ (valor llantas)

H_v (vida económica)

Vida económica: $H_v =$ _____ horas

$\therefore L_l = \$$ _____ horas

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 1,051.40/h.e.

III.- OPERACION.

Salarios: \$ 2,500.00
 operador: _____

Sal/turno - prom. \$ _____

Horas/turno - prom. (H) _____

$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6 \text{ horas}$

$\therefore \text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{2,500.00}{6} = \$ 416.66$

SUMA OPERACION POR HORA \$ 416.66

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA:

\$ 28,635.53

OPRA _____	HOJA _____
MAQUINA EMPUJADOR	
MARCA <u>CATERPILLAR</u>	
MODELO <u>D-7G</u>	Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:	
Precio adquisicion: <u>\$ 35'000,000.00</u>	Fecha colocacion: <u>Junio 1983</u>
Equipo adicional: _____	Vida economica (Ve): <u>5</u> años
Valor inicial (Va): <u>\$ 35'000,000.00</u>	Horas por año (Ha): <u>2,000</u> hr/año
Valor rescate (Vr): <u>10</u> % = <u>\$ 3'500,000.00</u>	Motor: <u>Diesel 3300</u> de <u>≤ 2000</u> HP
Tasa interes (i): <u>65</u> %	Factor operacion: <u>0.80</u>
Prima seguros (s): <u>7</u> %	Potencia operacion: <u>160</u> HP op
	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.01</u>
	Factor mantenimiento (Q): <u>0.50</u>

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion:	$D = \frac{V_a - V_r}{V_e} = \frac{35'000 - 3'500}{10,000} = \$ 3,150.00/h.e.$
b) Inversion:	$I = \frac{V_a + V_r}{2 \cdot H_a} = \frac{(35'000 + 3'500) \cdot 0.65}{1,000} = 6,256.25/h.e.$
c) Seguros:	$S = \frac{V_a + V_r}{2 \cdot H_a} = \frac{(35'000 + 3'500) \cdot 0.02}{1,000} = 192.50/h.e.$
d) Almacenaje:	$A = K \cdot D = 0.01 \times 3,150.00 = 31.50/h.e.$
e) Mantenimiento:	$M = Q \cdot D = 0.80 \times 3,150.00 = 2,520.00/h.e.$
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA <u>\$ 12,150.25/h.</u>	

II.- CONSUMOS

a) Combustible:	$E = e \cdot P_c$
Diesel:	$E = 0.20 \times 160 \text{ HP op.} \times \$ 14.00/h. = \$ 448.00/h.e.$
Gasolina:	$E = 0.24 \times \text{HP op.} \times \$ \text{ / h.}$
b) Otras fuentes de energia:	_____
c) Lubricantes $L = a \cdot P_a$	
Capacidad carteri:	$C = \text{_____ litros}$
Cambios aceite:	$I = \text{_____ horas}$
$a = C/I = \frac{0.0035}{0.0030} \times \text{_____ HP op.} = 0.45 \text{ lt/hr. (Manual CAT)}$	
$L = 0.15 \text{ lt/hr} \times \$ 200. \text{ / h.} = 90.00/h.e.$	
d) Llantas: $L_l = \frac{V_l \cdot \text{valor llantas}}{H_v \text{ (vida economica)}}$	
Vida economica: $H_v = \text{_____ horas}$	
$L_l = \$ \text{_____ / h.}$	
SUMA CONSUMOS POR HORA <u>\$ 538.00/h.</u>	

III.- OPERACION

Salarios: S	
operador:	<u>\$ 2,000.00</u>
Sal/turno - prom.:	\$ _____
Horas / turno - prom. (H):	
$H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6 \text{ horas}$	
∴ Operacion = $O = \frac{S}{H} = \frac{2,000.00}{6} = \$ 333.33/h.e.$	
SUMA OPERACION POR HORA <u>\$ 333.33/h.</u>	

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 13,021.58/h.
-----------------------------------	------------------------

OBRA _____	HOJA _____
MAQUINA <u>EMPILAJOR</u>	
MARCA <u>CATERPILLAR</u>	
MODELO <u>D-8K</u>	Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion: <u>\$ 47'500,000.00</u>	Fecha colocacion: <u>Junio 1983</u>
Equipo adicional: _____	Vida economica (Ve): <u>5</u> años
	Horas por año (Ho): <u>2,000</u> hr/año
	Motor: <u>Diesel D-342</u> de <u>300</u> HP
Valor inicial (Va): <u>\$ 47'500,000.00</u>	Factor operacion: <u>0.8</u>
Valor rescate (Vr): <u>10</u> % = <u>\$ 4'750,000.00</u>	Potencia operacion: <u>240</u> HP op
Tasa interes (i): <u>65</u> %	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.01</u>
Prima seguros (s): <u>2</u> %	Factor mantenimiento (Q): <u>0.80</u>

I. CARGOS FIJOS

a) Depreciacion:	$D = \frac{Va - Vr}{Ve}$	$= \frac{47'500 - 4'750}{10,000}$	$= \$ 4,275.00/h.e.$
b) Inversion:	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ho}$	$= \frac{(47'500 + 4'750) \cdot 0.65}{2 \cdot 2000}$	$= 8,490.62/h.e.$
c) Seguros:	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ho}$	$= \frac{(47'500 + 4'750) \cdot 0.02}{2 \cdot 2000}$	$= 261.25/h.e.$
d) Almacenoja:	A: KQ	$= 4,275.00 \times 0.01$	$= 42.75/h.e.$
e) Mantenimiento:	M: QD	$= 4,275.00 \times 0.80$	$= 3,420.00/h.e.$
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA			\$ 16,489.62

II. CONSUMOS.

a) Combustible:	E = e Pc		
Diesel:	E = 0.20	$\times 240$ HP. op. $\times \$ 14.00$ /lt.	$= \$ 672.00/h.e.$
Gasolina:	E = 0.24	\times HP. op. \times \$ /lt.	
b) Otras fuentes de energia:			
c) Lubricantes: L = a Pa			
Capacidad carter:	C = _____ litros		
Cambios aceite:	1 = _____ horas		
	$a = \frac{C}{1} + \frac{0.0035}{0.0030}$	\times HP. op. = <u>0.57</u> lt/hr. (Manual CAT)	$114.00/h.e.$
	$\therefore L = 0.57$ lt/hr. \times \$ 200 /lt.		
d) Llantas:	$Li = \frac{V}{H}$ (valor llantas)		
	Hv (vida economica)		
Vida economica:	Hv = _____ horas		
	$\therefore Li = \$$ _____		
SUMA CONSUMOS POR HORA			\$ 786.00/h.e.

III. OPERACION.

Salarios + S operador:	<u>\$ 2,000.00</u>		
Sal/turno-prom:	\$ _____		
Horas/turno-prom. (H):			
H = B horas \times <u>0.75</u> (factor rendimiento) = <u>6</u> horas			
\therefore Operacion = $O = \frac{S}{H}$ = $\frac{2,000.00}{6}$ horas			$= \$ 333.33/h.e.$
SUMA OPERACION POR HORA			\$ 333.33/h.e.

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA **\$ 17,608.95/h.e.**

OBRA _____	HOJA _____
MAQUINA <u>MOTOESCREPA</u>	
MARCA <u>CATERPILLAR</u>	
MODELO <u>621 B (20 hd3. = 15 M3.)</u>	Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Prezo adquisicion:	\$ 44'600,000.00	Fecha cotizacion:	Junio 1983
Equipo adicional:	2'200,000.00	Vida economica (Ve):	5 años
		Horas por año (Ha):	2,000 hr/año
		Motor: Diesel 3406	de 330 HP
Valor inicial (Vo):	\$ 42'400,000.00	Factor operacion:	0.8
Valor rescate (Vr):	10 % * \$ 4'240,000.00	Potencia operacion:	264 HP op
Tasa interes (i):	65 %	Coefficiente almacenaje (K):	0.01
Prima seguros (s):	2 %	Factor mantenimiento (Q):	0.80

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion:	$D = \frac{V_o - V_r}{V_e}$	$= \frac{42'400 - 4'240}{10,000}$	* \$	3,816.00/h.e.
b) Inversion:	$I = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{(42'400 + 4'240) \cdot 0.65}{4,000}$		7,579.00/h.e.
c) Seguros:	$S = \frac{V_o + V_r}{2 Ha}$	$= \frac{(42'400 + 4'240) \cdot 0.02}{4,000}$		233.20/h.e.
d) Almacenaje:	A = KD	$= \frac{3,816.00 \cdot 0.01}{1}$		38.16/h.e.
e) Mantenimiento:	M = QD	$= \frac{3,816.00 \cdot 0.80}{1}$		3,052.80/h.e.
SUMA CARGOS FIJOS POR HORA				\$ 14,719.16/h.e.

II.- CONSUMOS.

a) Combustible:	E = e Pc			
Diesel:	E = 0.20 * 264 HP. op.	= \$ 14.00 / lt.	= \$ 739.20/h.e.	
Gasolina:	E = 0.24 * _____ HP. op.	= \$ _____ / lt.	= _____	
b) Otras fuentes de energia:				
c) Lubricantes:	L = a Pe			
Capacidad Carter:	Cc _____ litros			
Cambios aceite:	f = _____ horas			
a = C/f + $\frac{0.0035}{0.0030}$				
L = 0.35 lt/hr * \$ 200 / lt.			70.00/h.e. (Manual CAT)	
d) Litos:	LI = $\frac{V_{II}}{H_v}$ (valor litos)			
Vida economica:	Hv = _____ horas			
LI = $\frac{2'200,000}{3,000}$			733.33/h.e.	
SUMA CONSUMOS POR HORA				\$ 1,542.53/h

III.- OPERACION.

Salarios: S				
operador:	\$ 2,000.00			
Sal/turno - prom:	\$ _____			
Horas / turno - prom. (H)				
H = 8 horas * 0.75 (factor rendimiento) =	6 horas			
Operacion = O = $\frac{S}{H}$	= $\frac{2,000.00}{6}$		= \$ 333.33	
SUMA OPERACION POR HORA				\$ 333.33

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 16,595.02
-----------------------------------	---------------------

OBRA _____ HOJA _____
 MAQUINA MOTOCONFORMADORA
 MARCA CATERPILLAR
 MODELO 120-B Nº SERIE _____

DATOS GENERALES:

Precio adquisicion: \$ 14'500,000 Fecha cotizacion: Junio 1983
 Equipo adicional: Menos llantas 1'200,000 Vida economica (Ve): 5 años
 Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 Motor: Diesel 3306 de 125 HP
 Valor inicial (Va): \$ 13'300,000 Factor operacion: 0.80
 Valor rescate (Vr): 10 % = \$ 1'330,000 Potencia operacion: 100 HP op
 Tasa interes (i): 65 % Coeficiente almacenaje (K): 0.01
 Prima seguros (s): 2 % Factor mantenimiento (Q): 0.80

I.- CARGOS FIJOS

a) Depreciacion: $D = \frac{V_a - V_r}{V_a} = \frac{13'300 - 1'330}{10,000} = \$ 1,197.00/h.e.$
 b) Inversion: $I = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} = \frac{(13'300 + 1'330) 0.65}{4,000} = 2,377.37/h.e.$
 c) Seguros: $S = \frac{V_a + V_r}{2 H_a} = \frac{(13'300 + 1'330) 0.02}{4,000} = 73.15/h.e.$
 d) Almacenaje: $A = KD = 1,197.00 \times 0.01 = 11.97/h.e.$
 e) Mantenimiento: $M = QD = 1,197.00 \times 0.80 = 957.60/h.e.$
 SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 4,617.09/h.e.

II.- CONSUMOS.

a) Combustible: $E = a P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 100 \text{ HP op.} \times \$14.00 / \text{lt.} = \$ 280.00/h.e.$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP op.} \times \$ / \text{lt.} =$
 b) Otras fuentes de energia: _____
 c) Lubricantes $L = a P_e$
 Capacidad carter: $C =$ litros
 Cambios aceite: $f =$ horas
 $a = C/f + \begin{matrix} 0.0035 \\ 0.0030 \end{matrix} \times \text{HP op.} = 0.28 \text{ lt/hr. (Manual CAT)} = 56.00/h.e.$
 $\therefore L = 0.28 \text{ lt/hr} \times \$200.00 / \text{lt.}$
 d) Llantas: $L_l = \frac{V_l}{H_v}$ (valor llantas)
 H_v (vida economica)
 Vida economica: $H_v = 3,000$ horas
 $\therefore L_l = \frac{1'200,000}{3,000} = 400.00/h.e.$
 SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 736.00/h.e.

III.- OPERACION.

Salarios: S 1,500.00
 operador: \$ _____
 Sal/turno - prom. \$ _____
 Horas / turno - prom. (H) _____
 $H = 8 \text{ horas} \times 0.75 \text{ (factor rendimiento)} = 6 \text{ horas}$
 $\therefore \text{Operacion} = O = \frac{S}{H} = \frac{1,500.00}{6} = \$ 250.00/h.e.$
 SUMA OPERACION POR HORA \$ 250.00/h.e.

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA

\$ 5,603.09/h.e.

COMPARACION DE COSTOS DE MANEJO DE MATERIAL
CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS CON DIFEREN-
TES EMPUJADORES.

DISTANCIA DE ACARREO 60 MTS. HOJA RECTA(S)

Producción teórica graficada por CAT.

D7G	240 M3/hora.
D8K	325 M3/hora.
D9H	525 M3/hora.
D10	850 M3/hora.

Factores de corrección:

Operador bueno	0.75
Material extraído con cilindro de incli- nación lateral.	0.80
Eficiencia 50 min/hora.	0.84
Pendiente favorable 10%	1.15

Producto de los factores de corrección (0.75 x 0.80 x 0.84 x 1.15)
= 0.579

Producciones reales:

D7G	240 x 0.579 = 139 M3/h.
D8K	325 x 0.579 = 188 M3/h.
D9H	525 x 0.579 = 304 M3/h.
D10	850 x 0.579 = 492 M3/h.

COSTOS.-	D7G	\$ 13,021.58/ 139 = \$ 93.68/m3.
	D8K	\$ 17,608.95/ 188 = \$ 93.66/m3.
	D9H	\$ 28,635.53/ 304 = \$ 94.19/m3.
	D10	\$ 46,973.01/ 492 = \$ 95.47/m3.

COMPARACION DE COSTO POR CABALLO DE FUERZA.

$$D7G \quad \$ \frac{35'000,000}{200 \text{ H.P.}} = \$ 175,000/\text{H.P.}$$

$$D8K \quad \$ \frac{47'500,000}{300 \text{ H.P.}} = \$ 158,333/\text{H.P.}$$

$$D9H \quad \$ \frac{78'250,000}{410 \text{ H.P.}} = \$ 190,853/\text{H.P.}$$

$$D10 \quad \$ \frac{129'000,000}{700 \text{ H.P.}} = \$ 184,285/\text{H.P.}$$

Formación de bordos o terraplenes semicompactados con material producto de banco de préstamo, hecho con motoescrépa.

ESPECIFICACIONES.- El precio unitario estipulado para este concepto, comprende las operaciones necesarias para formar los terraplenes en obras de caminos, aeropistas, ferrocarriles, sistemas de riego y en otras obras similares donde pueda ejecutarse el trabajo con motoescrapas y sea suficiente una semicompactación en el paso del equipo.

Estas operaciones consistirán en desprender, llevar hasta su sitio y tender este material en el terreno donde se colocarán los bordos por medio de motoescrépa. Comprenderán además, la semicompactación de este material, colocado en capas de espesor no mayor de 30 cms., con el tránsito de la motoescrépa.

EQUIPO.

Motoescrépa Cat. Modelo 621-B..... \$ 16,595.02/h.e.
Tractor D-8K \$ 17,508.95/h.e.

Cargo por tractor, considerando para poder establecer comparativos de precios, un número ilimitado de motoescrapas. De no ser así en un caso real, el cargo deberá prorratearse entre el número de motoescrapas operando en la obra.

$$\frac{\$ 16,595.02 \times \text{tiempo de carga (1.5 min)}}{60 \text{ Min./hora.}} = \$ 414.87/\text{máquina}$$

$$\frac{\$ 415.87/\text{máquina}}{15 \text{ M}^3. \text{ capacidad}} \times 0.9 = \$ 17.65/\text{m}^3. \quad \$ 30.73$$

TABLA DE COSTOS.

DISTANCIA DE ACARREO	CARGO POR TRACTOR	CARGO POR MOTOESCREPA \$17,608.95 Producción/horaria.	COSTO TOTAL
100	\$ 30.63/m ³ .	\$ 53.36/m ³ .	\$ 84.09/m ³ .
200	30.73/m ³ .	\$ 63.11/m ³ .	\$ 93.84/m ³ .
300	30.73/m ³ .	\$ 72.76/m ³ .	\$ 103.49/m ³ .
400	30.73/m ³ .	\$ 82.67/m ³ .	\$ 113.40/m ³ .
500	30.73/m ³ .	\$ 92.67/m ³ .	\$ 123.10/m ³ .
600	30.73/m ³ .	\$ 102.37/m ³ .	\$ 133.10/m ³ .
700	30.73/m ³ .	\$ 112.15/m ³ .	\$ 142.88/m ³ .
800	30.73/m ³ .	\$ 122.28/m ³ .	\$ 153.01/m ³ .
900	30.73/m ³ .	\$ 132.39/m ³ .	\$ 163.12/m ³ .

1000	\$ 30.73/m ³ .	\$ 142.00/m ³ .	\$ 172.73/m ³ .
1100	30.73/m ³ .	\$ 151.80/m ³ .	\$ 182.53/m ³ .
1200	30.73/m ³ .	\$ 161.55/m ³ .	\$ 192.28/m ³ .
1300	30.73/m ³ .	\$ 170.96/m ³ .	\$ 201.69/m ³ .
1400	30.73/m ³ .	\$ 181.53/m ³ .	\$ 212.26/m ³ .
1500	30.73/m ³ .	\$ 191.40/m ³ .	\$ 222.13/m ³ .

CONCEPTO. Formación de bordos o terraplenes semicompactados, - con material producto de bancos de préstamo, transportado en - camión de volteo, con acarreo no mayor de 1.0 (un) Km.

ESPECIFICACIONES.- El precio unitario estipulado para este con- cepto, comprende las operaciones necesarias para formar los te- rraplenes de cualquier tipo de obra, donde deban por su distan- cia ser acarreados en camiones de volteo y su compactación sea suficiente con el paso del equipo.

Estas operaciones consistirán, en la excavación del material, - su carga a los camiones y transporte, el depósito y tendido -- de este material sobre el terreno en que se colocarán los bor- dos, o sobre la corona del terraplén que se construyó con el - material disponible; la semicompactación del material, coloca- do en capas de espesor no mayor que 30 cm., con el tránsito -- del equipo de transporte y del tractor.

EQUIPO.

Cargador frontal 955L (2.25 Yd ³ .) (1.70 M ³ .) ...	\$ 5,617.34/h.e.
Tractor D-8	\$ 17,608.95/h.e.
Camión Ford F-600 de volteo de 6 M ³ .(operando)..	\$ 1,878.63/h.e.

Para efectos de comparación de precios supondremos

- Que los tractores tienen suficiente volumen para estar plena- mente ocupados.
- Que el volumen por cargar y acarrear también hace que el car- gador y camiones no tengan tiempos muertos.

Rendimiento de tractor aflojando el banco de préstamo.

Distancia 60 mts. hoja recta(s).

Producción teórica 425 m³/hora.

Factores de corrección:

Operador bueno .. 0.75 ..

Materia.- Sacado con cilindro de inclinación lateral. 0.80

Eficiencia 50 min./hora. 0.84

Pendiente favorable 15% 1.18

Producción real:

$$= 425 \times 0.75 \times 0.80 \times 0.84 \times 1.18 = 252 \text{ M}^3/\text{hora sueltos.}$$

Producción medida en el terraplén = $252 \times 0.9 = 227 \text{ M}^3/\text{hora}$

Rendimiento de tractor esparciendo el material que amontonan los camiones de volteo en el terraplén.

Distancia 40 mts. hoja recta(s).

Producción teórica 500 m³/hora.

Factores de corrección.

Operador bueno 0.75

Material suelto y amontonado. 1.20

Eficiencia 50 min/hora. 0.84

Trabajo a nivel. 1.00

Producción real:

$$= 500 \times 0.75 \times 1.20 \times 0.84 \times 1.00 = 378 \text{ m}^3/\text{hora sueltos.}$$

Producción medida en el terraplén = $378 \times 0.9 = 340 \text{ M}^3/\text{hora.}$

Cálculo del volumen horario del cargador y del tiempo de carga de camión de 6 m³. = 5.4 m³. medidos en terraplén.

Factor de llenado del cucharón del cargador 0.9

Capacidad real 1.70 m³. x 0.9 = 1.53 m³.

Tiempo de carga diversos tamaños de partículas 0.05 min.

Tiempo de maniobras 0.22 min.

Tiempo de tránsito. 0.00 min.

Tiempo de descarga camión volteo. 0.06 min.

0.33 min.

$$\text{No. de ciclos por hora} = \frac{60}{0.33} = 181$$

Producción = 181 ciclos/hora x 1.53 M³ = 277 m³/hora.

Medido en terraplén = $277 \times 0.9 = 249 \text{ m}^3/\text{hora.}$

$$\text{Tiempo de carga del camión} = \frac{5.40 \times 0.33}{2.53} = 1.16 \text{ min.}$$

Tiempo de descarga. 0.34 min.

Total. 2.50 min.

Cargo por tractor aflojando material

$$\frac{\$ 17,608.95/\text{h.e.}}{227 \text{ m}^3/\text{hora.}} = \$ 77.57/\text{m}^3.$$

Cargo por tractor esparciendo material

$$\frac{\$ 17,608.95/\text{h.e.}}{340 \text{ M}^3/\text{hora.}} = \$ 51.79/\text{m}^3.$$

Cargo por cargador frontal

$$\frac{\$ 8,617.34/\text{h.e.}}{249 \text{ m}^3/\text{hora.}} = \$ 34.60/\text{m}^3.$$

$$\$ 163.96/\text{m}^3.$$

T A B L A D E C O S T O S .

DISTANCIA ACARREO.	CARGO POR TRACTORES Y CARGADOR	CARGO POR CAMION \$1,878.63/PROD. HORARIA	COSTO TOTAL
100	\$ 163.96/m ³ .	\$ 10.43/m ³ .	\$ 174.39/m ³ .
200	163.96/m ³ .	12.20/m ³ .	176.16/m ³ .
300	163.96/m ³ .	13.90/m ³ .	177.86/m ³ .
400	163.96/m ³ .	15.65/m ³ .	179.61/m ³ .
500	163.96/m ³ .	17.40/m ³ .	181.36/m ³ .
600	163.96/m ³ .	19.16/m ³ .	183.12/m ³ .
700	163.96/m ³ .	20.97/m ³ .	184.85/m ³ .
800	163.96/m ³ .	22.63/m ³ .	186.59/m ³ .
900	163.96/m ³ .	24.40/m ³ .	188.36/m ³ .
1000	163.96/m ³ .	36.09/m ³ .	190.05/m ³ .
1100	163.96/m ³ .	28.04/m ³ .	192.00/m ³ .
1200	163.96/m ³ .	29.82/m ³ .	193.75/m ³ .
1300	163.96/m ³ .	31.31/m ³ .	195.27/m ³ .
1400	163.96/m ³ .	33.54/m ³ .	197.50/m ³ .
1500	163.96/m ³ .	34.78/m ³ .	198.74/m ³ .

" CAMION VOLTEO "

T A B L A D E T I E M P O S .

DISTANCIA DE ACARREO	TIEMPOS FIJOS DE CARGA Y DESCARGA	TIEMPO DE IDA CARGADO 30 K/H DISTANCIA X 60	TIEMPO REGRESO VACIO 60 Km/h DISTANCIA X 60	TIEMPO DEL CICLO	PRODUCCION HORARIA DE MATERIAL COMPACTADO 5.40 M3. X 60
		30	60		TIEMPO DEL CICLO
100	1.5 min.	0.20 min.	0.10 min.	1.80 min.	180 m3/hora.
200	1.5 min.	0.40 min.	0.20 min.	2.10 min.	154 m3/hora.
300	1.5 min.	0.60 min.	0.30 min.	2.40 min.	235 m3/hora.
400	1.5 min.	0.80 min.	0.40 min.	2.70 min.	120 m3/hora.
500	1.5 min.	1.00 min.	0.50 min.	3.00 min.	108 m3/hora.
600	1.5 min.	1.20 min.	0.60 min.	3.30 min.	98 m3/hora.
700	1.5 min.	1.40 min.	0.70 min.	3.60 min.	90 m3/hora.
800	1.5 min.	1.60 min.	0.80 min.	3.90 min.	83 m3/hora.
900	1.5 min.	1.80 min.	0.90 min.	4.20 min.	77 m3/hora.
1000	1.5 min.	2.00 min.	1.00 min.	4.50 min.	72 m3/hora.
1100	1.5 min.	2.20 min.	1.10 min.	4.80 min.	67 m3/hora.
1200	1.5 min.	2.40 min.	1.20 min.	5.10 min.	63 m3/hora.
1300	1.5 min.	2.60 min.	1.30 min.	5.40 min.	60 m3/hora.
1400	1.5 min.	2.80 min.	1.40 min.	5.70 min.	56 m3/hora.
1500	1.5 min.	3.00 min.	1.50 min.	6.00 min.	54 m3/hora.

"MOTOESCK ."

T A B L A D E T I E M P O S .

DISTANCIA DE ACARREO.	TIEMPOS FIJOS - CARGA Y DESCARGA	TIEMPO VIAJE	TIEMPO VIAJE	TIEMPO CICLO	PRODUCCION HORARIA
		CARGADA (20km/h) DISTANCIA X 60	VACIA (40 Km/h) DISTANCIA X 60		MATERIAL COMPACTO- CAPACIDAD CAJA X - 0.9 X 60.
		20	40		TIEMPO CICLO.
100 M.	2.0 min.	0.30 min.	0.15 min.	2.45 min.	330 m ³ /hora.
200 M.	2.0 min.	0.60 min.	0.30 min.	2.90 min.	279 m ³ /hora.
300 M.	2.0 min.	0.90 min.	0.45 min.	3.35 min.	242 m ³ /hora.
400 M.	2.0 min.	1.20 min.	0.60 min.	3.80 min.	213 m ³ /hora.
500 M.	2.0 min.	1.50 min.	0.75 min.	4.25 min.	190 m ³ /hora.
600 M.	2.0 min.	1.80 min.	0.90 min.	4.70 min.	172 m ³ /hora.
700 M.	2.0 min.	2.10 min.	1.05 min.	5.15 min.	157 m ³ /hora.
800 M.	2.0 min.	2.40 min.	1.20 min.	5.60 min.	144 m ³ /hora.
900 M.	2.0 min.	2.70 min.	1.25 min.	6.05 min.	133 m ³ /hora.
1000 M.	2.0 min.	3.00 min.	1.50 min.	6.50 min.	124 m ³ /hora.
1100 M.	2.0 min.	3.30 min.	1.65 min.	6.95 min.	116 m ³ /hora.
1200 M.	2.0 min.	2.50 min.	1.80 min.	7.40 min.	109 m ³ /hora.
1300 M.	2.0 min.	3.90 min.	1.95 min.	7.84 min.	103 m ³ /hora.
1400 M.	2.0 min.	4.20 min.	2.10 min.	8.30 min.	97 m ³ /hora.
1500 M.	2.0 min.	4.50 min.	2.25 min.	8.75 min.	92 m ³ /hora.

Es de gran tamaño y de líneas diferentes a las usuales a fin de crear una nueva configuración del valor, pero antes de alcanzar tal nivel, el Tractor D-10 pasó por miles de horas de estudios y pruebas, por ejemplo, para hallar la resistencia de las nuevas piezas del tren de rodaje, uno de los tractores experimentales, trabajó por largo tiempo en una charca de cieno arenoso, otro batió con la hoja unas rocas muy duras para medir la resistencia de las nuevas piezas del tren de rodaje, uno de los tractores experimentales, trabajó por largo tiempo en una charca de cieno arenoso, otro batió con la hoja unas rocas muy duras para medir la resistencia de las puntas a la acción de desgaste y a los impactos, fué una prueba tan severa, que derritió el acero. Se causó la inclinación lateral de una máquina de prueba a fin de confirmar su lubricación constante y estabilidad, a otra se le hizo dar vuelcos cuesta abajo, para asegurarse de la protección de la cabina, se efectuaron muchas otras pruebas, pero los modelos guías de producción que veremos ahora, fueron sometidos a las pruebas más demoledoras, el primer piloto de producción D-10 en la línea de montaje, están instalando la transmisión y la corona cada componente es un módulo comprobado, completo e independiente fácil de instalar y desmontar si es necesario, luego viene el mando final, el embrague y el freno de dirección, son también módulos independientes, puede sacarse el mando final por separado o los tres componentes juntos, el rayador inclinable facilita la instalación del motor V12K de doble turbo alimentador y es muy útil además para suministrar servicio a los sistemas de enfriamiento de doble núcleo. El tren de rodaje con suspensión elástica antes de instalarlo, los rodillos y ruedas guías de lubricación permanente penden de placas que oscilan en el bastidor de rodillos, después veremos esto en acción, el sistema de placas de suspensión asegura buen reparto de carga entre los rodillos, las ruedas guías y las almohadillas de cuacho como reduce las cargas de choque a una fracción de lo usual, se utilizan piezas del tamaño requerido.

Un carril sellado y lubricado, se instala en la rueda motriz, como las dos van a más altura sobre el bastidor de rodillos, dura más el tren de fuerza y puede haber una línea central común entre los mandos finales, embragues de dirección y frenos.

El primer D-10 emerge en la industria pesada de movimiento de tierras, este y muchos otros se someterán a nuevas pruebas en obras de los clientes para aceptarse o desecharse, y ahora Caterpillar presenta, la nueva configuración del valor, la prueba más dura para un tractor, es el desgarramiento de roca, destinado a la construcción de una carretera, este tractor piloto D-10 se eligió para desgarrar rocas calizas arenosas de gran dureza-excluyeron la voladura, a causa de un túnel cercano del ferrocarril y un D-9H tuvo dificultades con esta dura capa metamórfica pero no el D-10, la capacidad para desgarrar, depende en parte del peso, potencia y fuerza de tracción de 86,000 Kgs: con equipo, 700 HP. en el volante y un tren de rodaje el que mayor área de las cadenas toca el suelo, fué fácil para el D-10 fragmentar tan duras rocas, adviertan que debido a la suspensión se flexionan las cadenas, los rodillos hacen mejor contacto en los rieles, mayor área de las cadenas toca el suelo y es mejor la tracción, estabilidad y marcha, además la elevación de las ruedas motrices resguarda el tren de fuerza de las cargas del choque del suelo, de los impactos de la hoja o el desgarrador y de las cargas de torsión en el bastidor, mientras tanto, otro D-10 desgarraba y retiraba el material de la sobrecapa en una mina de uranio, a veces las rocas eran tan duras, que otro tractor de la categoría del D-10 en tamaño tenía serias dificultades. El Vicepresidente Charles Jamilton Jr., lo expone así, una tarde hicimos competir a un D-10 con otro tractor de especificaciones comparables, decidimos que el D-10 era algo más potente en casi todos tiraba de dos desgarradores, mientras que el otro a menudo, sólo podía trabajar con uno aunque ambos desgarraban a profundidad similar, como puede verse, el D-10 tiene gran espacio libre sobre el suelo, no obstante su tamaño es realmente maniobrable por lo menos tan maniobrable como un D-9H, aunque tiene más peso y más potencia que un D-9H sólo es ligeramente más largo, el exclusivo tirante estabilizador, mejora la maniobrabilidad, el equilibrio y el control pues mantiene unos 70 cms. más cerca la hoja recta de 12,700 kgs., con dicho tirante, los cilindros de levantamiento de la hoja, hacen más presión vertical hacia abajo para mayor rendimiento al excavar, mejora también el control de las cargas en los cortes laterales de los bancos ó al extra-

er piedras grandes, el empuje de traillas durante la carga de tractores traillas 651K en una mina de uranio, fué otra labor asignada a un D-10 piloto, este D-10 un modelo de entrevía an-gosta, estaba equipado con hoja amortiguadora 10-C en la misma obra dos tractores D9-H en Tandem, empujaban dos traillas de 24,4 m³. a ras con material arenoso un sólo D-10 probó ser más eficiente que dos D9, por lo siguiente, primero, con un sólo tractor empujador no se perdía tiempo en alinearlos con la trailla, segundo, el operador del D-10, veía mejor el interior de la caja, tercero, se empleaba sólo un tractor y el operador en vez de dos, el factor decisivo del valor real en toda máquina, es su productividad, en una mina de carbón a cielo abierto, se comparó el D-10 con el D9-H en la tarea de recoger montones de desechos en una cuesta del 15%, un grupo de analistas en producción de Caterpillar, trabajaron con los Ingenieros de la Mina el personal fijó los puntos de referencia y registró las elevaciones.

El pozo de cada máquina tenía un ancho de tres hojas y 46 metros de longitud, comienza el estudio, ambos tenían hoja en U, la altura y el ancho de las hojas, era de 1,80 por 4,80 mts. la del D-9 y de 2.14 por 6.05 mts. la hoja del D-10, era un material excelente para comparar el rendimiento, arena arcillosa húmeda bien consolidada y sobre todo de consistencia uniforme, el estudio duró mas de una hora la cuesta empinada tuvo importancia en el estudio sobre todo en el regreso, las cuestas influyen en la tracción estabilidad y eficiencia en el tren de fuerza o sea en el rendimiento, debido a las condiciones de marcha, el operador del D9H, decidió regresar en segunda velocidad como el operador del D-10 lo hizo en tercera ya no varió segundo por ciclo, al finalizar el estudio, los ingenieros de la mina midieron y registraron los volúmenes excavados, gracias a la cuesta favorable cada tractor tuvo buen rendimiento, en total el D9H movió 582 M³. en banco en 60 minutos por hora y el D-10 movió 1,018 m³. en banco o sea 75% más, en otras palabras el D-10 produjo tanto como el D9 más 3/4 de otro, uno de los trabajos más duros que efectuó con la hoja el D-10 fué en otra mina de carbón a cielo abierto donde extrajo la sobrecapa de la roca de voladura, fué un triunfo de la potencia, fuerza bruta y flexibilidad-

del tren de rodaje del D-10.

Sin duda alguna, tenemos ante nosotros un nuevo nivel de productividad, una nueva magnitud en fuerza de tracción, un nuevo estándar de durabilidad, en breve, una nueva forma de valor para trabajos pesados de movimientos de tierras.



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

MÓVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

T R A C T O R E S

Ing. Carlos Chávarri Maldonado

JUNIO, 1984

TRACTORES Y ARADOS

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

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

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

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

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

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

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

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

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

DESCRIPCION, -

Existen dos tipos de tractores:

Los de ruedas.

Los de orugas o carriles.

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

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

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

ra, presión barométrica y revoluciones por minuto.

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

En las tablas de las páginas números 3 y 6 se indican las especificaciones de los tractores de carriles marca Caterpillar. En estas tablas tenemos señaladas las potencias de algunas máquinas, sus dimensiones geométricas, su paso y características de los motores.

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

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

BALANCE AÑO DOS - (Inicio)

ACTIVO		PASIVO Y CAPITAL	
<u>Activo Circulante</u>			
Reserva Depr.	2'226		
Invers.	<u>147</u>		
Suma Activo Circulante	2'373		
<u>Activo Fijo</u>		<u>Capital</u>	
Valor rem.	<u>10'374</u>	Cap. social	12'600
		Utilidad neta	<u>147</u>
Suma Activo	12'747	Suma Pasivo y Capital	12'747

$$2'485 \times -1'590 = (371 + 130 + 170)X = 3'132 \quad ; \quad X = 1,496$$

BALANCE AÑO UNO (Final)

ACTIVO		PASIVO Y CAPITAL	
<u>Activo Circulante</u>			
Pago RD	2'775		
Interés RD	750		
Pago I	943		
Intereses I	<u>254</u>		
Suma Activo Circulante	4'722		
<u>Activo Fijo</u>		<u>Capital</u>	
Va	9'000	Capital social	9'000
RD	<u>1'590</u>	Utilidad	<u>3'132</u>
Suma Activo Fijo	7'410		
Suma Activo	12'132	Suma Pasivo y Capital	12'132

IMPORTANTE:

Tasa de inflación 40% anual
 Rendimiento cap.aparente 54% anual
 Rendimiento neto real 10% anual

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo	D09G	09G	D8H	D7F	D6C	D6C (A.E.)	D5 50" (tracha) 74"	D5 (A.E.)	D4D	D4D (A.E.)
Potencia en el volante, en hp ...	770	385	270	180	125	125	93	90*	65	68*
RPM indicadas	1330	1330	1280	2000	1900	2000	1750	1900	1680†	2000
Peso aprox. S-T lb ...	176,500	66,000	50,000	31,900	23,500		18,700	19,100	13,700	
embalque (kg) ...	(80,100)	(30,000)	(22,700)	(14,500)	(10,700)		(8,500)	(8,700)	(6,200)	
Peso: TD lb ...			49,000	31,300	23,000	26,100	18,100	18,500	20,400	13,100
(kg) ...			(22,200)	(14,200)	(10,400)	(11,800)	(8,200)	(8,400)	(9,300)	(5,900)
Dimensiones Generales:										
Largo total pies ...	42'6"	18'0"	17'0"	14'8"	13'0"	13'	12'9"	12'9"	11'1"	11'0"
(mm) ...	(12000)	(5500)	(5200)	(4450)	(3950)	(3950)	(3900)	(3900)	(3400)	(3350)
Ancho (zapatas Sid J) pies ...	10'9"	9'11 1/2"	8'11"	8'5"	7'9"	7'10"	6'7"	7'9"	6'6"	6'6"
(mm) ...	(3300)	(3050)	(2700)	(2550)	(2360)	(2390)	(2020)	(2370)	(1980)	(1980)
Alto sin escape de ori. deparador) pies ...	9'10 1/2"	9'2"	8'0"	7'4"	6'11 1/2"	7'2 1/2"		6'5 1/2"	6'10"	5'7 1/2"
(mm) ...	(3000)	(2800)	(2440)	(2240)	(2120)	(2700)		(1970)	(2080)	(1710)
Entravía pulg ...	90"	90"	84"	78"	74"	74"	60"	74"	74"	60"
(mm) ...	(2290)	(2290)	(2130)	(1980)	(1880)	(1880)	(1520)	(1880)	(1880)	(1520)
Espacio libre (de la cara de las zapatas) pulg ...	14"	23 9/16"	19 7/8"	15 1/2"	14 5/8"	14 1/2"	14"	13 1/2"	13 1/2"	14"
(mm) ...	(355)	(600)	(500)	(385)	(370)	(370)	(355)	(345)	(345)	(355)
Ancho de zapatas pulg ...	24"	24"	22"	20"	18"	20"	16"	18"	13"	16"
(mm) ...	(610)	(610)	(560)	(510)	(455)	(510)	(405)	(455)	(330)	(405)
Área de contacto en el suelo pulg ² ...		5354	5049	4283	3357	3730	2784	3085	1885	2326
(m ²) ...		(3,10)	(3,26)	(2,76)	(2,17)	(2,41)	(1,80)	(1,99)	(1,72)	(1,50)
Largo de carriles en el suelo pulg ...		132 1/2"	115"	107"	93 1/2"	93"	87"	85-11/16"	72 1/2"	72 1/2"
(mm) ...		(3350)	(2900)	(2700)	(2370)	(2360)	(2210)	(2180)	(1840)	(1850)

*hp en la Barra de Tiro, no en el volante.

S-T = Servo-Transmisión

TD = Transmisión Directa

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

TRACTORES DE CARRILES.- ESPECIFICACIONES

Modelo		D09G	D9G	D8H S T	D8H T0	D7F S T	D7F T0	D6C S T	D6C T0	D6C (A E)	D5 S-T	D5 T0	D5 (A E)	D4D T0	D4D S T	D4E (A E)
Capacidades:																
Sistemas de enr.	gal EUA (litros)	80 (302)	40 (151)	31 (117)	31 (117)	12 (45)	12 (45)	10% (39)	9% (34,5)	10 (38)	9 (34)	8 (34)	9 (34)	8 (30)	8 (30)	8 (30)
Tanque de comb.	gal EUA (litros)	400 (1514)	200 (757)	134 (507)	134 (507)	115 (435)	115 (435)	78 (295)	78 (295)	115 (435)	85 (324)	65 (246)	78 (295)	42 (159)	42 (159)	62% (237)
Córtex del motor diesel	gal EUA (litros)	--	11% (43)	8% (33)	8% (33)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7 1/4 (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	7% (27,5)	5 (18,9)	5 (18,9)	5 (18,9)
Compart. transmisión, divisor de par, corona embragues de direc.	gal EUA (litros)		31 (117)	31 (117)		31 (117)		21 (79)			12% (46)				10% (38)	
Transm., corona, embrague de direc.	gal EUA (litros)				31* (117)		31* (117)		26* (98)	26* (98)						
Transmisión	gal EUA (litros)										12%* (46)		12%* (46)	6 (22,7)	41 (15,1)	6 (22,7)
Embrague principal	gal EUA (litros)										(interval)			2% (8,5)		2% (8,5)
Cada mando final	gal EUA (litros)		11% (43)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	9 (34)	5 (19)	5 (19)	5 (19)	7 1/4 (27,5)	5 1/2 (20)	3 (11)	2% (8)	2% (8)	2% (8)
Cada caja del resorte tensor	gal EUA (litros)		7 (26)	5 (19)	5 (19)											

*Incluye también el Embrague Principal
 T0 = Transmisión Directa
 S T = Servo Transmisión
 I Compart. de la Corona
 X Compart. de la Transm. y del Convertidor de par

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

Algunos modelos de tractores se señalan a continuación:

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

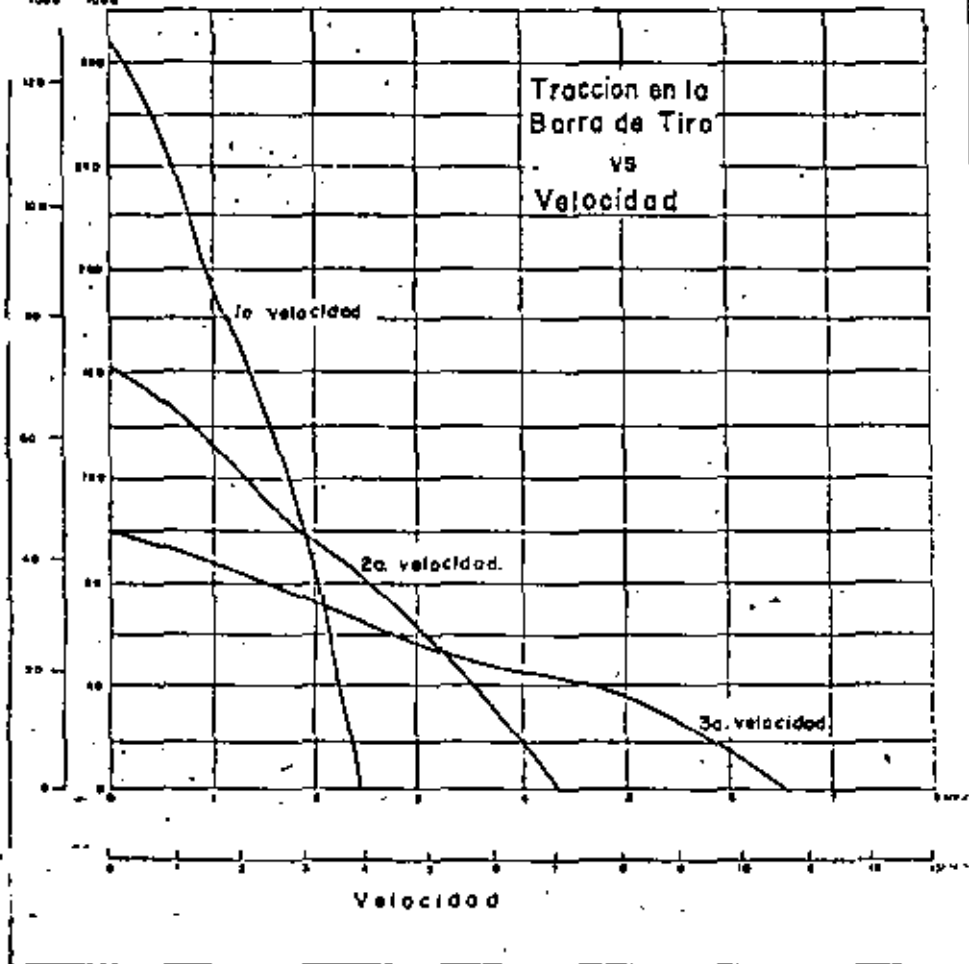
La capacidad de un tractor está en función de su potencia y de su peso. La potencia nos determina la fuerza tractiva disponible en el gancho o barra de tiro y está afectada por la altura sobre el nivel del mar, la temperatura, la resistencia al rodamiento de la superficie donde se desplaza la máquina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

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

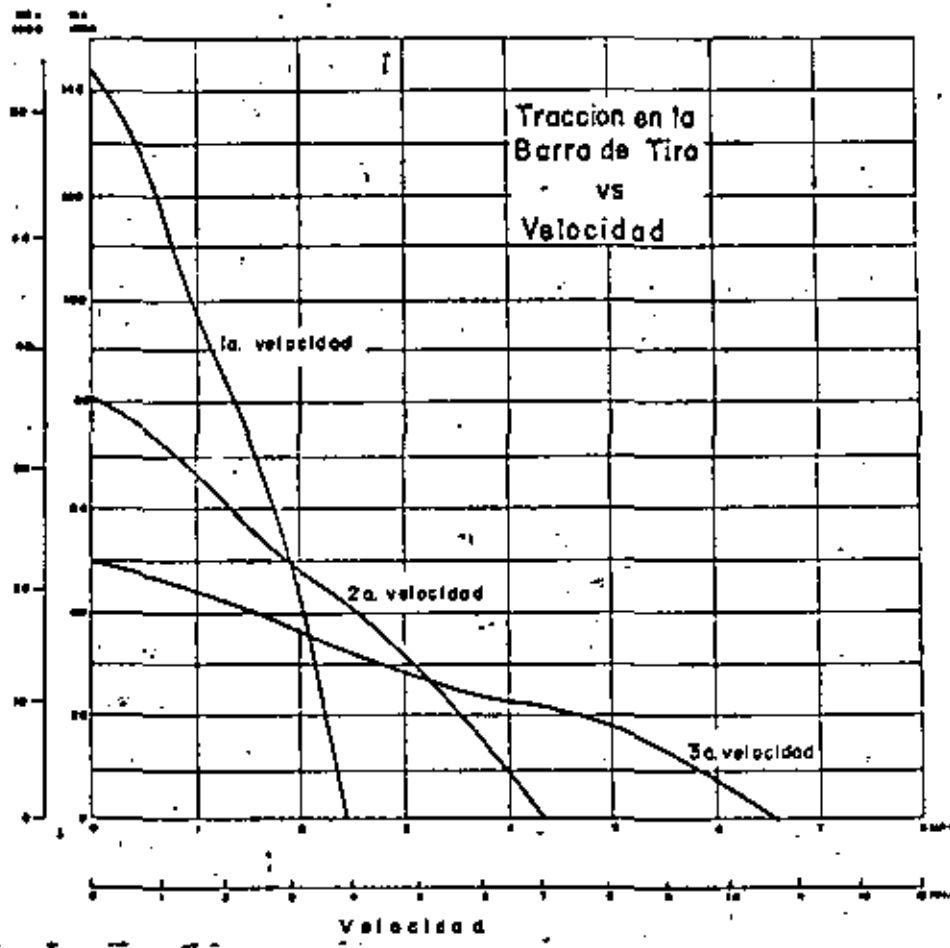
La relación entre velocidades de avance y tracción en las barras de tira en tractores Caterpillar equipados con servo transmisión se muestran en las hojas números 9, 10, 11 y 12. En la hoja 13 se muestra esta misma relación para los modelos DBH y D7F con transmisión directa.

Traction en la
Barra de Tiro

kg 1000 lb 1000



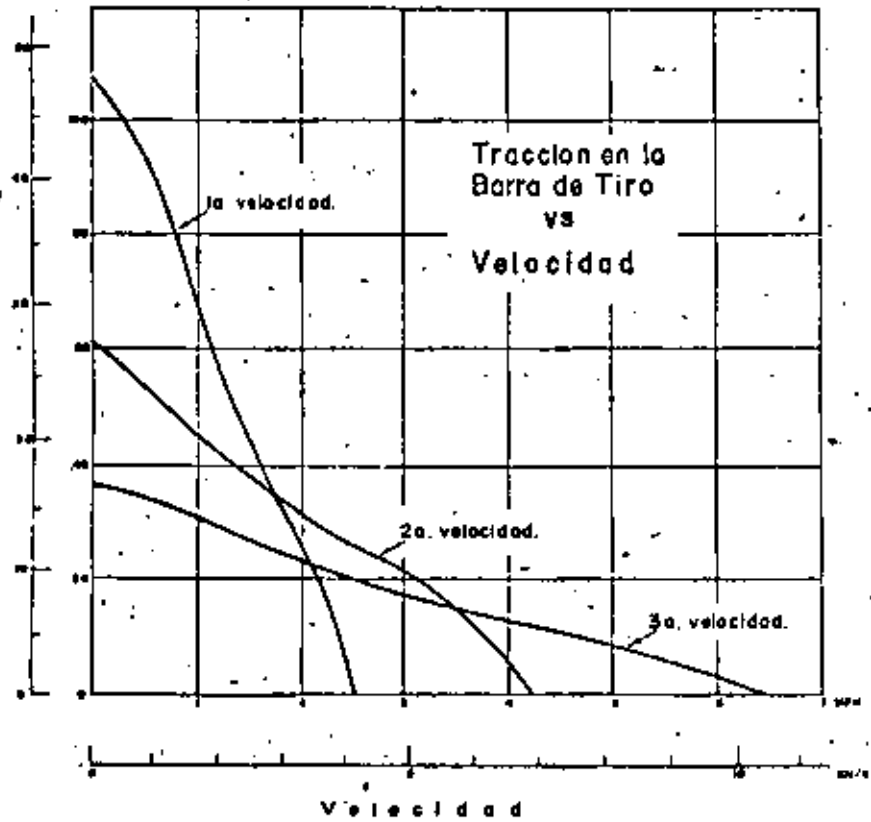
Traccion en la Barra de Tiro



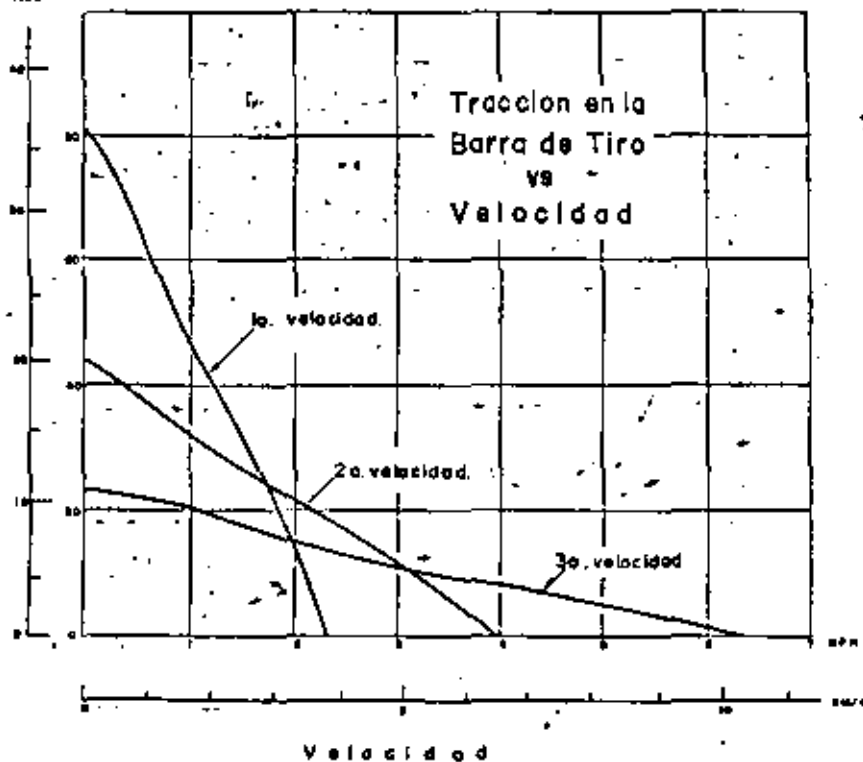
D 8 H - CON SERVO-TRANSMISION

Tracción en la Barra de Tiro

kgf lbs
1000 2200



Traction en la
Barra de Tiro
kg. 1000
Max 1000



TRANSMISION DEL D8H Y DEL D7F:

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

VELOCIDADES Y TRACCION EN LA BARRA DE TIRO DEL D8H:

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro*			
	MPH	km/h	MPH	km/h	A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
					libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.6	(2,6)	1.6	(2,6)	52,410	(23790)	53,800	(20950)
2a	2.1	(3,3)	2.1	(3,4)	39,130	(17760)	47,930	(21760)
3a	2.9	(4,6)	2.9	(4,7)	26,870	(12200)	33,210	(15030)
4a	3.7	(6,0)	3.8	(6,1)	19,490	(8950)	24,360	(11060)
5a	4.9	(7,8)	4.9	(7,9)	13,840	(6280)	17,560	(7960)
6a	6.7	(10,8)	6.8	(11,0)	8,860	(3930)	11,360	(5160)

VELOCIDADES Y TRACCION DEL D7F:

Transmisión Standard

	Avance		Retroceso		Tracción en la barra de tiro*			
	MPH	km/h	MPH	km/h	A RPM indicadas		Máx. bajo carga	
					libras	(kg)	libras	(kg)
1a	1.5	(2,4)	1.8	(2,9)	37,600	(17100)	47,450	(21540)
2a	2.2	(3,5)	2.5	(4,0)	25,000	(11350)	31,760	(14420)
3a	3.1	(5,0)	3.7	(6,0)	16,400	(7450)	21,090	(9570)
4a	4.6	(7,4)	5.4	(8,7)	10,100	(4580)	13,280	(6030)
5a	5.9	(9,5)	-	-	7,140	(3240)	9,510	(4360)

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

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

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

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

en donde:

F.T. = Fuerza tractiva en libras.

H.P. = Potencia nominal.

V = Velocidad en millas por hora.

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

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



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CARGADORES

Ing. Carlos Manuel Chavarri Maldonado

JUNIO, 1984

ORIGEN
DE
LOS
CARGADORES

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

A) Por la forma de efectuar la descarga se clasifican en:

- a) Descarga Frontal
- b) Descarga Lateral
- c) Descarga Trasera

Descarga Frontal

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

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

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

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

Descarga Lateral

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

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

Descarga Trasera

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

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

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

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

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

B) Clasificación por la forma de Rodamiento:

- a) De Carriles (orugas)
- b) De Llantas (neumáticos)

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

6
001. 0m
06

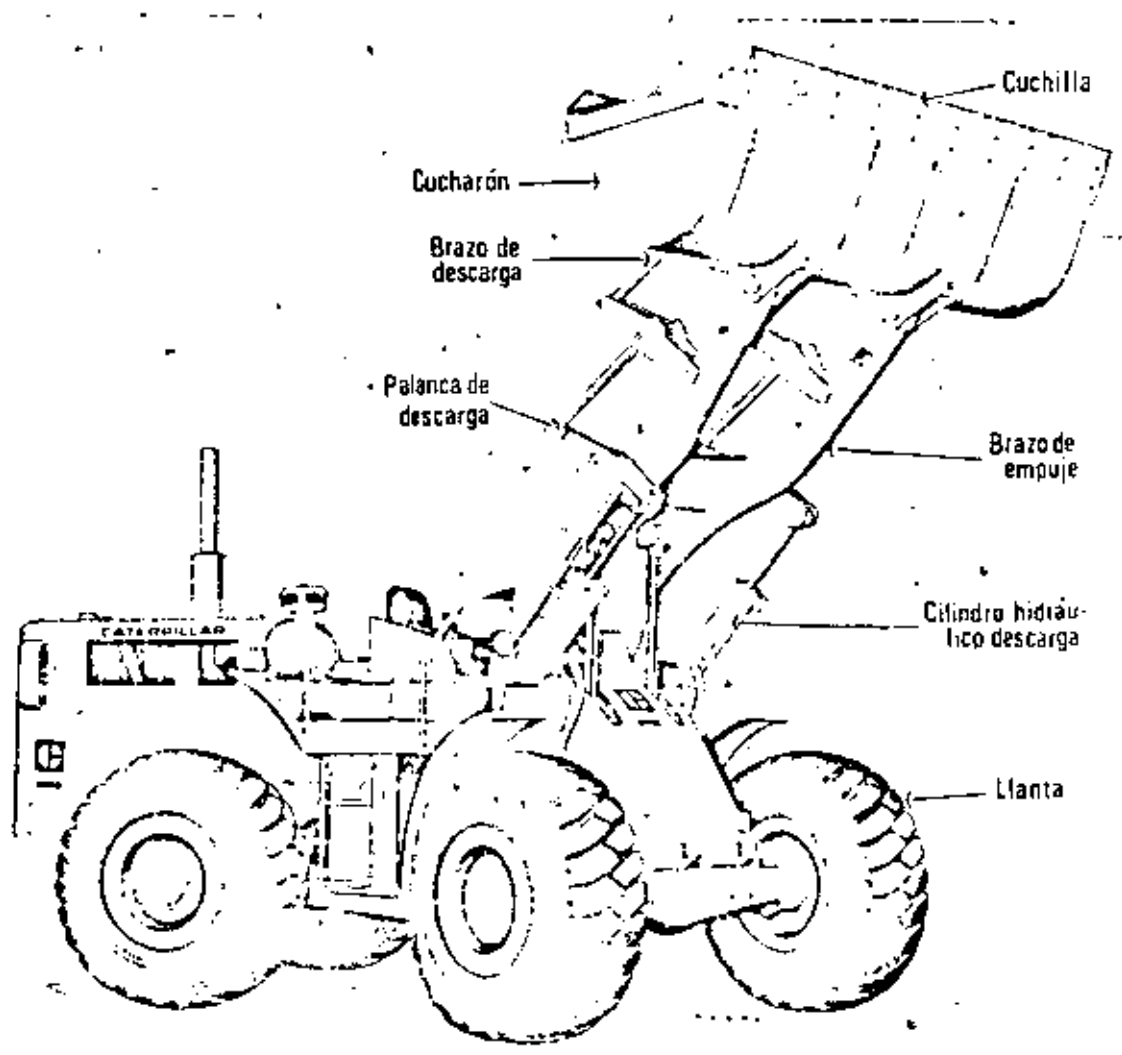
Los cargadores montados sobre llantas pueden ser de dos o cuatro ruedas motrices. Generalmente se utilizan llantas muy grandes. Estas sirven para proporcionar una excelente flotación que les permite trabajar en la mayoría de los terrenos.

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

DESCRIPCION
DE
LOS
CARGADORES
FRONTALES

CARGADORES FRONTALES MONTADOS
SOBRE NEUMATICOS

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



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

1. Transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado al peso de la máquina.
2. Suministrar fuerza al sistema hidráulico que excavará, levantará y volcará las cargas adecuadas por anticipado.

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

NEUMATICOS

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

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

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

*inflado del neumático.

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

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

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

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

Dimensión Neumático	Número de lonas	Tipo de Neumático	Precio agosto-1975
23.5 x 25	20	L-3	26,538.00
	24	L-2	29,297.00
26.5x25	14	L-3	26,900.00
	16	L-3	32,552.00
29.5x25	22	L-4	46,285.00
29.5x29	22	L-3	47,967.00
	28	L-4	53,361.00
33.25x35	20	L-3	66,305.00
	25	L-3	77,738.00

L-2 Tipo de Tracción

L-3 Para Roca

L-4 Para Roca (huella profunda)

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

Protección de los Neumáticos

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

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

Cuando la superficie de rodamiento está compuesta de materiales

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



Fig. 7. Cargador Frontal con Cadenas amortiguadas.

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



Fig. 8. Beadless

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

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

MANDOS FINALES

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

00. 12

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

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

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

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

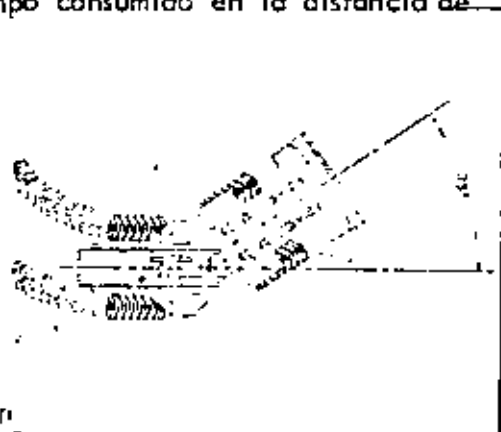


Fig. 9. Dirección de Bastidor

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

U3

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

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

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

SISTEMA DE FRENOS

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

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

CUCHARONES

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

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

a) Bote Ligero

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



Fig. 10. Bote Ligero

b) Bote Reforzado

Quando se necesita excavar además de cargar entonces el bote es un poco más fuerte que el anterior y viene equipado con una serie de puntas o dientes repartidos en el mismo sitio en que el anterior lleva cuchilla. Los dientes tienen por objeto facilitar la penetración del cucharón dentro del

material (Fig 11).



Fig. 11. Bote de Dientes para Excavar y Cargar.

Estos dientes están cubiertos por un castillo de acero especial, resistente a la abrasión y cuando sufren desgaste considerable se cambian por nuevos con objeto de proteger a los dientes y al bote mismo.

c) Bote Super Reforzado con Dientes

Cuando el material que se va a cargar es roca fragmentada o lajar entonces se debe usar un bote especial, super reforzado, que es igual al bote de excavaciones pero más fuerte (Fig. 12). Algunos botes para roca tienen su borde inferior en forma de "V" y no llevan dientes sino cuchilla (Fig. 13).

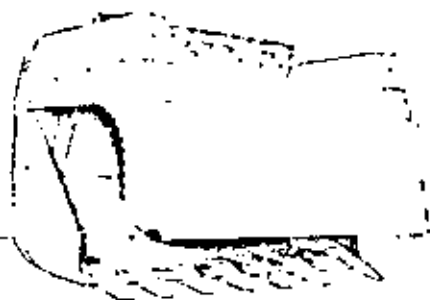
Fig. 12. Bote Super Reforzado

Fig. 13. Bote con borde inferior en "V"

d) Bote para Demolición

Este tipo sirve para cargar desechos y escombros de forma irregular, para esto cuenta con una mandíbula con fuerza hidráulica cuyos bordes son dentados (Fig. 14). Las planchas laterales son desmontables para mejor agarre de materiales grandes.

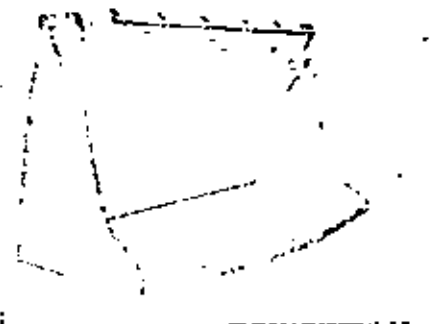
Fig. 14. Bote para Demolición



e) Bote Ejector de Rocas

El eyector es utilizado para descargar el material que se encuentra en el bote, ya que éste avanza hasta el extremo delantero; por esta causa es posible regular la eyección del material a fin de situar bien la carga y minimizar los choques en la caja del camión. La cuchilla en "V" truncada facilita la penetración y la carga (Fig 15).

Fig. 15. Bote Ejector de Roca



f) Bote de Rejilla

Se utiliza para el manejo de roca suelta. Las aberturas del fondo permiten que el material indeseable caiga a través de éstas (Fig. 16).

Fig. 16. Bote de Rejilla



Los fabricantes además de estos tipos hacen otros según las necesidades del cliente.

Capacidades

La resistencia mecánica de toda la máquina y en particular de los componentes de los brazos y la cuchara, ha de ser suficiente para soportar las tremendas fuerzas que se desarrollan durante esta parte del ciclo de trabajo del cargador. Probablemente de ninguna otra parte del diseño básico del cargador, tienen los fabricantes tantas opiniones diferentes, como en el método de construir las piezas que componen el conjunto de brazos-cuchara, para mejor resistir las cargas de choque de excavación, elevación, acarreo y volteo. Cuanto menor sea el número de puntos articulados, palancas acodadas y elementos de conexión, mayor será el período de tiempo que puede esperarse que el mecanismo brazo-cuchara funcione sin fallas estructurales.

Intimamente ligado a lo anterior esta la capacidad de los botes los cuales varían con la potencia del tractor, el uso al que se destine y también debe relacionarse al tamaño de las unidades de transporte. Por lo que si se desea adaptar uno de estos equipos a un tractor, es conveniente consultar los catálogos correspondientes, porque cada equipo ha sido diseñado para un tractor determinado, y lo anterior por lo general no será posible, ya que estos equipos vienen adaptados al tractor que corresponde desde la fábrica; pero vale la pena tenerlo en cuenta, pues una mala adaptación puede costar mucho dinero y ser infructuosa.

Las capacidades más usuales de los botes varía de 1/2 a 5 yd³, aunque actualmente hay fábricas que están haciendo equipos más grandes, que pueden dar magníficos resultados en determinados trabajos, de los que más adelante se hablará.

SISTEMA HIDRAULICO

El conjunto brazo-cuchara de los cargadores, se acciona por medio de un sistema hidráulico, que está formado por una bomba que recibe movimiento del motor del tractor, un depósito general de aceite, una red de circulación cerrada del fluido, los correspondientes pistones y los controles instalados al alcance del operador en el puesto de mandos en el propio tractor.

Casi en todos los cargadores son dos pares de gatos los que se accionan, sirviendo uno de los pares para subir y bajar el equipo, mientras que el otro para accionar el cucharón en sus movimientos de excavación y volteo.

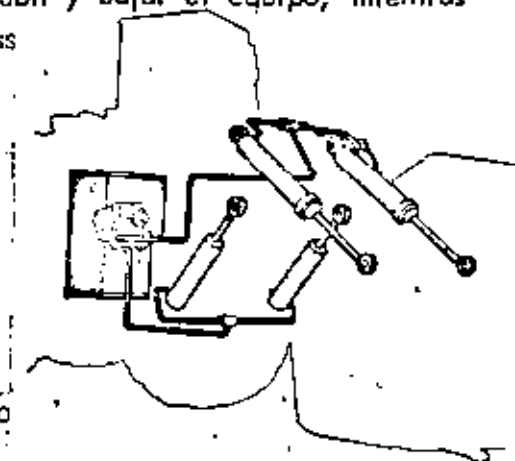


Fig. 17. Sistema Hidráulico

El tamaño de los cilindros, la presión hidráulica y la longitud de los brazos de palanca mediante los cuales se transmite la fuerza hidráulica, nos determina la fuerza de ruptura que puede ser desarrollada en el borde de ataque de la cuchara.

Los cilindros de elevación proporcionan la fuerza suficiente para elevar una carga capaz de hacer bascular la máquina sobre su eje delantero, cuando la cuchara se encuentra situada en su posición de máximo alcance hacia adelante. Esta carga se define como carga de vuelco.

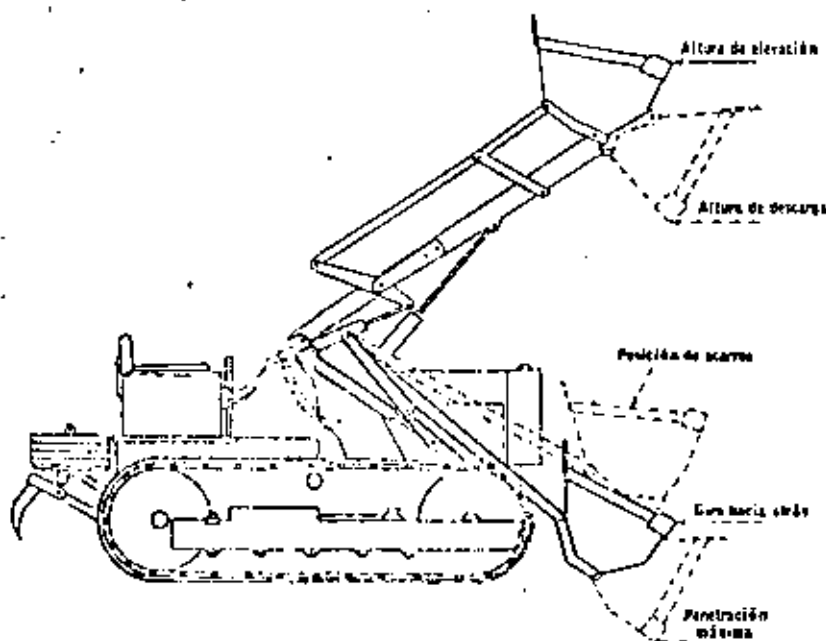
El mismo efecto se puede conseguir sujetando el borde de ataque de

la cuchara, mediante algún objeto fijo haciendo que la máquina bascule sobre su eje delantero, aplicando la fuerza de ruptura disponible. Puesto que no se puede realizar prácticamente ningún trabajo con la máquina, cuando uno de los ejes está levantado sobre el suelo, la fuerza de ruptura o capacidad de elevación que exceda del punto de carga de vuelco no tiene significado práctico alguno.

Como es lógico suponer otra bomba hidráulica independiente a la del sistema de carga y descarga de material, permite en todo momento accionar la dirección del cargador. Este sistema de dos bombas proporciona rendimientos óptimos cuando la máquina se encuentra debidamente conjuntada con el convertidor de par y con la adecuada selección de marchas.

CONTROLES AUTOMÁTICOS

Algunos cargadores tienen el mecanismo de descarga dispuesto de tal



Si no se desea esta inclinación hacia atrás, el operador puede usar el control de descarga para contrarrestarla. Además algunos tipos o marcas de cargadores están dotados de unos interruptores especiales automáticos, que se accionan con el pie, para detener la elevación a la altura máxima o en algún otro punto elegido y para regresar el cucharón al ángulo de excavación después de la descarga; teniendo como ventaja estos dispositivos que permiten al operador utilizar ambas manos sobre los controles del cargador mientras maniobra.

MOTOR

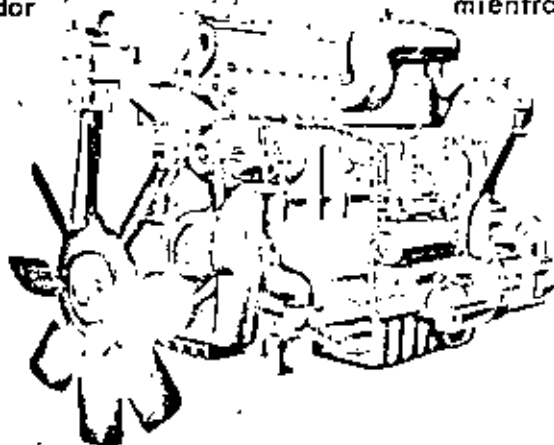


Fig. 19. Motor Caterpillar de Diesel D343 (988)

El puesto del operario por lo general se encuentra en la parte delantera del cargador pues esto permite una visibilidad máxima de la zona de trabajo y mejor distribución del peso, debido al efecto contra-pesante del motor. Se dispone igualmente de mejor accesibilidad para el servicio, puesto que el motor se encuentra alejado de los mecanismos de carga.

El motor de los cargadores por lo general es de diesel, con potencias que varían de 80 a 570 H.P., de cuatro tiempos y de cuatro a ocho cilindros, todo esto dependiendo de las características de cada cargador.

Las marcas de los motores que se usan con más frecuencia son caterpillar, Cummins y General Motors.

Una de las funciones del motor de un cargador, es proporcionar la potencia necesaria para generar fuerza hidráulica para el movimiento del bote y la dirección. Hasta el 35% de la potencia del motor en H.P. es recomendable para satisfacer a ésta. La otra función es transmitir fuerza suficiente a las ruedas para proporcionar una acción de empuje adecuado, para que se cumpla, nunca se debe hallar en la barra de tiro, menos del 65% restante, deducida la fuerza de arrastre del vehículo; siendo ésta la fuerza requerida para mover el vehículo durante el transcurso de la prueba con la transmisión en punto muerto, expresándose en libras e incluye como variables mecánicas los rozamientos en los cojinetes de las ruedas, en el engranaje diferencial y otras fricciones, el esfuerzo requerido para "flexionar" los neumáticos, para compactar o desplazar el material sobre el que avanza la máquina y la tracción necesaria para remontar las irregularidades de la superficie.

CARGADORES FRONTALES MONTADOS SOBRE ORUGAS

Al conjunto formado por el tractor de orugas y el equipo se le llama cargador frontal, tractor pala y más comúnmente traxcavo, que es la degeneración del nombre de un modelo de una marca determinada, pero que en México se ha generalizado y se le nombra así a la de todas las marcas (Fig. 20).

En cuanto al sistema hidráulico, controles automáticos, cucharones y

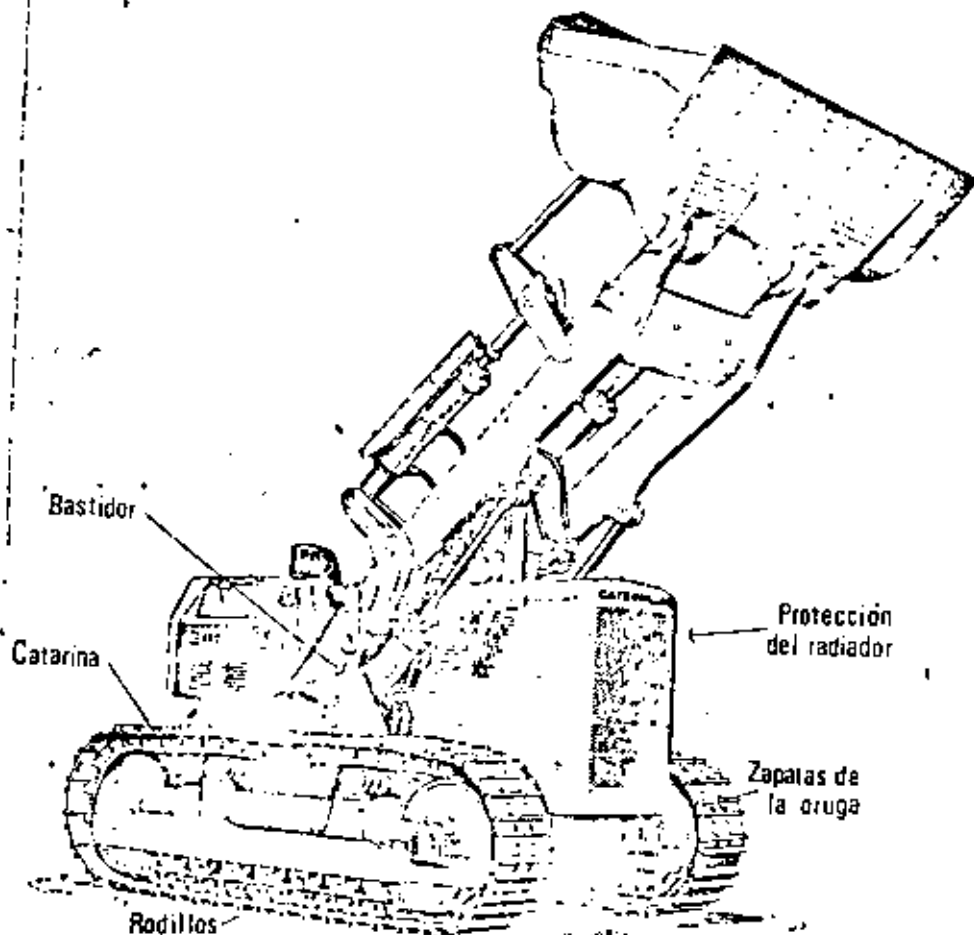


Fig. 20. Cargador Frontal sobre Orugas

motor, se rigen en forma general bajo el mismo principio que los cargadores montados sobre neumáticos ya descritos anteriormente. Por esa razón en adelante se describirán solamente las diferencias más significativas.

ORUGAS

El sistema de tránsito de estos cargadores consta de cadenas formadas por pernos y eslabones, a las cuales se atornillan las zapatas de apoyo. Estas cadenas se deslizan sobre rodillos, conocidos comúnmente como roles. En el extremo posterior de la cadena se encuentra la catarina que es un engranaje propulsor que transmite la fuerza tractiva (Fig. 21).

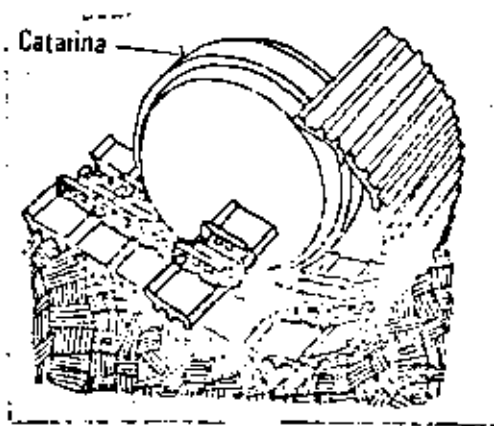


Fig. 21. Sistema de Tránsito

Un adecuado ancho y largo de las orugas es necesario para la estabilidad contra el volcamiento lateral cuando acarrean cargas pesadas.

Estos tipos de cargadores tienen una conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor principal, pues de esta manera se mejora la estabilidad (Fig. 22):

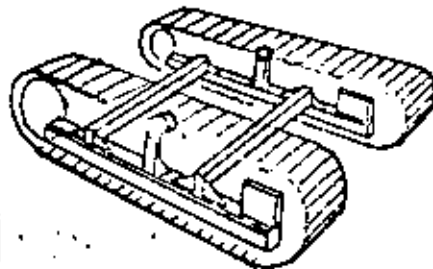


Fig. 22. Conexión Rígida entre Bastidores.

El tipo de zapatas de las orugas utilizadas, tienen una influencia considerable en la técnica de excavación.

En ocasiones se utiliza la zapata lisa para no deteriorar la superficie de trabajo, pero ésta tiene el inconveniente de que patinan bastante sobre muchos suelos e impide que toda la potencia de la máquina se aplique al trabajo.

Cuando por condiciones de trabajo se necesita que el cargador gire muy frecuentemente, se usan zapatas con garra pequeña de 1/2" a 3/4" aproximadamente. Este tipo de zapata proporcionan mejor tracción que las lisas pero aún patinarán con facilidad en condiciones resbalosas.

A medida que la zapata con semigarra se desgasta, las cabezas de los pernos de sujeción quedan expuestas y se desgastan y las orillas de las zapatas se debilitan de manera que pueden doblarse. Su vida puede prolongarse soldando una tira de aleación a lo largo de la barra central. Un cargador soldado de esta manera podrá tener buena tracción, pero puede producir una marcha molesta sobre terrenos duros.

Las zapatas lisas o de semigarra no son adecuados para trabajar en terrenos lodosos, ya que se hacen tan resbalosos que proporcionan poca tracción y no sujetan tablones u otros objetos colocados debajo de ellas para ayudar a salir de los agujeros. También permiten que la máquina se deslice cuesta abajo cuando trabaja sobre un talud lateral.

La garra grande da muy buena tracción pero presenta dificultad en el pivoteo o giro. También hacen a la máquina muy susceptible a dar tirones y somete a ésta y al cucharón a impactos y sobrecargas que pueden acortar la vida del cucharón.

Para condiciones especiales pueden sujetarse garras sobre las zapatas regulares. Las garras pueden colocarse en sólo seis u ocho zapatas de las orugas uniformemente espaciadas de cada lado para el trabajo en lodo.

DIRECCION

La dirección de los cargadores montados sobre orugas se maneja por medio de un sistema de tres pedales (Fig. 23).

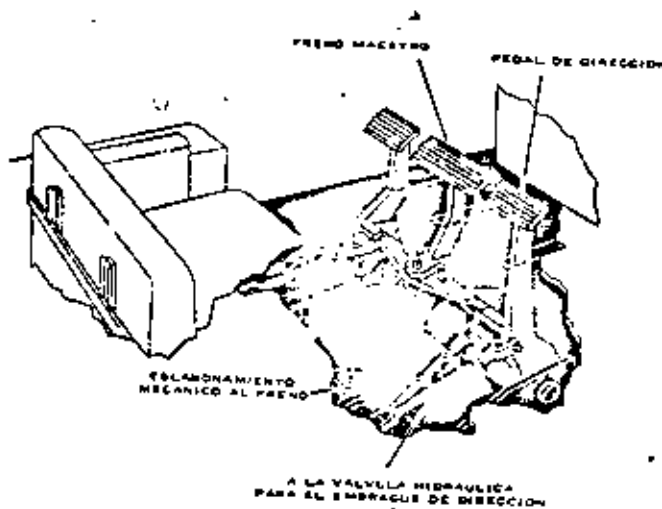


Fig. 23. Sistema de Dirección

Mediante éstos se hacen todos los giros y paradas. Para soltar el embrague de la dirección, a fin de hacer un giro lento, se oprime hasta la mitad el pedal de la derecha o de la izquierda. Cuando se requiere un giro más cerrado, se oprime el pedal hasta el fondo. El pedal del centro frena también ambos carriles, pero no suelta los embragues y puede fijarse como freno de estacionamiento. Los embragues de la dirección se enfrían con aceite y tienen varios discos para servicio pesado.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS DOS TIPOS DE CARGADORES

Los cargadores frontales montados sobre neumáticos, se pueda utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a) Cuando sea importante el acarreo de material en tramos cortos.
- b) Cuando los puntos de trabajo están diseminados.
- c) Cuando los materiales están sueltos y pueden atacarse fácilmente con el cucharón.

- d) Donde el uso de orugas sea perjudicial al terreno o por no ajustarse a las restricciones de tipo legal.
- e) Cuando los materiales abrasivos provoquen desgaste excesivo en las orugas, siempre que los neumáticos resistan las condiciones de trabajo.
- f) Donde el terreno es duro y seco.
- h) El radio de giro es mucho mayor que el de orugas, de manera que se requiere más espacio para maniobrar.
- i) La presión sobre el suelo es aún mucho mayor que los de orugas, pero el efecto de compactación de las llantas y las vueltas más graduales le hacen posible trabajar fácilmente en suelos arenosos que se partirían bajo las orugas, causando un excesivo desgaste a éstas.
- j) En superficies resbalosas pueden ocasionar la pérdida, tanto de la tracción como de la precisión de la dirección:

Una de las características de estos tipos de cargadores, es que da una mayor facilidad de desplazamiento y por ésto, se obtiene mayor rendimiento a distancias considerables de acarreo, en comparación con los de orugas.

Los cargadores frontales montados sobre orugas se pueden utilizar con ventajas en los siguientes casos:

- a) En terrenos flojos donde el área de apoyo de las orugas aseguran un movimiento adecuado y una estabilidad correcta.

b) Cuando las condiciones del terreno o las pendientes exijan buena tracción y amplia superficie de apoyo.

c) Donde no hay necesidad de hacer movimientos frecuentes y rápidos.

d) Cuando los materiales son duros y no pueden excavar fácilmente.

e) En donde los fragmentos de roca pueden dañar los neumáticos.

g) En trabajos que requieren volúmenes pequeños.

Por su diseño los cargadores sobre orugas, pueden salvar las irregularidades del terreno y su característica principal es su buena tracción, su baja velocidad y su limitación a distancias cortas de acarreo.

TIPOS
DE
CARGADORES
EN EL
MERCADO
ACTUAL
FABRICADOS
EN
MEXICO

En el mercado se encuentran varios proveedores que distribuyen cargadores tanto de carriles como de neumáticos, de distintos tipos y tamaños, que pueden tener características especiales que los hacen más o menos populares entre el gremio de constructores, pero quizá los factores que más influyan para adquirir una determinada marca, sea la oportunidad, la existencia, facilidad de pago, precio, posible valor de rescate, pero muy especialmente el servicio de refacciones y mantenimiento que ofrezca la casa vendedora.

El gobierno ha establecido una serie de medidas, estímulos y facilidades tendientes a procurar que parte de los bienes intermedios y de capital que actualmente se importan, sean sustituidos por productos fabricados en el país. Algunos de estos productos se fabrican en México pero no en las cantidades suficientes, para poder considerar que un determinado cargador sea considerado 100% de fabricación nacional.

A fin de proteger a la Industria Nacional productora de maquinaria, comprometidas ante el Gobierno a programas de fabricación, las importaciones de bienes de capital (maquinaria, refacciones, piezas etc.) están controladas por los Comités Consultivos para la importación de la

Secretaría de Industria y Comercio, integrada por representantes gubernamentales y de la iniciativa privada.

Los principales productos que hace la Industria Nacional para el ensamble de un cargador, entre otros, son: filtros, mangueras, sellos, bandas, balatas, carcasas, motores y baleros.

Para que un cargador sea considerado de fabricación Nacional, deberá de contener cuando menos el 51% de conjuntos básicos. Estos conjuntos son los siguientes:

- a) Chasis o estructura principal
- b) Motor
- c) Convertidores o transmisiones
- d) Mandos finales
- e) Sistema eléctrico en general
- f) Sistema hidráulico.

En México la industrialización ha seguido el proceso tradicional de los países de menor desarrollo. Esto se puede constatar en las tablas que a continuación presentamos de algunos modelos de cargadores frontales, que existen en el mercado actual en el mundo, en la cual, una minoría son de fabricación Nacional.

CARGADORES DE RUEDA (TRACCIÓN EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Fabricante	Modelo	Año	Capacidad de carga (kg)	Consumo de combustible (litros/hora)		Consumo de aceite (litros/hora)		Velocidad (km/h)		Consumo de combustible (litros/hora)		Consumo de aceite (litros/hora)		Velocidad (km/h)		Consumo de combustible (litros/hora)		Consumo de aceite (litros/hora)	
				litros/hora	litros/hora	litros/hora	litros/hora	km/h	litros/hora	litros/hora	km/h	litros/hora	litros/hora	km/h	litros/hora	litros/hora	km/h	litros/hora	litros/hora
Atlas Copco	840	Y	40	125.178	955.174	1.9	1.2	119	284.1	39	990.0	268.75	1509.25	124	3195.1	67	1701.6	96	1678.9
	860	Y	40	119.3	919.853	1.89	1.36	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	875	Y	40	119.3	919.853	1.89	1.36	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	890	Y	40	119.3	919.853	1.89	1.36	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
Breda	15240	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	15240	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	15300	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	15300	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
Case	540	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	540	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	540	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	540	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
Caterpillar	910	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	910	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	910	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9
	910	Y	40	125.33	1042.7	2.9	1.9	119	284.1	39	990.0	271.3	1511.5	127.5	3195.1	72	1678.9	96	1678.9

ARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	DATOS DE FUNCIONAMIENTO														MOTOR		
		Velocidad máxima (km/h)		Consumo a máxima velocidad (l/100km)		Consumo a 90 km/h (l/100km)		Consumo a 60 km/h (l/100km)		Consumo a 40 km/h (l/100km)		Consumo a 20 km/h (l/100km)		Consumo a 10 km/h (l/100km)		Motor	Potencia (CV)	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B			
Abe-Cumans	340	2438.4	13.550	3044.7	N	14.290	30.23.4	89.40	6027.7	37.300	3424.8	30	15.3	281			PERVA 40	4.200
	343	2438.4	13.816	3095.5	N	12.568	30.04.7	88.40	6027.0	37.300	3424.8	30	15.3	281			A.C.	2900-3000W
Avafly-Berhard	75200	2209.8	20.400	3043.4	N	13.350	31.15.5	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.	43	18.5	458.4	421		3075-4	2000-2100W
	75208	2279.4	21.070	3144.1	N	13.000	31.06.4	19.290	31.00	35.900	3403	43	18.4	368.3	293		3248.4	400
	75250	2446.4	20.000	32350	N	21.000	31.10	31.000	31.00	N.A.	N.A.	40	18	400.4	350		4248.4	400
	75330	2615.2	20.872	33.043	N	20.357	31.06.7	31.721	34.371.4	N.A.	N.A.	43	19	422.6	275		3500	4000
Brat	540	2037.4	15.181	3071.8	N	3000	30.11.4	N.A.	N.A.	12.900	3002.5	48	18.75	276.8	234		3500	4000
	544	2051.4	15.814	3230.4	N	3070	30.11	N.A.	N.A.	12.900	3002.5	48	18.75	276.8	234		3500	4000
	545	2057.4	16.814	3230.4	N	3070	30.11	N.A.	N.A.	12.900	3002.5	48	18.75	276.8	234		3500	4000
	547	2244	16.800	33.324	N	18.500	30.11.3	N.A.	N.A.	12.900	3002.5	48	18.75	276.8	234		3500	4000
	548	2244	16.800	33.324	N	18.500	30.11.3	N.A.	N.A.	12.900	3002.5	48	18.75	276.8	234		3500	4000
Cam	W-4	2149	14.500	3069.5	N	18.784	30.07.1	8132	41.76.4	14.023	3002	45	18	417.4	310		3500	4000
	W-4A	2149	16.734	3127.5	N	18.970	30.06.4	10.970	40.64.4	12.911	3002	45	18	417.4	310		3500	4000
	W-19	2743.2	13.030	3028.4	N	12.730	30.07.7	13.278	30.81.1	20.500	3002.5	45	15.5	387.7	310		3500	4000
	W-20	2747.2	14.107	3043.4	N	15.250	30.08.2	13.550	31.14.2	18.970	3002.5	45	15.5	387.7	310		3500	4000
	W-20A	3273.8	33.745	34.954	N	35.100	31.03.9	27.750	30.10.4	27.100	32.200.2	46	18	408.4	471.5		3500	4000
Compass	810	2340	12.400	3100.0	N	35.100	30.06.10	25.000	30.06.10	30.000.00	35.000.00	45	16	381	190		3500	4000
	920	2540	17.000.00	3003.00	N	33.000.00	30.00.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	45	13.2	300	220		3500	4000
	930	2750	18.000.00	3003.00	N	32.000.00	30.00.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	45	13.2	300	220		3500	4000
	950	2900	20.000	31.000	N	18.500	30.01	15.400	31.00	32.000.00	30.000.00	45	15	365	220		3500	4000
	960C	3100	24.500	31.700	N	24.500	31.00	22.000	31.00	28.000.00	30.000.00	45	15.5	387	240		3500	4000
	990B	3300	40.000.00	22.000.00	N	33.000.00	30.00.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	30.000.00	45	16.000	400.000	190		3500	4000
	1001	3500	31.000	30.100	N	42.500	31.00	30.400	31.00	47.200.00	30.000.00	45	27.5	510	240		3500	4000
	8020	4370	13.30.000	30.470.00	N	87.000.00	32.00.00	81.000.00	30.00.00	11.000	30.170	45	27	510	240		3500	4000
Cole	31	2126.9	12.590	3000.7	N	30.12	30.10.8	N.A.	N.A.	3100	4.27.7	40	17.50	330.000	307.000		3500	4000
	650	2501.8	17.130	3071.8	N	32.000	30.07.9	31.071	30.07.9	35.000	30.07.9	45	18.000	400.000	402.000		3500	4000
	35A	2794	27.300	30.81.8	N	18.000	30.02.3	17.300	30.02.3	18.250	30.07.9	45	18.000	400.000	402.000		3500	4000
	750	2844.5	24.000	32.740	N	19.300	30.07	17.800	30.04.4	19.300	30.07.9	45	18.5.000	380.000	400.000		3500	4000
	1218	3054.2	26.000	33.210	N	25.300	30.08.9	23.100	30.08.9	30.100	30.08.9	45	18.000	400.000	400.000		3500	4000
	1350	3475	31.500	33.710	N	34.700	30.10.3	31.400	30.10.3	34.000	30.10.3	45	20.000	400.000	400.000		3500	4000
	2718	3708.4	36.900	34.470	N	40.000	31.00	37.000	31.00	41.000	31.00	45	20.000	400.000	400.000		3500	4000
	4750 (HDD)	4672.5	131.000	35.112	N	101.000	43.114.2	88.100	41.00	105.000	43.000.0	40	22.000	400.000	400.000		3500	4000
	4150	4872.8	154.000	36.072	N	99.000	43.114.8	80.000	41.00	103.000	43.000.0	40	22.000	400.000	400.000		3500	4000
	8715	5075.9	181.000	37.000	N	101.000	43.114.8	80.000	41.00	103.000	43.000.0	40	22.000	400.000	400.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
John Deere	2441B	2438.2	21.400	31.04.8	N	18.100	30.11.9	160.000	30.00	160.000	30.130	47	20.000	380.000	380.000		3500	4000
	2444B	2641.4	24.000	32.000	N	19.000	30.00.0	170.000	30.00.0	170.000	30.130	47						

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	MOTOR						NEUMATICOS STANDARD						TRANSMISION						
		Potencia (kW)	Cilindros	RPM	Rendimiento (litros/hora)	Consumo (litros/hora)	Velocidad (km/h)	Marca	Tipo	Presión (kg/cm²)	Ancho (mm)	Diámetro (mm)	Cambio	Velocidad (km/h)	Cilindros	RPM	Rendimiento (litros/hora)	Consumo (litros/hora)	Velocidad (km/h)	Cilindros
Allis Chalmers	64D	32 2700	4	4	240	4	30	25	112.1	16.8474	10	R4	CS PS	3	0-18.7	0-30	3	0-18.7	0-30	
	64D	30 2700	4	4	261	4.8	30	25	112.1	15.547	9	L2	CS PS	3	0-19.3	0-31	3	0-19.3	0-31	
Kang Barber	15270	132 2700	D	6	292	12	36	30	129.8	17.5075	12	L3	PS	4	3.74	6.38	4	3.74	6.38	
	15230	141 2400	D	6	451	18	36	30	136.3	17.5075	12	L3	PS	4	3.74	6.38	4	3.74	6.38	
	15250	202 2700	D	6	611	18.4	45.6	30	128.9	16.0075	12	L3	PS	4	3.425	5.492	4	3.425	5.492	
	15500		D	6	611	17.4	45.2	30	127.7	16.0075	12	L3	PS	4	3.425	5.492	4	3.425	5.492	
Broy	510	84 2100	D	4	234	3.8	28.4	32	99.9	12.0074	8	EARTHMOVER	PS	4	5.24	8.39	4	5.24	8.39	
	544	88 2100	D	4	238	3.8	28.4	32	99.9	12.0074	8	EARTHMOVER	PS	4	5.24	8.39	4	5.24	8.39	
	548	110 2500	D	6	254	4.2	28.4	32	99.9	12.0074	8	EARTHMOVER	PS	4	5.24	8.39	4	5.24	8.39	
	562	148.5 3000	D	6	389	6.4	38	30	134.3	18.0074	12	EARTHMOVER	PS	4	5.24	8.39	4	5.24	8.39	
Case	564	148.5 3000	D	6	389	6.4	38	30	134.3	18.0074	12	EARTHMOVER	PS	4	5.24	8.39	4	5.24	8.39	
	914	61 2200	D	4	229	5.1	34	31.9	100	13.0074	8	G2	PS PL SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
	914B	61 2200	D	4	226	5.5	34	31.9	100	13.0074	10	L3	PS PL SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
	914	100 2200	D	6	421	6.4	50	41.8	188.4	18.0074	10	G2	PS PL SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
	920	100 2200	D	6	401	6.8	50	41.8	188.4	17.1125	10	L2	PS PL SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
	920R	100 2200	D	4	504	8.3	42	48.1	210.8	25.5225	12	L2	PS PL	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
Caterpillar	810		D	4	218	5.2	31	25.4	157	13.5874	8	TB	PL PS	3	4.5	6.524	3	4.5	6.524	
	820		D	4	425	7	39	33.5	148	19.1	DP1	G21 3L2	PS	4	4.22	6.422	3	4.914	7.275	
	830		D	6	425	7	39	33.5	148	19.1	DP1	G21 3L2	PS	4	4.22	6.422	3	4.914	7.275	
	830B		D	6	425	7	39	33.5	148	19.1	DP1	3L2	PS	4	4.22	6.422	3	4.914	7.275	
	840C		D	6	624	10.5	45	34.2	246	24.6	DP1	3L2 B	PS	4	4.22	6.422	3	4.914	7.275	
	860C		D	6	624	10.5	45	34.2	246	24.6	DP1	3L2 A L B	PS	4	4.22	6.422	3	4.914	7.275	
	910		D	6	831	14.8	130	106.2	490	24.1208	22	L3 L4 L5	PL PS	3	3.14	5.108	3	3.18	5.108	
	910B		D	12	1708	29.3	275	248	1042	37.07	DP1	L4 L5	PL PS	2	4.5219	7.265	3	4.875	7.422	
	920		D	3	188.2	2.8	26	23.1	106	14.0074	8	G2	CS PS	4	4.25214	6.42734	4	4.2720	6.42734	
	930		D	4	212	3.5	25	21.8	126.6	13.0074	10	G2	CS PS	3	4.198	6.299	3	4.168	6.299	
	930B		D	4	212.7	3.5	25	20.9	126.6	13.5225	12	L3	CS PS	3	4.198	6.299	3	4.178	6.306	
	John Deere	950	142 2200	D	6	249	4.4	32	34.3	285	20.1428	12	L3	CS PS	4	3.828	6.133	4	3.828	6.133
950B		212 2500	D	6	421.4	7	35	42.1	291.9	23.1428	16	L3	CS PS	4	3.828	6.133	4	3.827	6.132	
975B		212 2500	D	6	467.4	8.3	35	46.7	439	24.5228	20	L3	CS PS	4	4.22	6.425	4	4.22	6.425	
975B		342 3100	D	6	615	14	46	127.5	624.5	24.5228	22	L4	CS PS	4	5.193	8.31	4	5.193	8.31	
4750 (HDD)		612 3000	D	12	1210	26	275	274.2	1642.9	37.2115	16	L5	CS PS	4	5.193	8.3295	4	5.183	8.329	
4750		612 3000	D	12	1210	26	275	274.2	1642.9	37.2115	16	L5	CS PS	4	5.193	8.3295	4	5.183	8.329	
4750		241.8 2700	D	24.2	2418	34.8	470	478.7	1912.9	40.115	16D3	L5	CS PS	4	5.193	8.329	4	5.183	8.329	
9750B		185 2200	D	6	414	8.4	42	43.8	491.5	24.5228	12	L3	PL PS SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
9750B		145 2200	D	6	531	8.8	36	45.7	232.2	26.5225	12	L3	PL PS SS	4	6.25	8.427	2	0.8	0.15	
9750B		104 2200	D	6	354	5.8	37	38.4	147.2	18.8074	11	G2	PS	3	3.8182	6.2283	3	3.8182	6.2283	
Eaton		9750B	104 2200	D	6	354	5.8	37	38.4	147.2	17.5228	12	L2	PS	4	3.1881	5.5714	4	3.1881	5.5714
		9750B	184 2500	D	6	555	8	45	15.8	288.4	18.8424	12	G2	PS	4	3.828	6.136	4	3.828	6.136
	9750B	132 2500	D	6	428	7	42	46.7	307	23.5228	12	L3	PS	4	3.721	6.015	4	3.721	6.015	
	9750B	229 2700	D	6	603	10.5	46	46.7	307	23.5228	16	L2	PS	4	4.22	6.424	4	4.22	6.424	
	9750B	266 2700	D	6	560	8.3	42	34.5	267.2	26.5228	14	L2	PS	4	4.22	6.424	4	4.22	6.424	
	9750B	366 2700	D	6	815	11	46	54.4	417.7	26.1228	22	L3	PS	4	4.22	6.424	4	4.22	6.424	
	9750B	38 2700	D	3	102	2.8	18	17	31.9	17.5228	11	SPECIAL	H	101	8.5	8.8	101	8.5	8.8	
	9750B	20 2700	D	3	6	0.8	10	10	17.515	17.5228	11	SPECIAL	H	101	8.5	8.8	101	8.5	8.8	
Empac Ford	9750B	22 2200	D	3	764.88	8.7	40	51.3	155.9	12.0074	16	L3	PS	3	8.6	0.67	3	8.6	0.67	
	9750B	410 2200	D	6	425	7	40	41.7	189.7	17.5228	14	L2	PS	3	2.40	3.5181	3	2.40	3.5181	
	9750B	476 2200	D	6	714	12.7	40	42.9	249	18.0074	24	L3	PS	4	2.7844	4.225	4	2.7844	4.225	
	9750B	228 2200	D	12	1156	18	42	104.3	673.3	26.0074	24	L3	PS	4	-	-	4	-	-	
	9750B	408 1800	D	6	883	16.8	40	106.8	718.8	26.5228	34 2200	L5	PS	4	3.8184	6.1368	4	3.8184	6.1368	

ARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

DATOS DE FUNCIONAMIENTO

Categoría	Modelo	Año	Consumo de combustible		Consumo de lubricación		Consumo de agua		Consumo de aceite		Consumo de otros		Consumo de electricidad		Consumo de otros	
			litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km	litros/100km
Ford	Ford Focus	90	7.5	8.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Fiesta	85	6.5	7.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort	80	5.5	6.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Mondeo	95	8.5	9.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Galaxy	95	10.5	11.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Puma	85	5.5	6.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Sierra	85	7.5	8.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Taurus	90	11.5	12.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Transit	95	15.5	16.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk3	85	6.5	7.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk4	90	7.5	8.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk5	95	8.5	9.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk6	00	9.5	10.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk7	05	10.5	11.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Ford Escort Mk8	10	11.5	12.5	1.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Fabricante	Modelo	MOTOR					NEUMATICOS STANDARD							TRANSMISION					
		Potencia (CV/kW)	Cilindrada	Numero de cilindros	Velocidad (km/h)		Tipo	Tamaño	Presión (PSI)	Tipo	Tamaño	Velocidad (MPH)	Velocidad (km/h)	Tipo	Tamaño	Velocidad (MPH)	Velocidad (km/h)		
					Max	Min												Max	Min
Eicher	Evo LVO	30-27kW	Q	4	40	12	10	8.5	37.8	130x70	8	LUG	W	1	0-3	0-101	0-3	0-101	
	Evo LVO Q	42-29kW	Q	4	40	12	10	9.3	37.8	130x70	8	LUG	W	1	0-3	0-101	0-3	0-101	
	LVO Eng	25-20kW	Q	3	30	9	8	8.7	30.3	100x60	6	SWD	W	1	0-3	0-99	0-3	0-99	
Ford	461	30	Q	4	25	12	10	33.1	40.1	12	L2	PS PL 55	4	0-20	0-37.7	2	0-3	0-10	
	464	30	Q	4	25	12	10	41.7	48.4	12	L2	PS PL 55	4	0-21	0-38.0	2	0-4	0-12.0	
	466	30	Q	4	25	12	10	41.7	48.4	12	L2	PS PL 55	4	0-21	0-38.0	2	0-4	0-12.0	
International Harvester	H 500	33.7kW	Q	6	30	12	10	35	44.1	8	L2	PS	3	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 400	30.0-25.0	Q	6	30	12	10	41.7	48.4	13	L2	PS	3	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 450	19.7-21.9	D	6	11	8	6	55.3	24.1	13	L2	PS 15 CS	5	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 450B	19.7-21.9	D	6	11	8	6	55.3	24.1	13	L2	PS 15 CS	5	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 450E	23.6-24.6	Q	6	12	9	7	40.1	30.5	13	L2	PS CS	4	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 450G	25.0-21.0	Q	6	12	9	7	41.7	41.5	13	L2	PS CS	4	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	560	54.0-25.0	Q	6	8	12	4	153	129.7	27	L4	PS	3	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	H 430C	54.0-21.0	D	12	17.0	28	4	140	208.1	27	L4	PS	3	3.0-23.0	0-11.1	3	4-7.1	0-13.3	
	3450	80-31.0	Q	6	24	12	4	31	21.8	18.7	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1	
	4450	45-24.5	Q	3	14.8	2.3	4	14.2	11.3	6	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
Massey Ferguson	M111	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M113	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M115	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M117	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M119	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M121	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M123	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M125	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M127	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M129	14-21.9	Q	4	20	4	30	19.4	11	1	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
Massey Ferguson 1800 Series	M1800	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	M1800S	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	M1800L	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	M1800M	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	M1800N	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
Massey Ferguson 2000 Series	M2000	133-21.0	Q	6	31.7	13	4	65	48	20.9	6	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1	
	M2000A	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M2000B	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M2000C	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	M2000D	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
New Holland	NH1000	87-27.9	Q	6	27.4	5.5	4	35	23.4	12	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2	
	NH1200	112-30.1	Q	6	31.7	13	4	65	48	20.9	6	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1	
	NH1400	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	NH1600	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
	NH1800	30-28kW	Q	4	107.1	11	4	31	3.2	4	SWD	W	1	0-3	0-11.1	0-3	0-11.1		
New Holland CR Series	CR1000	100-5-20.0	Q	6	30	12	10	25	24.1	12.0	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR1200	133-21.0	Q	6	31.7	13	4	65	48	20.9	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR1400	166-24.0	Q	6	33.9	14	4	75	54.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR1600	199-27.0	Q	6	36.1	15	4	85	60.9	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR1800	232-30.0	Q	6	38.3	16	4	95	67.3	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
New Holland CR Series	CR2000	265-33.0	Q	6	40.5	17	4	105	73.7	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR2200	298-36.0	Q	6	42.7	18	4	115	80.1	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR2400	331-39.0	Q	6	44.9	19	4	125	86.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR2600	364-42.0	Q	6	47.1	20	4	135	92.9	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR2800	397-45.0	Q	6	49.3	21	4	145	99.3	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
New Holland CR Series	CR3000	430-48.0	Q	6	51.5	22	4	155	105.7	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR3200	463-51.0	Q	6	53.7	23	4	165	112.1	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR3400	496-54.0	Q	6	55.9	24	4	175	118.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR3600	529-57.0	Q	6	58.1	25	4	185	124.9	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR3800	562-60.0	Q	6	60.3	26	4	195	131.3	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
New Holland CR Series	CR4000	595-63.0	Q	6	62.5	27	4	205	137.7	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR4200	628-66.0	Q	6	64.7	28	4	215	144.1	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR4400	661-69.0	Q	6	66.9	29	4	225	150.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR4600	694-72.0	Q	6	69.1	30	4	235	156.9	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR4800	727-75.0	Q	6	71.3	31	4	245	163.3	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
New Holland CR Series	CR5000	760-78.0	Q	6	73.5	32	4	255	169.7	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR5200	793-81.0	Q	6	75.7	33	4	265	176.1	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR5400	826-84.0	Q	6	77.9	34	4	275	182.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR5600	859-87.0	Q	6	80.1	35	4	285	188.9	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR5800	892-90.0	Q	6	82.3	36	4	295	195.3	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
New Holland CR Series	CR6000	925-93.0	Q	6	84.5	37	4	305	201.7	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR6200	958-96.0	Q	6	86.7	38	4	315	208.1	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2	4	0-24	0-40.2
	CR6400	991-99.0	Q	6	88.9	39	4	325	214.5	24.1	6	L2	PS	4	0-24	0-40.2			

CARGADORES DE RUEDA (TRACCION EN LAS 4 RUEDAS)

Tipo de carga	Modelo	DATOS DE FUNCIONAMIENTO														MOTOR			
		Distancia recorrida (km)		Consumo de combustible (litros)		Consumo de aceite (litros)		Consumo de agua (litros)		Consumo de electricidad (kWh)		Consumo de otros recursos		Consumo de otros recursos		Marca	Modelo		
		h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l	h	l				
Flechero	Enchilado	861 N	3700	1878	N	1860	867.9	N/A	N/A	2900	1212.9	-	6	152.4	73	1814.2	WAT-CAHAW	W440	
	Enchilado	863 N	3100	1674	N	1860	857.9	N/A	2900	1212.9	-	6	152.4	73	1814.2	WAT-CAHAW	W440		
	Enchilado	757 A	2900	1311	N	1500	619.4	N/A	1400	274.8	-	6.5	165.3	67	1574.8	WAT-CAHAW	W440		
Mód.	812	2916.2	11 900	8581.4	N	18 265.2	8242.9	12 256.6	3458 779.5	17 281.3	7701.5	31	15.9	393.7	149	9111.2	WAT-CAHAW	W55 T	
	884	2818.4	23 460	10 577.4	N	17 305.7	7836.9	12 256.6	3458 779.5	17 281.3	7701.5	30	16	404.4	194	10 251.4	WAT-CAHAW	W55 T	
	890	2919.8	19 240	72 427.4	N	21 895.4	10 161.9	12 260.9	3458 779.5	17 281.3	7701.5	30	16	457.9	149	10 195.4	WAT-CAHAW	W55 T	
Empujador	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	D 260	
	M 840	27 43.9	28 485	12 902.9	N	28 302	931.6	18 837	6442.9	24 308	15 572.9	68	15.4	361.2	149	9 979	N/A	D1 474	
	M 840	29 11.9	33 179	13 256.9	N	33 354	10 116.9	21 505	7411.9	24 308	15 572.9	68	15.4	361.2	149	9 979	N/A	D1 444	
	M 840	29 11.9	33 179	13 256.9	N	33 354	10 116.9	21 505	7411.9	24 308	15 572.9	68	15.4	361.2	149	9 979	N/A	D1 575B	
	M 1300	3153	44 813	21 214	N	35 073	11 817.2	29 172	12 477.2	24 719	15 487.2	43	13.25	280.8	254	11 014	N/A	D1 814C	
	840	2917	79 270	25 981.2	N	32 297	12 949.9	48 985	21 784.1	24 719	15 487.2	43	13.25	274.3	214	10 217	N/A	D1 814C	
	M 840	4572	126 532	54 813	N	87 730	36 741.2	74 570	31 740	44 000	18 914	65	18.5	410	364.9	8245 516	WAT-CAHAW	W1 1710 C	
	840	1930	12 410	5 742	N	8092	407.9	N/A	N/A	9400	1993.9	88	15	381	440	11 170	N/A	D 288 D	
	840	2917	79 270	25 981.2	N	32 297	12 949.9	48 985	21 784.1	24 719	15 487.2	43	13.25	274.3	214	10 217	N/A	D1 814C	
	Empujador	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)
	Mód. 33	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
M 840		21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
Empujador L y Transporte	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
Mód. 33	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
Mód. 33	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4	149	8 201.4	N/A	G 301 (2)	
	M 840	21 64.9	11 146	3364.4	N	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11 57.9	5211.4	11	18.6	497.4</					

- PI - Se puede Importar
- EM - Ensamblado en México
- *N - No
- Y - Si
- †N - No
- Y - Si
- ** - La estabilidad de la máquina depende del tamaño de llantas, balasto en llantas traseras, o de accesorios utilizados
- ±D -- Diesel
- G -- Gasolina
- oCP - Cambio laminación transversal
- OPT - Opcional
- TR - De tracción
- A - Automática
- CC - De embrague tipo convencional
- CS - Contraje
- E -- Eléctrica
- GD - De engranajes
- H - Hidrostática
- HS - DE válvén hidráulico
- L - De cierre
- PL - Planetaria
- PS - De cambio automático
- SA - Semiautomática
- SS - De cambio suave
- VS - De poleas variables
- Todo ítem N/A - No aplica

- (A) Modelo Ford 2711-E* disponible como opción
- (B) Modelo Ford 2713 E† disponible como opción
- (C) Modelo Perkins T6.354 disponible como opción
- (D) Cangilón para uso general.
- (E) Con cabina
- (F) Solamente máquina
- (G) Infinitamente variable
- (H) Motor eléctrico
- (I) Adelante—frente al operador
- (J) Frente, trasero
- (K) Con llantas normales, balasto con llantas traseras, cangilón normal, cabina, combustible y 175 lbs. (79kg) por operador.
- (L) Al cangilón: Levantamiento = 16,200 lbs. (7338.6 kg).
- (M) Todavía no se encuentra disponible.
- (N) Al cangilón: levantamiento = 18,800 lbs (8516.4 kg).
- (P) Al cangilón: levantamiento = 22,500 lbs. (10,193 kg)
- (O) Modelo D-282 diesel también disponible
- (R) Por fuera de cangilón.
- (S) Llantas traseras
- (T) Modelo GMC 8V-71-N también disponible
- (U) Modelo GMC 8V-71-N también disponible
- (V) Modelo Cummins VTA-1710-C también disponible.
- (W) Sin extra balasto.
- (X) Modelo Perkins 6.354 también disponible.
- (Y) Perkins T6.354 también disponible. Ambos modelos con turbina.

- (Z) Dirección de largueros.
- (AA) Con llantas normales
- (BB) Con llantas normales y techo de protección.
- (CC) Modelo Cummins también disponible.
- (DD) Con brazos de alta elevación opcionales.
- (EE) Cangilón de canto derecho.
- (FF) Con llantas normales y dientes de cangilón
- (GG) Con llantas normales, techo de protección y lámparas inundantes.
- (HH) Bajo articulación
- (II) Incluye tanque lleno, operador, cangilón y llantas 15.5 x 25 - 8PR.
- (JJ) Medido 3 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante, con espiga de cangilón como pivote
- (KK) Incluye llantas 15.5 x 25 - 12 PR con 846 lbs. (382 kg) de solución CaCl₂ en llantas traseras.
- (LL) Incluye llantas 17.5 x 25 - 12 PR con 1182 lbs. (540 kg) de solución CaCl₂ en llantas traseras
- (MM) Incluye llantas 25.5 x 25 - 20 PR con 3038 lbs. (1380 kg) de solución CaCl₂ en llantas traseras
- (NN) Incluye cabina estándar y llantas 38.00 x 30-30-PR con 7680 lbs. (3570 kg) de solución CaCl₂ en llantas traseras.

CARGADORES DE ORUGA

FUNCIONAMIENTO (en todos los aspectos)

Fabricante	Modelo	Consumo promedio de combustible (litros/hora)		Consumo promedio de aceite (litros/hora)		Potencia nominal (CV y kW)			Velocidad de avance (m/min)			Velocidad de avance (km/h)		Velocidad de avance (km/h)		Ciclo de trabajo (horas)		Ciclo de trabajo (horas)							
		CV	kW	CV	kW	B	HG	H	HG	H	HG	B	HG	B	HG	B	HG	B	HG	B	HG				
JCB	940	666	474	75	573	160	294.4	63	1605.2	88	2438.4	38	865.2	158	2922.4	155	2817	60	1524	10 400	4578			5 500	
	950	810	512	1	783	275	255.5	87.8	1222.1	84	2445.2	36.75	853.6	150	4081	162	4118.8	64	1575.6	13 400	4 589			7500	
	960	1 170	811	1 215	1.5	1245	419.1	18.5	1842.1	88.5	2521.9	66.5	1581.1	180	4572	168.5	4788	63	1701.6	11 900	8 512.8	11 000	1998.5	11 000	
	9150M	1 82	1.2	1.75	1.3	1745	791.8	81.2	2167.5	804	2541.9	54	1374.9	188	4908.9	184	4673.4	72	1894.8	24 800	11 248	16 200	2575	16 408	
	7450	1 45	1.4	2.25	1.7	2786	1045.5	86	3225.2	114	2924	66	1676.4	216.5	5265.4	202	5136.5	81	2082.4	31 208	14 256.5	16 600	3439.4	27 498	
Caterpillar	951	8700	4785	101	825	788	348	80.1	2445.21	82	2445.21	82	2445.21	152	3988	161.6	4476.04	86.5	2490	16 800	8714.1	8400	4120	11 700	
	961 B	1 2470	8740	1 500	1 140			102	2575	102	2575	102	2575	168	4478	172.6	4818	73	1888	23 500	13 390	11 600	5240	12 300	
	964	1 890	1 370	201	1 340			114	2865	114	2865	114	2865	195	4878	195	4878	85	2167.2	28 200	13 700	12 650	8460	13 100	
	977L	2 330	1 740	2 750	2 140			126	3165	126	3165	126	3165	231	5619	231	5619	88	2290	47 500	16 360	24 370	11 210	14 280	
	981	3 740	2 840	4 540	3 400			148	3858	148	3858	148	3858	267	6765	267	6765	114	2940	71 600	22 548	48 680	22 080	23 400	
John Deere	9510	830	441	35	575	775	251.1	64	1658	64	2438.2	38	942	143.3	3610	143.3	3610	60	1524	12 400	5674.4	2750	2470	12 100	
	9510C	1 05	611	1 25	936	998	411.1	72.25	1825.2	163	2618.2	32	816.3	169.25	4178.1	172	4318	64	1678.4	18 200	2575	8200	1125	14 988	
	9515	1 052	624	1 25	940	996	451.9	72.25	1825.2	160	2618.2	32	816.3	169.25	4178.1	172	4318	64	1678.4	18 200	2575	8200	1125	14 988	
Genie	951	830	5	259	4			64	1658	64	2438.2	38	942	143.3	3610	143.3	3610	60	1524	12 400	5674.4	2750	2470	12 100	
	951	830	5	259	4			64	1658	64	2438.2	38	942	143.3	3610	143.3	3610	60	1524	12 400	5674.4	2750	2470	12 100	
International Harvester	9016-71	86	32	75	575	150	294.4	68.7	1680	88.7	2487	29.9	748.4	158.4	3928.9	176	4445	82	1874.8	12 500	1428	7500	3400	10 100	
	1008	82	200	1.13	884	180	263.8	68.5	1738.8	67	2403.8	31.1	805.2	158	3928.2	180.5	4772.2	83	1858	15 400	1072.2	8060	4127.2	11 144	
	1216	1 110	816	1.38	1111	840	428.4	71.8	1818.8	103.5	285.4	36.2	978.2	184.75	4778.1	184.5	4778.1	85	2211.8	18 850	8471.4	11 128	5177.4	18 416	
	1316	1 172	827	2	115	1912	654.2	86	2164.2	158	3918.8	60	1524	194.5	4962.3	180	4572	81	2057.4	22 800	12 168	18 318	8946.2	22 376	
	159C	2 225	1.2	2 29	3.1	3730	1487	86	2138.4	128	3276.8	89	2192.8	229	5818	211	5348.4	64	2487.8	43 880	16 628	26 648	11 400	16 276	
JCB	116	2 225	1.5	12	1488	461.5	86	2138.4	100	2487	85	2143	102	2592	146	3761.4	85	2152.8	20 260	8618	16 978	8718	13 208		
Mitsubishi	97 200	626	416	79	573	350	296.1	63	1658.4	88.5	2478.2	38	942	152	3898.2	168.5	4318.2	80	1578	16 870	8798.2	8400	2948.2	7600	
	97 300	1 170	846	1 25	940	1215	451	72	1855.1	86.5	2411.1	37	909.9	154	3918.9	181	4628.4	79	1878.6	18 211	8418	16 270	8791.1	18 500	
	97 400	1 8	1.3	1 825	1.2	1782	800.4	88	2032	100	2548	23	638.9	208	5232.9	198	4778.2	79	1908	24 880	11 932	17 960	2874.4	14 300	
	97 500	1 8	1.9	2.25	1.7	1818	888.4	88	2032	102	2592	28	688	180	4572	191	4851.4	82	2082.8	28 521	16 570	18 640	3088.3	18 840	

CARGADORES DE ORUGA

Fabricante	Modelo	MOTOR										CARRILLO										Transmision Tipo				
		Cilindros		Potencia (CV)		Velocidad (km/h)		Peso (kg)		Ancho (cm)		Cilindros		Potencia (CV)		Velocidad (km/h)		Peso (kg)		Ancho (cm)						
		Eq	Diag	Usg	In	mm	Ap	pm	Eq	Diag	Usg	In	mm	Ap	pm	Eq	Diag	Usg	In	mm	Ap		pm			
John Deere	350	2604	80	110	11	279.4	CASE	G-180	39	2000	4	160	3.1	15	12.3	87.5	35	19	20.4	43	1002.2	-	-	12-14	304 x 355 x 4	GD
	450	3430	80	110	13	304.8	CASE	G-180	51	2000	4	160	3.1	20	14.2	78.8	38	19	20.4	52	1300.8	-	-	12-14	304 x 355 x 4	PS
	450	3430	80	140	10	254	CASE	A-1870	71	2100	4	381	1.8	38	30	130.4	38	15	30.2	54	1371.8	-	-	12-14	300 x 350 x 4	PS
	1150M	8448	80	160	15	330.2	CASE	A1570	100	2400	8	451	1.4	52	43.2	140.8	48	18	30.7	42	1371.8	-	-	12-14	301 x 350 x 4	PS
	1450	12242	80	160	18	381	CASE	A5040T	130	2700	8	504	1.3	65	54.2	144.4	48	18	30.7	54	1371.8	-	-	12-14	301 x 350 x 4	PS
Caterpillar	911	4830	-	-	13.7	344	CAT	3701	81	2100	4	218	1.7	30	26	114	38	13	30.5	58	1470	-	-	-	-	PL PS
	941B	6210	-	14	15.21	345.31	CAT	D330	81	2070	4	425	1.7	42	38	159	38	13	33.0	60	1670	-	-	-	-	PL PS
	955L	10540	-	21	15.23	470.61	CAT	D330	120	2100	4	425	1.7	64	60.5	207	41	14	30	60	1670	-	-	-	-	PL PS
	973L	13540	-	25	16.41	474.51	CAT	D373	180	1900	8	590	1.65	100	83.5	211.7	41	13	45.5	75	1830	-	-	-	-	PL PS
	983	18000	-	34	22.50	607.51	CAT	D373	275	2040	8	641	1.5	136	113.5	340	42	22	44.8	92	2140	-	-	-	-	PL PS
John Deere	JD300B	3474.5	40	70	13.25	336.8	INTERNATIONA	DI-152	41	2500	2	152	1.5	22	18.3	112	36	12	31.8	48	1210.2	7.2	46.2	12	304 x 350	PS
	JD450C	5113.8	40	70	14.25	362	INTERNATIONA	DI-211	80	2500	4	218	1.5	33	25.8	117.3	37	14	35.8	62	1320.8	7.8	51.8	14	315.4	PS
	JD555	7144	40	70	14.25	362	INTERNATIONA	DI-211	121	2100	4	275	1.5	51	25.8	117.3	37	14	35.8	62	1320.8	8.5	44.8	14	315.4	PS
Eaton Trac	820	-	-	-	8	152.4	EATON	211	22	1200	5	-	-	-	-	-	25	8	22.8	45	1143	-	-	8	279.4	AVD
	830	1400	-	-	8	152.4	EATON	211	22	1200	5	-	-	-	-	-	28	8	22.8	45	1143	-	-	8	279.4	AVD
International Harvester	300E 75	4812	40	-	15.1	327.3	INTERNATIONA	B-115	41	2500	3	155	1.5	27.5	23.8	104.1	35	13	30.1	50	1210	7.8	52.4	10-14	304 x 350	PS
	400E	6000.3	30.5	60.5	12.4	325.1	INTERNATIONA	D-275	65	2400	4	230	1.8	38	26	115.7	37	13	30.8	62	1320.8	9	42.5	12-14	304 x 350	PS CS
	125L	2154.1	30.5	60.5	11.5	301	INTERNATIONA	DI-220	28	2400	4	220	1.8	38	31.5	144.1	38	13	30.2	64	1371.8	9.4	46.2	12-14	300 x 350	PS CS
	175C	11300	40.5	30.5	17.15	438.8	INTERNATIONA	DI-400	120	2430	4	400	1.4	60	50	227.3	39	13	30.1	66	1470.4	11.1	48.8	12-14	301 x 350	PS CS
	290C	17321	48	81.5	18.5	468.8	INTERNATIONA	DI-570	180	2470	8	573	1.4	88	71.1	325.3	43	14	35.2	78	1670.2	11.3	47.8	12	317.2	PS CS
110	3400.7	40	70	13	361	INTERNATIONA	B-740	41	2400	4	240	1.4	46	36.3	114.1	37	13	29.2	58	1272.4	7.46	46.2	12	310.2	PL PL	
Massey Ferguson	MF 200	2175.2	45	64	10.5	300.7	PERKINS	A3 152	44	2150	3	152.7	1.5	11.1	8.3	42.3	36	13	30.8	49	1210.2	6.7	46.2	11	304.8	CS, HV
	MF 300	3281.9	45	67	10	301	PERKINS	A4 240	83	2100	4	240	1.4	20.5	23.5	100.2	37	14	30.8	64	1152.2	6.8	60.7	11	304.8	PS
	MF 400	4800	41	66	12.5	377.9	PERKINS	A4 304	83	2200	6	304	1.4	38	30	136.4	37	15	30.1	60	1274	7.4	64.8	11	301	CS HV
	MF 500	6800.3	41	62	13	399.2	PERKINS	A4 310	121	2400	6	310.71	1.4	55	43.5	200.2	40	18	30.1	64	1274.4	13.1	60.7	12-16	301 x 350	PS

Fabricante	Modelo	TRANSMISIÓN				SISTEMA HIDRÁULICO						
		Convertidor de fuerza de tracción	Embrague del motor	Velocidad máx. transmitida hacia adelante		Capacidad del sistema			Presión máx. de trabajo		Tipo de bomba	Número de bombas
				MPH	km/h	U.S. gal.	Imp. gal.	Litros	Psi	KPa		
John Deere	350	Y	N	4.85	7.8	8	6.7	30.5	2000	13,790	G	1
-	450	Y	N	7.2	11.6	7.5	6.3	28.6	2000	13,790	G	1
-	850	Y	N	6.5	10.5	8.8	7.2	32.7	1850	12,785	G	1
-	1150B	Y	N	8.2	10	15	12.5	56.8	2000	13,790	G	1
-	1450	Y	N	5.5	8.9	22	18.3	83.2	2500	17,237	G	1
Caterpillar	* 931	-	-	8.9	11.1	13	10.6	49.2	-	-	G	-
-	* 941B	Y	-	5.5	8.9	21	17.5	79.5	-	-	V(H)	-
-	* 955L	Y	-	5.6	9	37(K)	30.8(K)	140(K)	-	-	V(H)	-
-	* 977L	Y	-	5.8	9.3	36.5(L)	30.4(L)	138(L)	-	-	V(H)	-
-	* 983	-	-	6.3	10.1	38(L)	31.7(L)	144(L)	-	-	-	-
John Deere	JD350B	N	Y	1.4-6.5	2.3-10.5	12.5	10.4	47.3	2250	15,513	G	1
-	JD450C	N	Y	1.3-6.7	2.1-10.8	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
-	JD555	Y	N	5.63	9.1	12.25	10.2	46.4	2250	15,513	G	1
Erco TMD	630	N	N	0-1.5	0-2.4	-	-	-	-	-	-	-
-	832	N	N	0-1.5	0-2.4	15	12.5	56.8	1250	8618.5	G	1
International Harvester	500E-75	Y	N	5.9	9.5	17	14.2	64.6	2250	15,513	G	1
-	100E	Y	N	5.28	8.5	15.4	12.8	58.2	2150	14,824	G	1
-	FN 125E	Y	N	5.32	8.6	15	12.5	56.8	2150	14,824	G	1
-	175C	Y	N	5.2	8.4	24	20	90.9	1900	13,100	G	1
-	250C	Y	N	5.28	8.5	28	23.3	105.9	2000	13,789.5	G	1
JCB	110	N	N	5.5	8.9	84	70	318.2	2500	17,237	G	1
Massey Ferguson	MF200	N	N	1.7-5.7	2.7-9.2	11.1	9.3	42.3	2150	14,824	G	1
-	MF300	Y	N	2.17-4.04	3.5-6.5	8	6.7	30.5	2150	14,824	G	1
-	MF400	Y	N	2.17-3.95	3.5-6.4	27	22.5	102.3	2200	15,169	G	1
-	MF500B	Y	N	2.64-5.28	4.3-8.5	28.6	23.6	108.2	2000	13,790	G	1

- PI — Se puede Importar
- EM — Ensamblado en México
- FN — Fabricación Nacional.
- *AMD — Motor neumático
- CS — Contraeje
- CD. — De engranajes
- HY — Hidrostática
- PL — Planetaria
- PS — De cambio automático
- PSR — De reversioner automático
- ±N — No
- Y — Si
- ±G. — De engranajes
- V — De paletas

Todo ítem N/A — No aplica.

- (A) — Altura de paso de la máquina
- (B) Peso de embarque
- (C) A plena elevación
- (D) Cangilón para uso general
- (E) Incluye tanque lleno, 170 lbs. (77 kg) por operador, protectores inferiores, y de rodillos de orugas, dientes de cangilón, iluminación, gancho de tracción, y techo de protección.
- (F) Con 7 pies (2130 mm.) de paso.
- (G) De la cara de zapata
- (H) Sistema hidráulico del cangilón
- (I) A arista cortante
- (J) Por fuera de tapas del árbol de catalina
- (K) Controles de cangilón, incluyendo tanque y tuberías hidráulicas.
- (L) Controles de cangilón
- (M) Medido 4 pulgadas (102 mm) detrás de junta de arista cortante con espiga de cangilón como pivote.

RENDIMIENTO

En el movimiento de tierras lo que más nos interesa es minimizar los costos de producción, es decir obtener el costo más bajo posible por unidad de material movido.

Se entenderá por rendimiento al volumen de material movido durante la unidad de tiempo. Este depende de numerosos factores como son:

- a) Capacidad del cucharón y su posibilidad de llenado
- b) Tipo de material
- c) Altura del terreno a excavar y la altura de descarga
- d) La rotación necesaria entre la posición de excavación y descarga
- e) La habilidad del conductor
- f) La rapidez de evacuación de los materiales
- g) Características de la organización de la empresa
- h) Capacidad del vehículo o recipiente que se cargue

El rendimiento aproximado de un cargador se puede valorar de las siguientes formas:

- A) Por observación directa
- B) Por medio de reglas y fórmulas (teórico)
- C) Por medio de tablas proporcionadas por el fabricante

A) Cálculo del Rendimiento de un Cargador por medio de Observación Directa.

La obtención de los rendimientos por observación directa es la medición física de los volúmenes de materiales movidos por el cargador,

durante la unidad horaria de trabajo, Cronómetro en mano.

Con este método se obtienen los rendimientos reales, sin embargo, este sistema requiere de contar con la máquina en el frente de trabajo, por esta razón no es posible usarlo para tomar una decisión de compra. Este método nos proporciona un medio objetivo de comparación entre el rendimiento real y el rendimiento teórico.

B) Cálculo de Rendimiento de un Cargador por medio de Reglas y Fórmulas.

El rendimiento aproximado de un cargador por medio de este método puede estimarse del modo siguiente:

Se calcula la cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo y ésta se multiplica por el número de ciclos por hora. De esta forma se obtiene el rendimiento horario.

$$m^3/\text{Hora} = m^3/\text{Ciclo} \times \text{Ciclos/Hora}$$

La cantidad de material que mueve el cucharón en cada ciclo es la capacidad nominal del cucharón afectada por un factor que se denomina "Factor de Carga", expresado en forma de porcentaje, que depende del tipo de material que se cargue. Este factor de llenado o de carga debe tomarse muy en cuenta pues el cucharón no se puede llenar al ras más que en los terrenos ligeros en condiciones óptimas. En terrenos pesados especialmente arcilla, el cucharón sólo se llena parcialmente, mientras que en materiales rocosos el llenado es aún más imperfecto.

$$m^3/\text{Ciclo} = \text{Capacidad nominal del Cucharón} \times \text{Factor de Carga}$$

El factor de carga se puede determinar empíricamente para cada caso en particular o sea por medio de mediciones físicas, o tomarse de los manuales de fabricantes, por ejemplo, tenemos los siguientes valores, tomados de un fabricante:

<u>MATERIAL SUELTO</u>	<u>FACTOR DE CARGA</u>
Agregados húmedos mezclados	95 - 100 %
Agregados uniformes hasta de 1/8"	95 - 100 %
Agregados de 1/8" a 3/8"	85 - 90 %
Agregados de 1/2" - 3/4"	90 - 95 %
Agregados de 1" - o más	85 - 90 %
<u>MATERIAL DINAMITADO</u>	
Bien fragmentado	80 - 85 %
De fragmentación mediana	75 - 80 %
Mal fragmentado	60 - 65 %

Para determinar el número de ciclos/Hora en la operación de un cargador, se debe determinar la eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora y éste dividido entre el tiempo en minutos del ciclo total.

$$\text{Ciclos/Hora} = \frac{\text{Minutos Efectivos por Hora}}{\text{Tiempo total de un Ciclo (minutos)}}$$

La eficiencia de la operación o sea los minutos efectivos de trabajo en una hora, depende de las condiciones del sitio de trabajo y las características de la organización de la empresa. Se puede estimar de la forma siguiente:

Condiciones del sitio del trabajo.	Características de la Organización							
	Excelente		Buenas		Regular		Malas	
	%	Min/Hr.	%	Min/h	%	Min/H	%	Min/H
Excelentes	84	50.4	81	48.6	76	45.6	70	42.0
Buenas	78	46.8	75	45.0	71	42.6	65	39.0
Regular	72	43.2	69	41.4	65	39.0	60	36.0
Malas	63	37.8	61	36.6	57	34.2	52	31.2

El tiempo total de un ciclo está compuesto por el tiempo del ciclo básico más el tiempo del ciclo de acarreo.

El tiempo del ciclo básico incluye, el tiempo de carga, descarga, cambios de velocidades, el ciclo completo del cucharón y el recorrido mínimo.

El ciclo básico lo podemos tomar en forma teórica de estadísticas de varias obras o de recomendaciones de fabricantes. Estos nos dicen que el tiempo del ciclo básico es del orden de 20 a 25 segundos y que se ve afectado por diversos factores que se han estimado aproximadamente como sigue:

MATERIAL	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico.
De diversos tamaños	+ 1.2
Hasta de 1/8"	+ 1.2
De 1/8" a 3/4"	- 1.2
De 3/4" a 6"	0.0
De 6" o más	+ 1.8 y más
En el banco o fragmentado	+ 2.4 y más

MONTON	
Apilado con transportador o tractor a 3 mts. o más	0.0
Apilado con transportador o tractor menos de 3 mts.	+ 0.6
Descargado de un camión	+ 1.2

DIVERSOS	Segundos que deben añadirse (+) o restarse (-) del tiempo del ciclo básico
Posesiones en común de camiones y cargador	- 2.4
Operación continua	- 2.4
Operaciones intermitentes	+ 2.4
Tolvas o camiones pequeños	+ 2.4
Tolvas o camiones endebles	+ 3.0

El ciclo de acarreo, es el tiempo que requiere la máquina en transportar el material de la salida del sitio de carga, al lugar de descarga y regresar vacío al lugar del abastecimiento.

El tiempo de este ciclo de acarreo, si se desconoce, puede tomarse de gráficas hechas por los fabricantes o prepararse con datos estadísticos medidos en la obra en forma apropiada.

A continuación se presentan varias gráficas del tiempo estimado de acarreo o retorno para diversos cargadores, las cuales se han preparado en las siguientes condiciones:

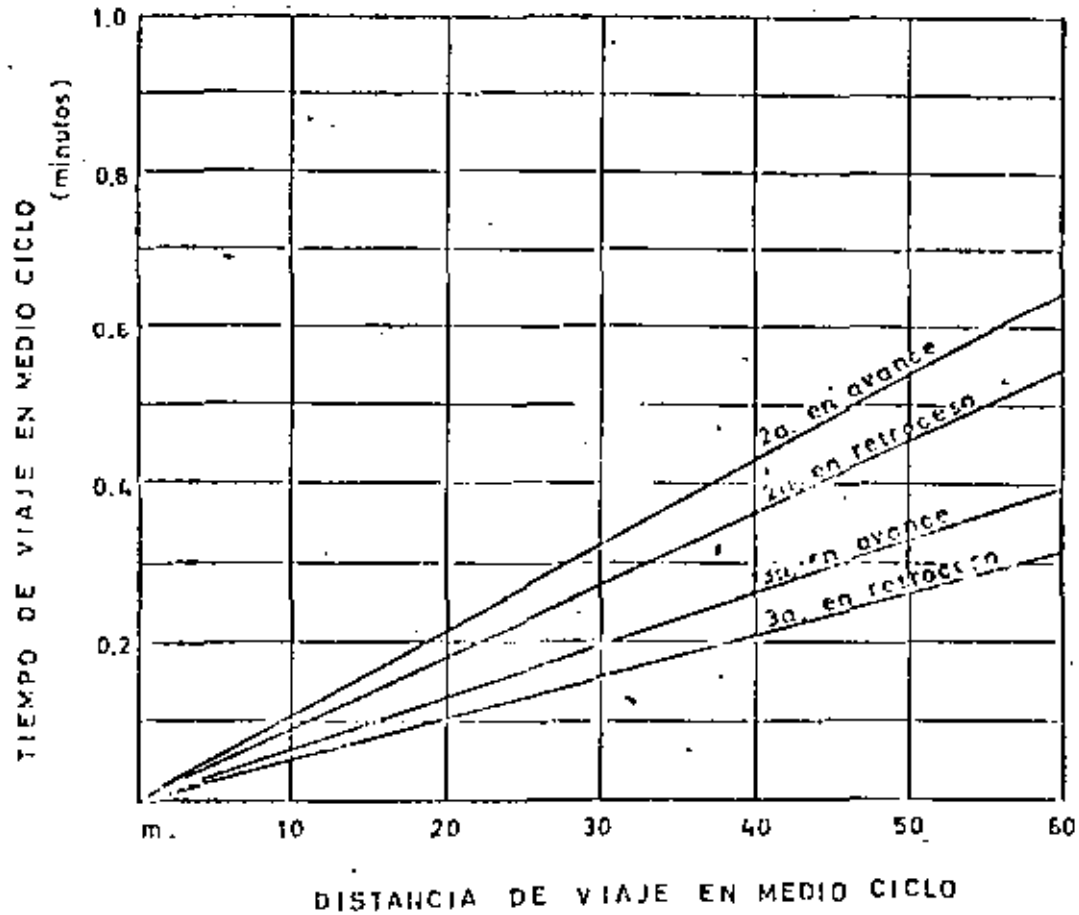
— Sin pendiente

46

- Las velocidades son prácticamente las mismas con carga o sin ella.
- Se considera el tiempo de aceleración en el tiempo de maniobras.
- La posición del cucharón es constante en el recorrido.
- No se incluye el recorrido efectuado en el tiempo de maniobras.

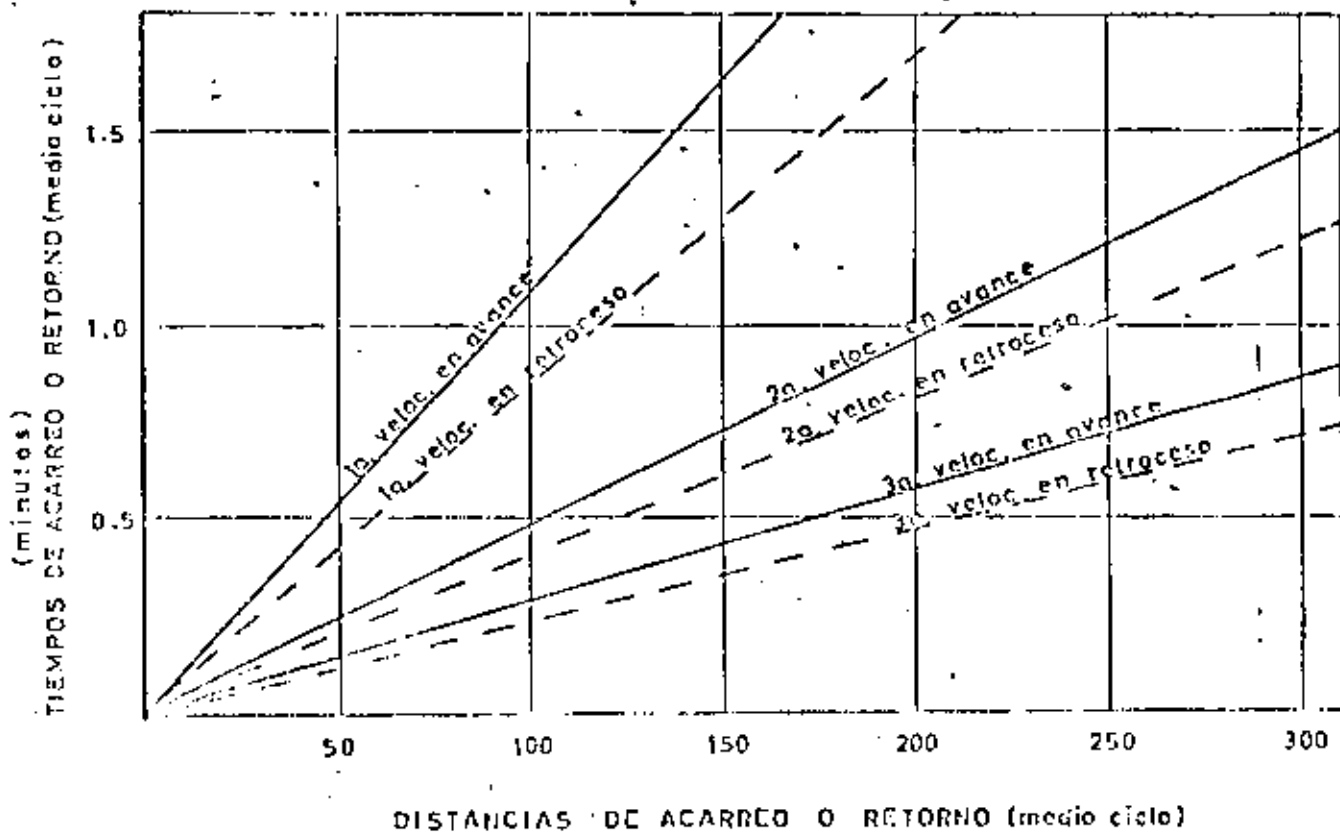
TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 2 Yd3.

47

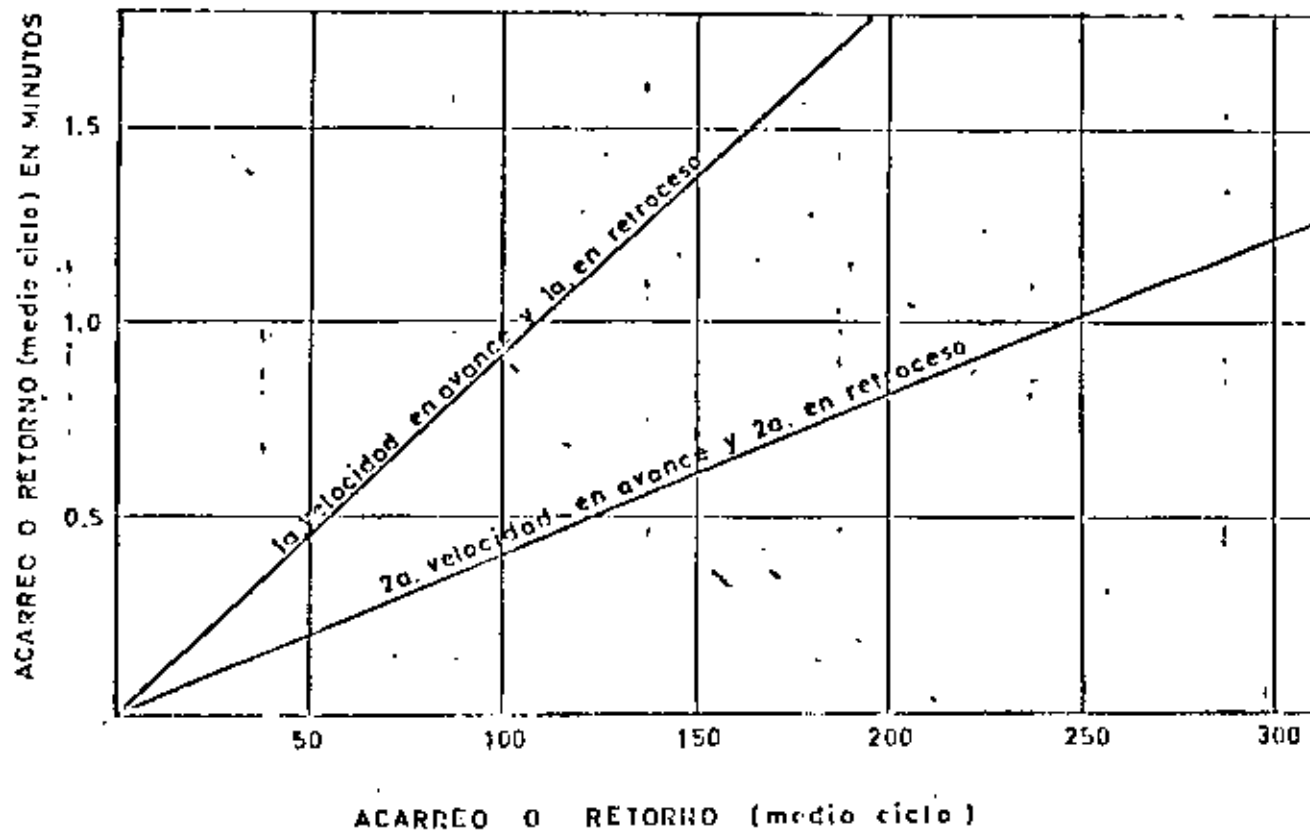


47

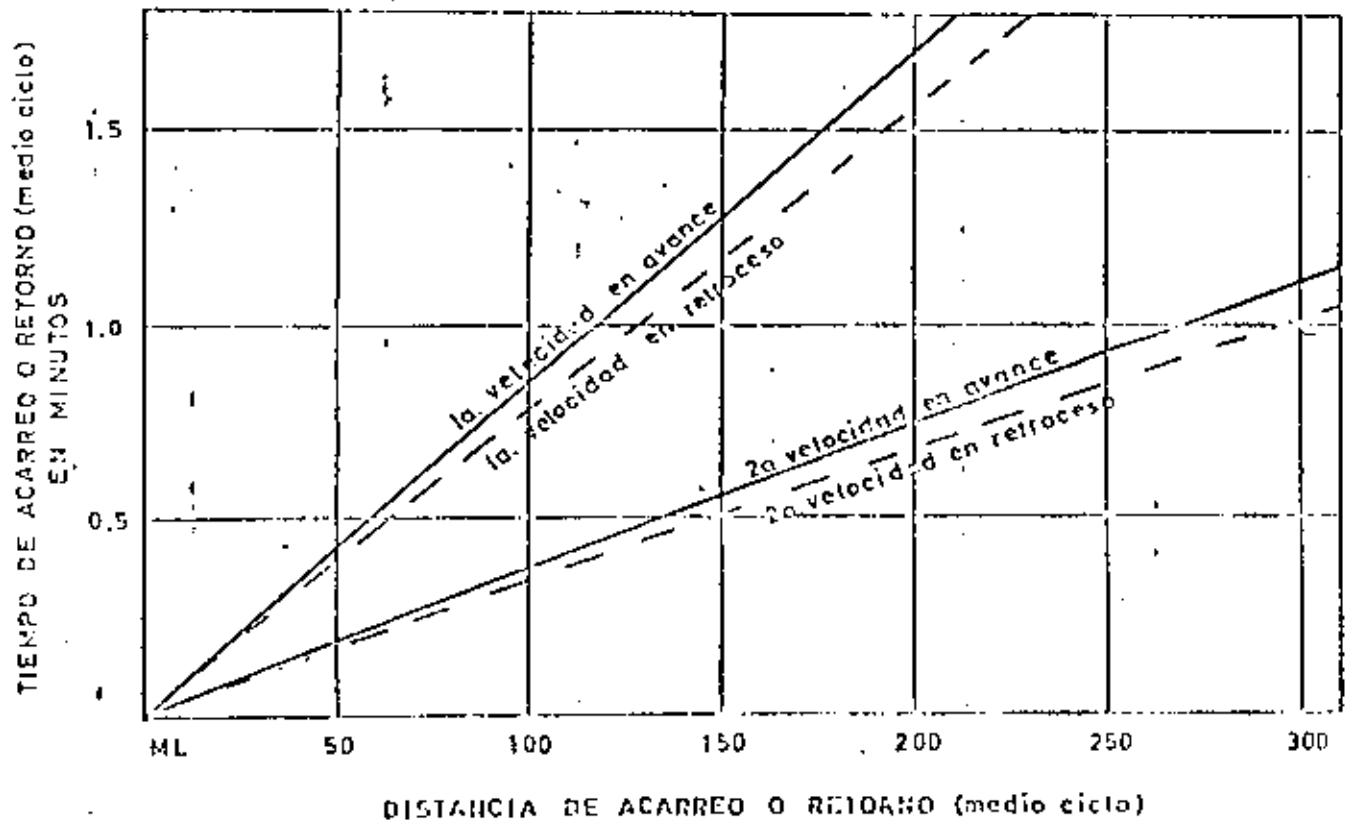
TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR DE RUEDAS DE 2 Yd3.



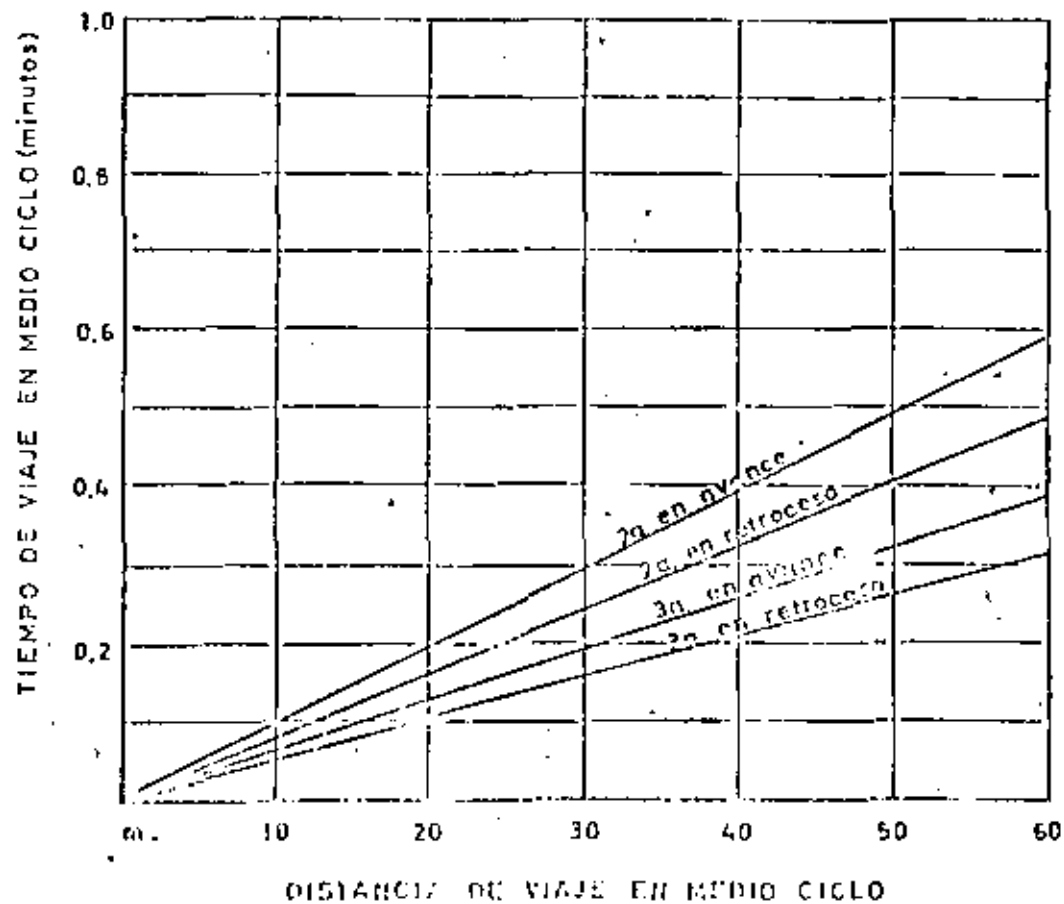
TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 6 Yd³.



TIEMPO ESTIMADO DE ACARREO O RETORNO PARA UN CARGADOR
DE RUEDAS DE 10 Yd3.



TIEMPO ESTIMADO DE VIAJE PARA UN CARGADOR
DE CARRILES DE 5 Yd3.



C) Cálculo del Rendimiento por medio de Tablas proporcionadas por el Fabricante.

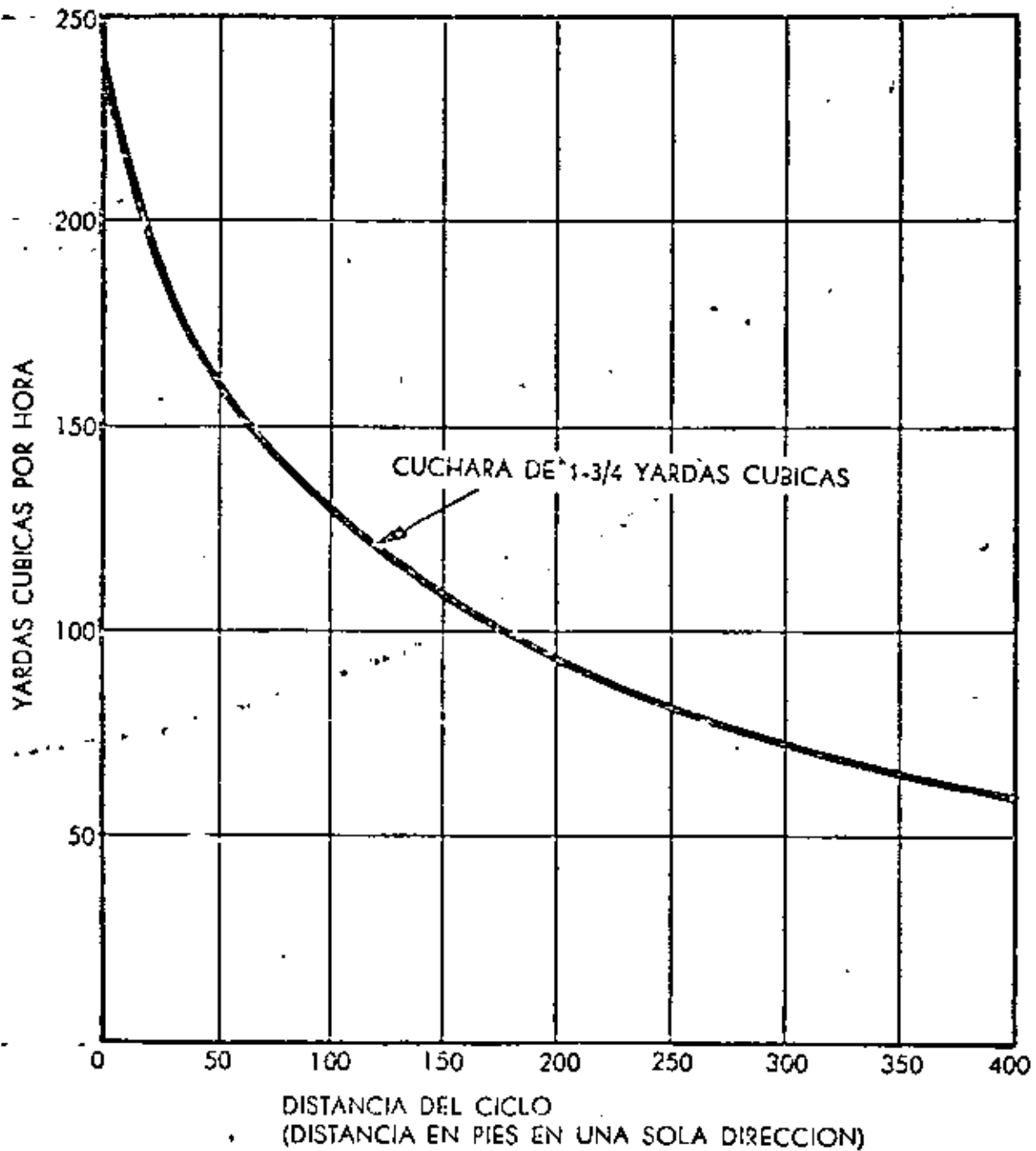
Los fabricantes de equipos cuentan con manuales donde se justifican los rendimientos teóricos de las máquinas que producen para determinadas condiciones de trabajo. Los datos se basan en pruebas de campo, análisis en computadora, investigaciones en el laboratorio, experiencia, etc. Tomando en cuenta las medidas necesarias para conseguir exactitud.

Debe tomarse en cuenta, sin embargo, que todos los datos se basan en un 100% de eficiencia, algo que no es posible conseguir ni aún en condiciones óptimas. Esto significa, que al utilizar los datos de eficiencia y producción, es necesario rectificar los resultados que se dan en las tablas, mediante factores adecuados a fin de compensar el menor grado de eficiencia alcanzada, ya sea por las características del material, la habilidad del operador, la altitud y otros sin número de factores que pudieran reducir la producción en un determinado trabajo.

Por lo anterior mencionado se puede concluir que antes de utilizar cualquier información sobre rendimientos contenido en determinado manual, es esencial conocer detalladamente las condiciones que pueden afectar el trabajo de la máquina. Luego, el manual de rendimientos es tan solo una ayuda que si no se compara con la experiencia y el conocimiento de las condiciones donde se desarrolla el trabajo, los rendimientos obtenidos de esta manera resultan falsos.

De las investigaciones y pruebas llevadas a cabo por los fabricantes del cargador marca Michigan, sobre el terreno, se obtuvieron gráficas de producción como las siguientes:

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 75A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

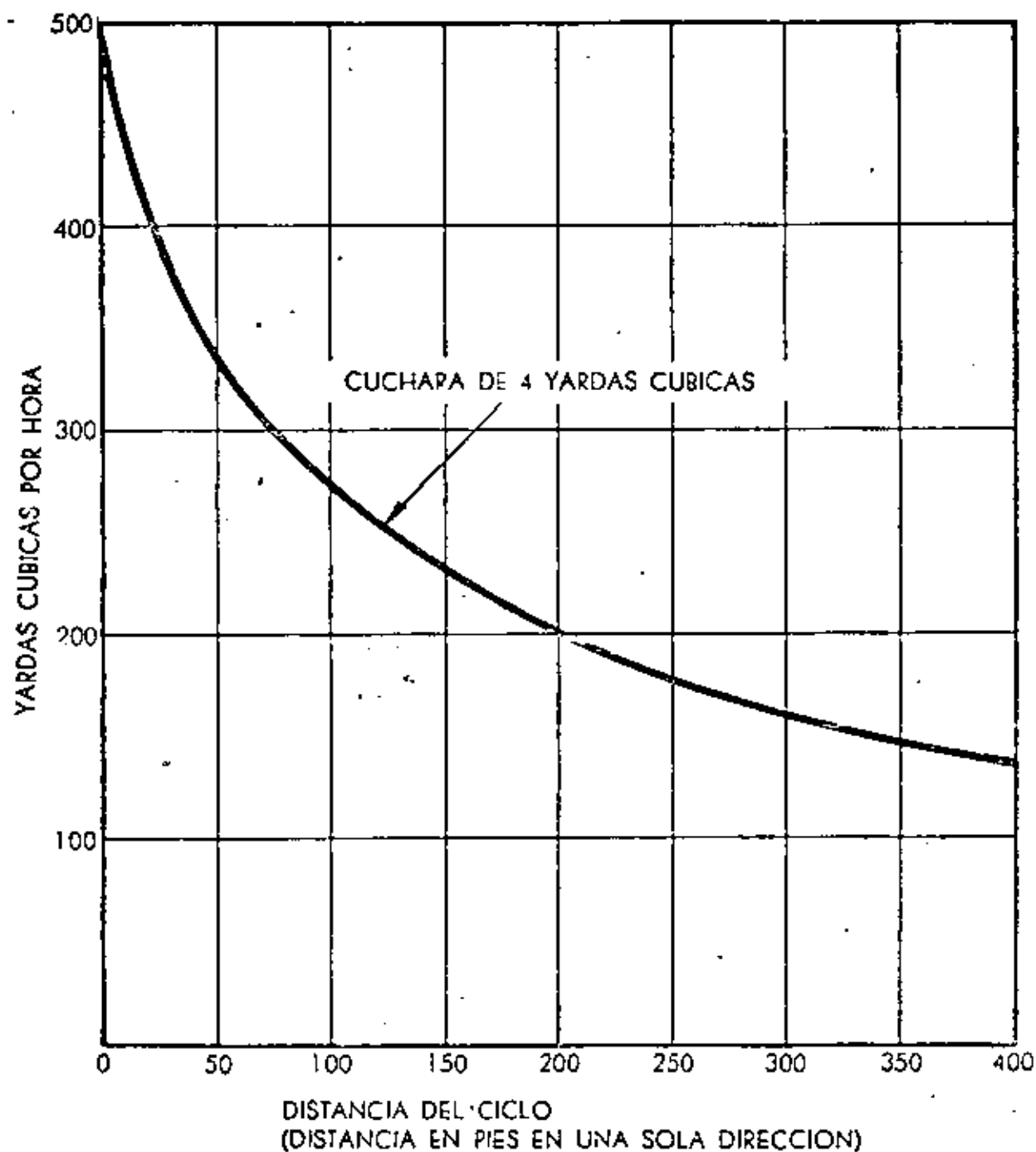
CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO

HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS

PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%: REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 175A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

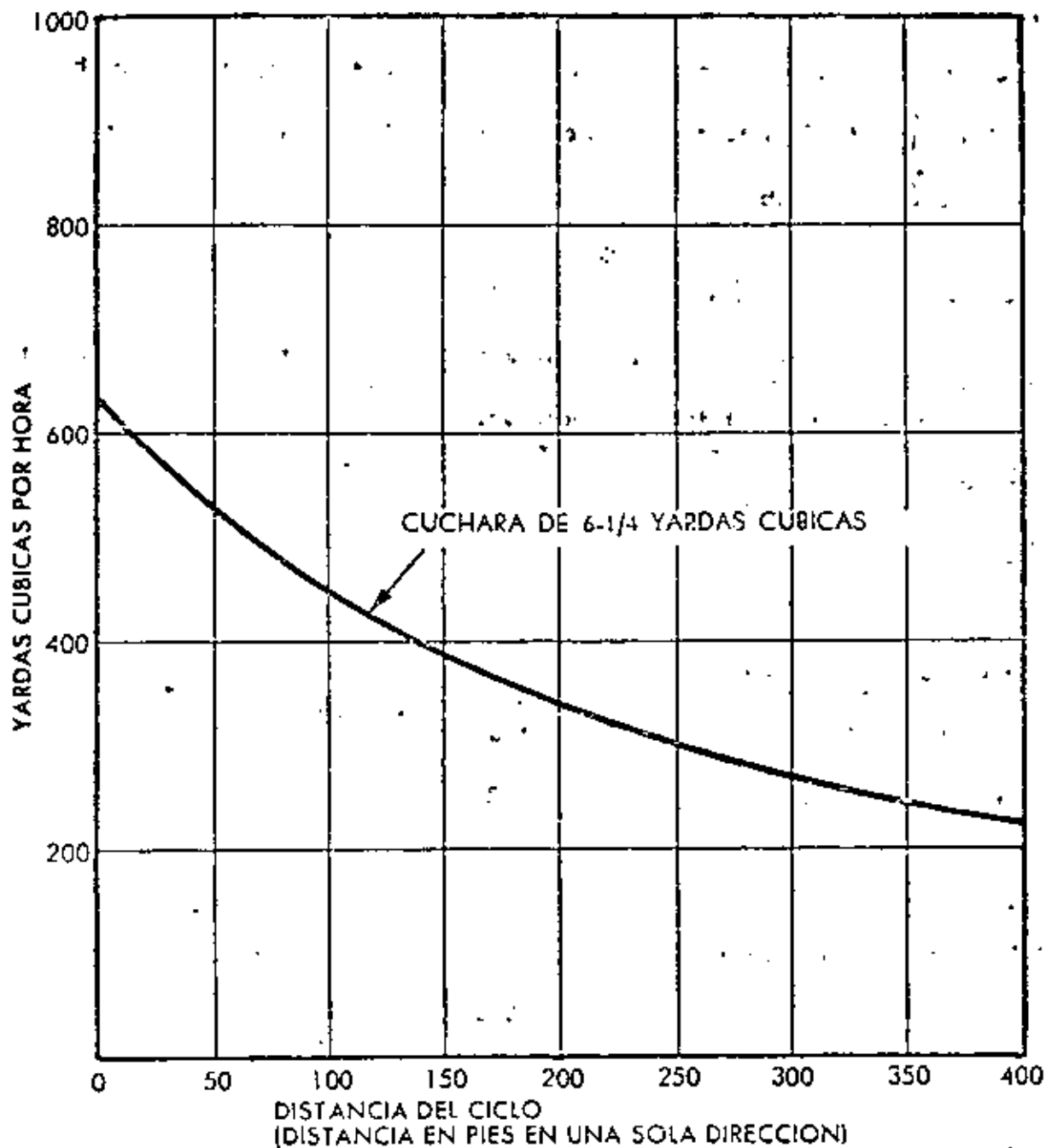
CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO

HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS

PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%: REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PRODUCCION EN YARDAS CUBICAS POR HORA
CARGADOR MODELO 275A, SERIE II



SUPUESTO DE PRODUCCION:

CARGA DE MONTON - TERRENO FIRME Y LLANO
HORA DE TRABAJO - 60 MINUTOS
PESO DEL MATERIAL - 2.800 LBS. POR YARDA CUBICA

PARA PENDIENTES ADVERSAS DE MAS DEL 5%, REDUZCASE LA PRODUCCION EN UN 2% POR CADA 1% ADICIONAL.

PROBLEMA

a) Datos.

Calculemos la producción de un cargador de ruedas equipado con cucharón de $3\frac{1}{2}$ y d3 (2.67 m^3), cargando camiones de 10 m^3 de capacidad propia de la misma empresa.

Material Grava triturada $1\frac{1}{2}$ " tam. max.
almacenada en pilas de 6m. de altura en operación continua, con horas de 50 minutos efectivos.

Solución:

Paso 1

Capacidad del cucharón	2.67 m^3
Factor de carga	0.85
Volumen por ciclo:	$2.67 \text{ m}^3 \times 0.85 = 2.27 \text{ m}^3$

Paso 2

Cálculo del tiempo del ciclo:

Ciclo básico	25.0 seg.
Correcciones:	
- por el material	0.0
- por el montón	0.0
- posesión en común de cargador y camiones	- 2.4
- operación continua	- 2.4
	<u>20.2 seg.</u>

$$\frac{20.2 \text{ seg.}}{60.0 \text{ seg.}} = 0.34 \text{ min.}$$

Paso 3

$$\text{Ciclos-hora} = \frac{50 \text{ min/hora}}{0.34 \text{ min/ciclo}} = 147 \text{ ciclos/hora}$$

Paso 4

$$\begin{aligned} \text{Producción} &= 2.27 \text{ m}^3/\text{ciclo} \times 147 \text{ ciclos/hora} \\ &= 333.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

La elección del cargador apropiado para un determinado trabajo se puede hacer en la forma inversa de la solución del problema anterior; es decir, ustedes conocen sus necesidades de producción y las condiciones de su obra, su problema es, calcular la capacidad del cucharón; y con esto efectuarán la primera parte de la elección.

Cargador vs. Pala mecánica

Si recordamos la evolución habida en los trabajos de movimiento de roca y analizamos los cambios que ha habido en los últimos años, tanto en la maquinaria como en la utilización de la misma, notamos que la más significativa tendencia es que cada día más y más cargadores reemplazan a las palas mecánicas en el movimiento de rocas.

Históricamente, las palas, además de funcionar como una herramienta de carga, terminaban el trabajo que la barrenación y voladura habían iniciado. Sin embargo, con los avances tecnológicos en barrenación y explosivos, muchas de las necesidades que existían han sido eliminadas; y la utilización de cargadores en los bancos de roca se ha multiplicado rápidamente.

Es decir, las desventajas de las palas (alta inversión, poca movilidad, altos costos de transportación, etc.) aunadas a los avances tecnológicos

en explotación de bancos de roca, han provocado la declinación de su uso.

Pero esto no es todo; el desenvolvimiento de este nuevo método de movimiento de rocas lo provocaron dos causas muy poderosas para nosotros: Producción y Costo.

Un cargador de 6 yd³ ha probado que puede, por lo menos, igualar la productividad de palas de más de 5 yd³ de capacidad; y que además puede cargar material a un costo comparable al de palas de 4 y hasta 5 yd³ de capacidad.

Veamos un ejemplo comparativo entre un cargador de 10 yd³ y una pala de 6 yd³, en la carga de roca caliza de una cantera, a camiones.

<u>Concepto</u>	<u>Cargador</u>	<u>Pala</u>
Tiempo de carga	0.08	0.08
giro	0.14	0.09
descarga	0.05	0.04
regreso	<u>0.13</u>	<u>0.13</u>
ciclo	0.40	0.34
arreglo de piso	0.10	0.18
espera	<u>0.20</u>	<u>0.20</u>
ciclo total	0.70	0.72
ciclos por hora	85.7	83.3
producción por hora	523.3	305.6
diferencia	71 %	
costo horario	\$ 2,160.00	\$1,452.90
costo por m ³	4.13	4.75
diferencia	15 %	

Además, el cargador ofrece otras ventajas sobre la pala:

Movilidad. - Un cargador puede moverse fuera del área de voladura rápidamente y con seguridad; y antes que el polvo de la explosión se disipe el cargador puede estar recogiendo la roca regada y preparándose para la entrega de material.

Podemos mover también el cargador hacia el taller para hacerle mantenimiento y reparaciones. Comparen esto con el tener que llevar herramienta y equipo para reparar una pala.

Versatilidad. - El cargador puede mover rápidamente de un lugar a otro el material que se requiera. Es decir, puede realizar la operación de carga y acarreo de roca, en ciertas condiciones, que más adelante discutiremos con detalle.

Sin embargo, los cargadores no están exentos de desventajas.

El problema número uno de los cargadores que trabajan en roca, es el desgaste y rotura de los neumáticos, que ha sido solucionado con el empleo de mallas metálicas y cadenas amortiguadas que protegen la llanta y alargan su vida útil, con el consiguiente abatimiento del costo de operación de la máquina.

Carga y acarreo con cargadores de llantas vs. carga con cargador a camiones volteo

Si un cargador realiza la carga y el acarreo del material del banco hasta la tolva de una planta que lo procesará y elimina el uso de unidades de acarreo tradicionales, se puede obtener, en ocasiones un ahorro de costo considerable.

Este trabajo se puede efectuar con cargadores chicos y grandes, dependiendo de las condiciones del trabajo y requerimientos de producción, con limi

taciones económicas por el costo unitario del material movido.

Es en esta operación donde destacan, sin lugar a dudas, las ventajas del empleo de cargadores de gran capacidad, pues es precisamente su gran producción lo que abate los costos del movimiento de tierras.

Véamos un ejemplo ilustrativo de lo que hasta aquí hemos tratado.

EJEMPLO:

Movamos un volumen de material de un banco a un lugar situado a 200 m. de aquel (condición muy usual en operaciones de trituración). Nuestro problema es elegir el equipo que nos dé un costo más bajo por m^3 de material movido. El volumen a mover es de un material de 3/4" a 6" apilado con tractor en montones de más de 3m. de altura.

El trabajo se puede hacer con:

- 1.- Cargador y camiones propiedad de la empresa
- 2.- Cargador propio y camiones de fleteros locales
- 3.- Cargador de gran producción (propiedad de la empresa), en una operación de carga y acarreo.

Analicemos el costo unitario de cada una de estas tres alternativas:

ALTERNATIVA 1

Operación de carga a camiones

Equipo propio:

1 cargador sobre llantas de $2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ (1.91 m^3)

2 camiones de 6.0 m^3

Costo horario cargador: \$ 616.75

Costo horario camión: 242.35

Cálculo de la producción:

Factor de carga: 0.90

Volumen por ciclo: $1.91 \text{ m}^3 \times 0.90$ $1.72 \text{ m}^3/\text{ciclo}$

Tiempo del ciclo (ciclo básico) 25.0 seg. = 0.42 min. Para cargar un camión de 6.0 m^3 son necesarios 4 ciclos de operación del cargador; es decir, son necesarios $0.42 \text{ min} \times 4 = 1.68 \text{ min}$, para cargar 6.0 m^3 .

$$\frac{6.0 \text{ m}^3}{1.72 \text{ m}^3} = 3.49 \text{ ciclos}$$

En una hora de 50.0 min., tenemos una producción de 179 m^3 .

1.68 min	-	6.0 m^3
----------	---	-------------------

<u>50.0 min</u>	-	<u>X</u>
-----------------	---	----------

Cálculo del costo unitario:

X = 179 m^3

Costo horario del equipo:

\$ 1,101.45

Costo unitario =

1,101.45/hora $179 \text{ m}^3/\text{hora}$ \$ 6.15/ m^3 ALTERNATIVA 2Operación de carga a camiones

Camiones de fleteros locales

Equipo: 1 cargador sobre llantas de $2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3$ (1.91 m^3)2 camiones de 6.0 m^3 de fleteros

Costo horario del cargador

\$ 616.75

Tarifa local de fletes:

8.00 - 400

Cálculo de la producción

En este caso, la producción es la misma que en alternativa 1

Producción = 179 m³/hora

Cálculo del costo unitario

Costo horario del cargador:		\$ 616.75
Costo unitario de carga	=	$\frac{616.75/\text{hora}}{179.00 \text{ m}^3/\text{hora}}$
		\$ 3.44/m ³
Costo unitario de acarreo	=	8.00/m ³
(1er. km. tarifa de fletes)		
Costo unitario	+	11.44/m ³

ALTERNATIVA 3

Operación de carga y acarreo

Equipo: Cargador sobre llantas de 10 yd³ (7.64 m³)

Costo horario \$2,160.00

Cálculo de la producción:

Factor de carga		0.90
Volumen por ciclo		7.64 x 0.90
		6.88
Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg)		0.42 min
Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso)		0.26 min
Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance)		0.28 min
Tiempo total del ciclo		0.96 min
Ciclos por hora	=	$\frac{50.0 \text{ min/hora}}{0.96 \text{ min/ciclo}}$
	=	52.1

Producción	=	52.1 ciclos/hora $6.88 \text{ m}^3/\text{ciclo}$
	=	358 m^3/hora
Cálculo del costo unitario		
Costo unitario	=	$\frac{\$ 2,160.00/\text{hora}}{358 \text{ m}^3/\text{hora}}$
	=	6.03/ m^3

RESUMEN

Alternativa	Costo unitario
1	\$ 6.15/ m^3
2	11.44/ m^3
3	6.03/ m^3

Es decir, la alternativa 3 es la que nos da un costo más bajo por m^3 de material. Hasta aquí, la elección a nivel de obra queda hecha; falta analizar, a nivel gerencia, la aceptabilidad de esta decisión, pues podría suceder que la empresa tuviera disponible un cargador de $2\frac{1}{4} \text{ yd}^3$ al que podría dársele utilización en esta obra; o si no, revisar si la inversión de la compra de un cargador de 10 yd^3 podría amortizarse en ésta u otras obras donde pudiera seguir utilizando esta máquina.

En fin, son éstos y muchos otros los factores que afectan la elección de un cargador para efectuar un determinado trabajo. Los principios básicos para el cálculo de la producción de este equipo y para el cálculo del costo unitario de movimiento de materiales con él, los hemos revisado en esta ocasión; y han oído las razones del uso de cargadores de gran producción en el movimiento de tierra y roca, y la forma cómo se utilizan en operaciones de carga y acarreo. Estos eran los objetivos de esta conferencia.

Analicemos el siguiente problema:

Una empresa adquirió una planta de trituración para procesar fuertes volúmenes de material en tiempos relativamente cortos. La gerencia decidió ya, - que un cargador sobre llantas es el equipo adecuado para alimentar del banco a la planta la roca que se triturará. Se requiere decidir en la obra, el cargador de capacidad adecuada y elegir entre dos disponibles.

Cargador 1

Capacidad	10 yd ³
Costo horario	\$2,160.00

Cargador 2

Capacidad	6 yd ³
Costo horario	\$1,992.13

Trituradora

Producción:	140 m ³ /hora
Costo horario	\$4,703.35

Operación

- carga y acarreo de roca bien fragmentada
- costo aproximado de un cambio de instalación de la planta trituradora dentro del banco: \$ 350,000.00
- Producción requerida en cada banco 200,000.00 m³
- Frente del banco 80.0 m. de ancho
- 12.5 m. de altura

Solución:

Dado que el costo horario de la trituradora es de \$4,703.35 es el equipo que debe operar en todo tiempo al 100% de eficiencia.

Cálculo de la máxima distancia de acarreo para cada cargador, para una

producción de $140 \text{ m}^3/\text{hora}$. Consideramos un 83% de eficiencia de la operación, es decir, horas de 50.0 minutos.

Cargador 1

Factor de carga: 0.80

Volumen por ciclo $0.80 \times 7.65 \text{ m}^3$

6.12 m^3

Ciclos por hora necesarios para producir

$140 \text{ m}^3/\text{hora}$

$$C = \frac{140 \text{ m}^3/\text{hora}}{6.12 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 22.9 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo del ciclo total

$$T = \frac{50.00 \text{ min/hora}}{22.9 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 2.18 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo del ciclo de acarreo y retornos

$$T = 2.18 - 0.42 = 1.76 \text{ min.}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 10 yd^3 , tenemos que a 255 m: de acarreo, los tiempos del ciclo de acarreo y retorno son:

Tiempo del ciclo de acarreo (2a. velocidad en retroceso) 0.85 min

Tiempo del ciclo de retorno (2a. velocidad en avance) 0.91 min

SUMA: 1.76 min

Es decir, el cargador de 10 yd^3 puede acarrear a 255 m., $140 \text{ m}^3/\text{hora}$ de

roca bien fragmentada.

$$\begin{aligned} \text{Costo unitario} &= \frac{\$ 2,160.00/\text{hora}}{140 \text{ m}^3/\text{hora}} \\ &= \$ 15.43/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Sin necesidad de hacer cambios de instalación de la planta trituradora dentro del banco.

Cargador 2

$$\begin{aligned} \text{Factor de carga} &: 0.80 \\ \text{Volumen por ciclo} &: 0.80 \times 4.58 \text{ m}^3 \\ &: 3.66 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ciclos por hora necesarios para producir

140 m³/ hora

$$C = \frac{140. \text{ m}^3/\text{hora}}{3.66 \text{ m}^3/\text{ciclo}}$$

$$C = 38.2 \text{ ciclos/hora}$$

Tiempo de ciclo total

$$T = \frac{50.0 \text{ min/hora}}{38.2 \text{ ciclos/hora}}$$

$$T = 1.31 \text{ min/ciclo}$$

Tiempo del ciclo básico: (25.0 seg.) 0.42 min

Tiempo de ciclo de acarreo y retorno

$$T = 1.31 - 0.42 = 0.89 \text{ min}$$

De la gráfica de tiempo estimado de acarreo o retorno para un cargador de ruedas de 6 yd³, para un tiempo de ciclo de acarreo y retorno de 0.89 min., tenemos que la distancia de acarreo es de 105 m. (2a. velocidad en avance y 2a. velocidad en retroceso).

Es decir, si instalamos la planta a 30 m. de distancia del frente inicial -- (para protegerla de las voladuras), cada 75 m. debemos hacer un cambio de la planta dentro del banco.

Dadas las características del banco (80m. de ancho x 12.5 de altura) cada metro de avance en el banco produce $1,000 \text{ m}^3$ de roca.

Así, son necesarios 2 cambios de instalación dentro del banco para producir los $200,000 \text{ m}^3$ requeridos.

$$\text{Costo unitario por carga} = \frac{\$ 1,992.13}{140 \text{ m}^3/\text{hora}}$$

$$= \$ 14.23/\text{m}^3$$

Costo unitario por cambio de instalación dentro del banco

$$\frac{2 \text{ cambios} \times 350,000 \text{ m}^3/\text{cambio}}{200,000 \text{ m}^3}$$

$$\text{Costo unitario :} = \$ 3.50/\text{m}^3$$

$$= 17.73/\text{m}^3$$

Esto sin considerar el costo de los tiempos perdidos en los cambios de instalación dentro del banco.

En resumen, la elección del cargador de 10 yd^3 es la que proporciona una operación más económica.

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>CARGADOR</u>	Hoja No: _____
	Modelo: <u>TEREX 72-81</u>	Calculó: <u>C A M</u>
	Datos Adic: <u>10 yd³</u>	Revisó: <u>C CH M</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>17-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	<u>\$10'238,717.52</u>	Fecha cotización:	<u>10-1-80</u>
Equipo adicional - 4 llantas 33.25 x 35-26	<u>616,509.28</u>	Vida económica (Ve):	<u>12 años</u>
Valor inicial (Va):	<u>9'617,208.24</u>	Horas por año (Ha):	<u>2000 hr/año</u>
Valor rescate (Vr): <u>20 %</u>	<u>\$1'923,441.65</u>	Motores Diesel de	<u>434 HP.</u>
Tasa interés (i): <u>18 %</u>		Factor operación:	<u>0.75</u>
Prima seguros (s): <u>2 %</u>		Potencia operación:	<u>325.5 HP. op.</u>
		Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.90</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación: } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{9'617,208.24 - 1'923,441.65}{12,000} = 641.15$$

$$b) \text{ Inversión: } I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000} \times 0.18 = 519.33$$

$$c) \text{ Seguros: } S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{9'617,208.24 + 1'923,441.65}{2 \times 2000} \times 0.02 = 57.70$$

$$d) \text{ Almacenaje: } A = KD = 0.01 \times 641.15 = 6.41$$

$$e) \text{ Mantenimiento: } M = QD = 0.9 \times 641.15 = 577.04$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1 801.63

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times \frac{325.5}{100} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{1.00} / \text{lt.} = \$ 65.10$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \frac{325.5}{100} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{1.00} / \text{lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$
 Capacidad carter: $C = \frac{32.2}{100}$ litros
 Cambios aceite: $t = \frac{100}{100}$ horas
 $a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{325.5}{100} \text{ HP. op.} = \frac{1.46}{1.46}$ lt/hr.
 $L = \frac{1.46}{1.46} \text{ lt/hr} \times \$ \frac{14}{1.00} / \text{lt.} = 20.44$

d) Llantas: $LI = \frac{VII}{H_v} \text{ (valor Llantas)}$
 $\frac{2800}{616,509.28} \text{ (vida económica)}$
 Vida económica: $H_v = \frac{2800}{616,509.28}$ horas
 $LI = \frac{2800}{2800} \text{ horas} = \underline{\underline{220.18}}$

Suma Consumos por Hora \$ 305.7

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

_____:

_____:

_____:

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = B \text{ horas} \times \frac{0.83}{349.60} \text{ (factor rendimiento)} = \frac{6.64}{349.60} \text{ horas}$

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64} \text{ horas} = \$ \underline{\underline{52.65}}$

Suma Operación por Hora \$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 2,150.00

CONSTRUCTORA _____ Máquina: CARGADOR Hoja No: _____
 _____ Modelo: Michigan 75-111-A Cálculo: C A M
 _____ Datos Adic.: .25 yd³ Revisó: C C M
 OBRA: _____ Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$2'264,745.60 Fecha cotización: 10-1-80
 Equipo adicional - Vida económica (Ve): 5 años
Llantas 20.5x25-12 : 103,611.84 Horas por año (Ha): 2000 hr/año
 Valor inicial (Va): 2'161,133.76 Motores Diesel de 174 HP.
 Valor rescate (Vr): 10% = \$216,113.38 Factor operación: 0.75
 Tasa interés (i): 18% Potencia operación: 130.5 HP. op.
 Prima seguros (s): 2% Coeficiente almacenaje (K): 0.01
 Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{2'161,133.76 - 216,113.38}{5} = \$ 194.50$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{2'161,133.76 + 216,113.38}{2 \times 2000} \cdot 0.18 = 106.98$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{2'161,133.76 + 216,113.38}{2 \times 2000} \cdot 0.02 = 11.89$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = KD = 0.01 \times 194.50 = 1.94$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = QD = 0.90 \times 194.50 = 175.05$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 490.36

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_e$

$$\text{Diesel: } E = 0.20 \times 130.5 \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{\text{lt.}} = \$ 26.10$$

$$\text{Gasolina: } E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lt.}} =$$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

$$\text{Capacidad carter: } C = \frac{30.3}{100} \text{ litros}$$

$$\text{Cambios aceite: } t = \frac{\quad}{\quad} \text{ horas}$$

$$a = C/t = \frac{0.0035}{0.0030} \times 130.5 \text{ HP. op.} = \frac{0.76}{\quad} \text{ lt/hr.}$$

$$L = \frac{0.76}{\quad} \text{ lt/hr} \times \$ \frac{14}{\quad} \text{ /lt.} = 10.64$$

d) Liantas: $L_l = \frac{V_l}{H_v}$ (valor liantas)
(vida económica)

$$\text{Vida económica: } H_v = \frac{2800}{103.611.84} \text{ horas}$$

$$L_l = \frac{2800}{\quad} \text{ horas} = \underline{\underline{37.00}}$$

Suma Consumos por Hora

\$ 73.74

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \frac{6.64}{349.60} \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = 0 = \frac{S}{H} = \frac{\quad}{6.64} \text{ horas} = \$ \underline{\underline{52.65}}$$

Suma Operación por Hora

\$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 616.75

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>CAMION</u>	Hoja No: _____
_____	Modelo: <u>FORD</u>	Calculó: <u>C A M</u>
_____	Datos Adic: <u>6 m³</u>	Revisó: <u>C C H M</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>14-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición:	<u>\$ 436,430.45</u>	Fecha cotización:	<u>10-1-80</u>
Equipo adicional - 6 llantas	<u>23,363.94</u>	Vida económica (Ve):	<u>5 años</u>
1000x20-12 c/cámara		Horas por año (Ha):	<u>2 000 hr/año</u>
Valor inicial (Va):	<u>413,056.51</u>	Motores Gasolina de	<u>160 HP.</u>
Valor rescate (Vr):	<u>0 % = \$</u>	Factor operación:	<u>0.75</u>
Tasa interés (i):	<u>18 %</u>	Potencia operación:	<u>120 HP. cp.</u>
Prima seguros (s):	<u>2 %</u>	Coefficiente almacenaje (K):	<u>0.01</u>
		Factor mantenimiento (Q):	<u>0.80</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{413,056.51 - 0}{10,000} = \$ 41.30$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{413,056.51 + 0}{2 \times 2000} \times 0.18 = 18.58$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{413,056.51 + 0}{2 \times 2000} \times 0.02 = 2.06$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = KD = \frac{0.01 \times 41.30}{1} = 0.41$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = QD = \frac{0.8 \times 41.30}{1} = \underline{\underline{33.04}}$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 95.39

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times \underline{\hspace{2cm}} \text{ HP. op.} \times \$ \underline{\hspace{2cm}} / \text{lt.} = \$$

Gasolina: $E = 0.24 \times \underline{120} \text{ HP. op.} \times \$ \underline{2.80} / \text{lt.} = \$ 80.64$

b) Otras fuentes de energía: $\underline{\hspace{2cm}} =$ c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \underline{6.6}$ litros

Cambios aceite: $t = \underline{100}$ horas

$$a = C/t + \begin{matrix} 0.0035 \\ 0.0030 \end{matrix} \times \underline{120} \text{ HP. op.} = \underline{0.48} \text{ lt/hr.}$$

$$L = \underline{0.48} \text{ lt/hr} \times \$ \underline{14} / \text{lt.} = 6.72$$

d) Llantas: $LI = \frac{VI}{Hv}$ (valor llantas)
(vida económica)

Vida económica: $Hv = \underline{1,600}$ horas

$$LI = \frac{\underline{23,363.04}}{\underline{1,600} \text{ horas}} = \underline{\underline{14.60}}$$

Suma Consumos por Hora \$ 101.97

III. OPERACION.

Salario base: \$ Salario real -
operador: : :

Sal/turno-prom: \$ 298.77

Horas/turno-prom.: (H)

$$H = 8 \text{ horas} \times \underline{0.83} \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$$

$$\text{Operación} = O = \frac{S}{H} = \frac{298.77}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{45.00}}$$

Suma Operación por Hora \$ 45.00

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 242.35

Problema

Se requiere cargar 1 000,000 m³ de roca para la construcción de una cortina. El material es producto dinamitado bien fragmentado en pilas mayores de 3 m. hechas por un tractor y se cargarán a camiones de 35 ton. de capacidad.

Equipo disponible:

Cargador 6 yd³ cat 988 costo - horario \$ 1,992.13

Cargador 10 yd³ Terex 72-81 costo-horario \$ 2,160.00

Tractor D8K Cat costo-horario \$ 1,104.86

Tiempo de realización 15 meses

Solución:

Tiempo disponible $25 \times 15 \times 3 \times 8 = 9\,000$ horas

Producción requerida $\frac{1\,000,000}{9,000} = 111 \text{ m}^3/\text{hora}$

Cargador 10 yd³ (7.64 m³)

Factor de carga 0.75

Volumen por ciclo $0.75 (7.64) = 5.73 \text{ m}^3$

Tiempo del ciclo básico = 25 seg

Tiempo por material = + 2.4 seg

Tiempo por apilado = - 2.4 seg

Poseción del equipo = 0 seg

ciclo = 25 seg = 0.42 min.

$$\text{Número de ciclos por hora} = \frac{50 \text{ min}}{0.42 \text{ min}} = 119 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Producción teórica} = 119 \times 5.73 = 682 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Producción real} = 143.2 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Factor utilización} = 21\%$$

$$\text{Costo} = \frac{2,160.00}{143.2} = 15.08/\text{m}^3$$

$$\text{Cargador } 6 \text{ yd}^3 (4.58 \text{ m}^3)$$

$$\text{Factor de carga} = 0.75$$

$$\text{Volumen por ciclo} = 0.75 (4.58) = 3.44 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo del ciclo} = 0.42 \text{ min.}$$

$$\text{Número de ciclos por hora} = \frac{50}{0.42} = 119 \text{ ciclos/hora}$$

$$\text{Producción teórica} = 119 \times 3.44 = 409 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Producción real} = 112.5 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\text{Factor utilización} = 27\%$$

$$\text{costo} = \frac{1,992.13}{112.5} = \$ 17.70/\text{m}^3$$

CONSTRUCTORA

Máquina: CARGADOR

Hoja No: _____

Modelo: 988 B

Calculó: CAM

Datos Adic: 6 yd³

Revisó: C. CH. M.

OBRA: _____

Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$9 508,186.6

Equipo adicional -

512 442.74

Valor inicial (Va):

8' 995,743.90

Valor rescate (Vr): 20% = \$1' 799,148.80

Tasa interés (i): 18%

Prima seguros (s): 2%

Fecha cotización: 10-1-80

Vida económica (Ve): _____ años

Horas por año (Ha): 2000 hr/año

Motores Diesel de 375 HP.

Factor operación: 70

Potencia operación: 262.5 HP. op.

Coeficiente almacenaje (K): 0.01

Factor mantenimiento (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación:

$$D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{8' 995,743.90 - 1' 799,148.80}{12' 000} = 599.72$$

b) Inversión:

$$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{8' 995,743.90 + 1' 799,148.80}{2 \times 2000} \times 0.18 = 485.72$$

c) Seguros:

$$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{8' 995,743.90 + 1' 799,148.80}{2 \times 2000} \times 0.02 = 53.57$$

d) Almacenaje:

$$A = KD = \frac{0.01 \times 599.72}{1} = 6.00$$

e) Mantenimiento:

$$M = QD = \frac{0.90 \times 599.72}{1} = 539.75$$

Suma Cargos Fijos por Hora

\$ 1 685.74

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 262.5 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 52.50$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{42}{100}$ litros

Cambios aceite: $t =$ horas

$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 262.5 \text{ HP. op.} = \frac{1.34}{\text{lt/hr.}}$

$L = \frac{1.34}{\text{lt/hr.}} \times \$ 14 / \text{lt.} = 18.76$

d) Llantas: $LI = \frac{VII}{HV}$ (valor llantas)
 (vida económica)

Vida económica: $H_v = \frac{2800}{512.442.74}$ horas

$LI = \frac{2800}{\text{horas}} = 183.01$

Suma Consumos por Hora \$ 254

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

_____:

_____:

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ 52.65$

Suma Operación por Hora \$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 1,992

CONSTRUCTORA

Máquina: TRACTOR

Hoja No: _____

Modelo: D 8Calculó: C A M

Datos Adic: _____

Revisó: C C H M

OBRA: _____

Fecha: 17-1-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$4'624,070.88Fecha cotización: 10-1-80Equipo adicional -
cuchilla angulable: 477,562.80

Vida económica (Ve): _____ años

Horas por año (Ha): 2000 hr/añoMotores Diesel de 300 HP.Valor inicial (Va): 5'101,633.68Factor operación: 0.75Valor rescate (Vr): 20 % = \$1'020,326.74Potencia operación: 225 HP. op.Tasa interés (i): 18 %Coeficiente almacenaje (K): 0.01Prima seguros (s): 2 %Factor mantenimiento (Q): 1.0

I. CARGOS FIJOS.

$$a) \text{ Depreciación : } D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{5'101,633.68 - 1'020,326.74}{12000} = \$ 340.11$$

$$b) \text{ Inversión : } I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{5'101,633.68 + 1'020,326.74}{2 \times 2000} 0.18 = 275.49$$

$$c) \text{ Seguros : } S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{5'101,633.68 + 1'020,326.74}{2 \times 2000} 0.02 = 30.61$$

$$d) \text{ Almacenaje : } A = KD = \frac{0.01 \times 340.11}{1} = 3.40$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = QD = \frac{1.0 \times 340.11}{1} = 340.11$$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 989.72

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e \cdot P_c$
 Diesel: $E = 0.20 \times 225 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 45.00$
 Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a \cdot P_e$
 Capacidad carter: $C = \frac{33.12}{100} \text{ litros}$
 Cambios aceite: $t = \frac{100}{\text{horas}}$
 $a = C/t + 0.0035 + 0.0030 \times 225 \text{ HP. op.} = \frac{1.12}{\text{lt/hr.}}$
 $L = \frac{1.12}{\text{lt/hr.}} \times \$ 14 / \text{lt.} = 15.68$

d) Llantas: $Ll = \frac{VII \text{ (valor Llantas)}}{Hv \text{ (vida económica)}}$
 Vida económica: $Hv = \text{horas}$
 $Ll = \text{horas} =$

Suma Consumos. por Hora : \$ 60.68

OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real: _____

Operador: _____

Salario-prom.: \$ 361.67

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$

Operación = $0 = \frac{S}{H} = \frac{361.67}{6.64} \text{ horas} = \$ \underline{54.46}$

Suma Operación por Hora : \$ 54.46

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 1,104.86



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS; EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

RETROEXCAVADORAS

ING. CARLOS M. CHAVARRI MALDONADO

JUNIO, 1984

RETROEXCAVADORAS

Introducción

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

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

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

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

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

...

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

Zona de trabajo.

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

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

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

La zona de trabajo se divide en dos áreas:

1.- Area de excavación

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

2.- Area de vaciado.

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

El límite económico de la zona de trabajo se establece mediante

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

Características de operación:

Movilidad.

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

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

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

Las demás características de operación y diseño son:

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

Estas características, se muestran en la gráfica No. 1

Selección del cucharón apropiado.

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

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

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

Aplicaciones:

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

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

Cálculo de la producción

Factores que afectan la producción:

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

Factores que intervienen en el cálculo de la producción:

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

GRAFICA No. 1

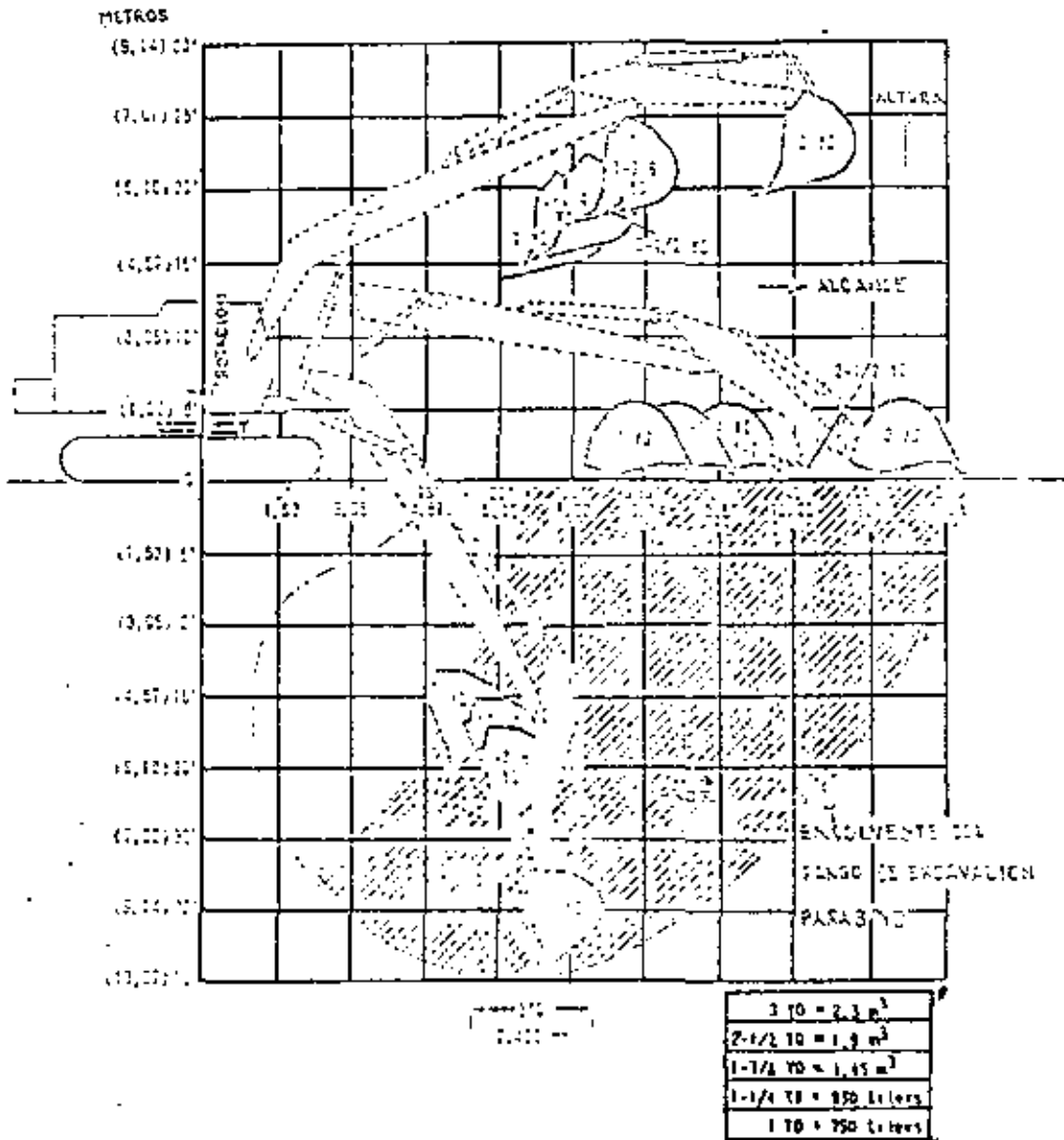


TABLA 1

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

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

TABLA 2

Factor de eficiencia

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

TABLA 3

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

TABLA 4

Factor por profundidad de corte

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

TABLA 5

Factor por ángulo de giro

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

EJEMPLO:

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

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

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Horas disponibles por mes} &= 25 \text{ días} \times 8 \text{ h/día} \times 0.83 \\ &= 160 \text{ horas} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento teórico necesario por hora} &= \frac{15,000 \text{ m}^3/\text{mes}}{160 \text{ horas/mes}} \\ &= 93.7 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rendimiento necesario por hora (según tablas)} &= \frac{\text{Rend. teórico necesario por h.}}{\text{Factor de carga} \times \text{Factor de giro} \times \text{factor de prof. de corte}} \\ &= \frac{93.7 \text{ m}^3/\text{hora}}{0.70 \times 0.86 \times 0.80} \\ &= 195.2 \text{ m}^3/\text{hora} \end{aligned}$$

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

Ejemplo:

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

Solución:

De la tabla 1

Rendimiento teórico	= 65 m ³ /hora
Rendimiento real	= Rend. teórico x factor de eficiencia x factor de giro x factor de profundidad de corte x factor de carga
	= 65 m ³ /hora x 0.9 x 0.86 x 0.92 x 0.55
	= 25.5 m ³ /hora
Costo Unitario	= <u>Costo horario de la retroexcavadora</u> Rend. real
	= <u>\$ 611.40/hora</u> 25.5 m ³ /hora
	= \$ 23.98/m ³

PROBLEMA

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

Equipo disponible

Retroexcavadora 4 yd ³ Koering 1066	Costo horario	\$ 2,378.47
Retroexcavadora 1 1/2 yd ³ LS-5000	Costo horario	\$ 952.69
Draga 2 1/2 yd ³ LS-408	Costo horario	\$ 1899.14

Tiempo de realización 15 meses

Solución

Tiempo disponible	25 x 15 x 3 x 8	=	9000 horas
Producción requerida	<u>2,650,000</u>	=	294.5 m ³ /hora
	9000		

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

Koering 1066	=	131 m ³ /hora
LS-5000	=	84.6 m ³ /hora
Draga	=	50 m ³ /hora

Costos

$$\text{Retroexcavadora } 4 \text{ yd}^3 \quad \frac{2,378.47}{131} = \$18.15/\text{m}^3$$

$$\text{Retroexcavadora } 1 \frac{1}{2} \text{ yd}^3 \quad \frac{952.69}{84.6} = \$11.26/\text{m}^3$$

$$\text{Draga } 2 \frac{1}{2} \text{ yd}^3 \quad \frac{1899.14}{50} = \$37.98/\text{m}^3$$

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

CONSTRUCTORA <hr/> <hr/> OBRA: _____	Máquina: <u>Ret roexcavadora</u> Modelo: <u>Y-90</u> Datos Adic.: <u>1.0 vd3</u>	Hoja No.: _____ Calculó: <u>CAM</u> Revisó: <u>CCIM</u> Fecha: <u>24-I-80</u>
---	---	--

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ <u>2'328,970.80</u> Equipo adicional - _____ Valor inicial (Va): <u>2'328,970.80</u> Valor rescate (Vr): <u>0</u> % = \$ _____ Tasa interés (i): <u>18</u> % Prima seguros (s): <u>2</u> %	Fecha cotización: <u>10-I-80</u> Vida económica (Ve): <u>5</u> años Horas por año (Ha): <u>2000</u> hr/año Motores <u>DIESEL</u> de <u>103</u> HP. Factor operación: <u>0.75</u> Potencia operación: <u>77.25</u> HP. op. Coeficiente almacenaje (K): <u>0.01</u> Factor mantenimiento (Q): <u>0.8</u>
--	---

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación :	$D = \frac{Va - Vr}{-Ve}$	$= \frac{2'328,970.80 - 0}{10,000}$	$= \$ 232.90$
b) Inversión :	$I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i$	$= \frac{2'328,970.80 + 0}{2 \times 2000}$	$0.18 = 104.80$
c) Seguros :	$S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s$	$= \frac{2'328,970.80 + 0}{2 \times 2000}$	$0.02 = 11.64$
d) Almacenaje :	$A = KD$	$= \frac{0.01 \times 232.90}{1}$	$= 2.32$
e) Mantenimiento :	$M = .QD$	$= \frac{0.8 \times 232.90}{1}$	$= \underline{\underline{186.32}}$
Suma Cargos Fijos por Hora			\$ <u>537.98</u>

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times \frac{77.25 \text{ HP, op.} \times \$ 1.00}{\text{lt.}} = \$ 15.45$

Gasolina: $E = 0.24 \times \frac{\text{HP, op.} \times \$}{\text{lt.}} =$

b) Otras fuentes de energía: _____ =

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{11.4}{\text{litros}}$

Cambios aceite: $t = \frac{100}{\text{horas}}$

$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{77.25 \text{ HP, op.}}{\text{lt/hr.}} = \frac{0.38}{\text{lt/hr.}}$

$L = \frac{0.38}{\text{lt/hr.}} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 5.32$

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

Vida económica: $Hv = \text{_____ horas}$

$Ll = \text{_____ horas} = \underline{\underline{0}}$

Suma Consumos por Hora

\$ 20.77

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -
operador: _____

_____:

_____:

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$

Operación = $0 = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{52.65}}$

Suma Operación por Hora

\$ 52.65

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 611.40

CONSTRUCTORA	Máquina: <u>RETROEXCAVADORA</u>	Hoja No: _____
_____	Modelo: <u>GC-120</u>	Calculó: <u>CAN</u>
_____	Datos Adic: <u>1.5 YD³</u>	Revisó: <u>CCIM</u>
OBRA: _____		Fecha: <u>24-1-80</u>

DATOS GENERALES

Precio adquisición: <u>\$3'795.000.00</u>	Fecha cotización: <u>10-1-80</u>
Equipo adicional = _____	Vida económica (Ve): <u>5</u> años
_____	Horas por año (Ha): <u>2.000</u> hr/año
_____	Motores <u>DIESEL</u> de <u>115</u> HP.
Valor inicial (Va): <u>3'795.000.00</u>	Factor operación: <u>0.75</u>
Valor rescate (Vr): <u>0 % = \$ 0</u>	Potencia operación: <u>86.25</u> HP. op.
Tasa interés (i): <u>18 %</u>	Coefficiente almacenaje (K): <u>0.01</u>
Prima seguros (s): <u>2 %</u>	Factor mantenimiento (Q): <u>0.8</u>

I. CARGOS FIJOS.

a) Depreciación : $D = \frac{Va - Vr}{Ve} = \frac{3'795.000 - 0}{10.000} = \$ 379.5$

b) Inversión : $I = \frac{Va + Vr}{2 Ha} i = \frac{3'795.000 + 0}{2 \times 2.000} \times 0.18 = 170.77$

c) Seguros : $S = \frac{Va + Vr}{2 Ha} s = \frac{3'795.000 + 0}{2 \times 2000} \times 0.02 = 18.97$

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.01 \times 379.5}{1} = 3.79$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{0.8 \times 379.5}{1} = 303.60$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 876.63

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times \frac{86.25}{100} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{1.00}{\text{lt.}} = \$ 17.25$

Gasolina: $E = 0.24 \times \frac{\quad}{\quad} \text{ HP. op.} \times \$ \frac{\quad}{\text{lt.}} =$

b) Otras fuentes de energía: $\underline{\hspace{10em}} =$

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{14.2}{100}$ litros

Cambios aceite: $t = \frac{\quad}{\quad}$ horas

$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{86.25}{\quad} \text{ HP. op.} = \frac{0.44}{\quad} \text{ lt/hr.}$

$L = \frac{0.44}{\quad} \text{ lt/hr} \times \$ \frac{14}{\text{lt.}} = 6.16$

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

Vida económica: $Hv = \underline{\hspace{2em}}$ horas

$Ll = \underline{\hspace{2em}}$

horas

$= \underline{\underline{0}}$

Suma Consumos por Hora

$\$ \underline{\underline{23.41}}$

III. OPERACION.

Salario base: \$

Salario real -
operador:

 :

 :

Sal/turno-prom: \$ 349.60

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = \underline{6.64} \text{ horas}$

Operación = $O = \frac{S}{H} = \frac{349.60}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{\underline{52.65}}$

Suma Operación por Hora

$\$ \underline{\underline{52.65}}$

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

$\$ \underline{\underline{952.69}}$

CONSTRUCTORA <hr/> <hr/> OBRA: _____	Máquina: <u>DRAGA</u> Modelo: <u>LS-408</u> Datos Adic: <u>2.5 YD³</u>	Hoja No: _____ Calculó: <u>CAM</u> Revisó: <u>CCIM</u> Fecha: <u>24-I-80</u>
---	--	---

DATOS GENERALES

Precio adquisición: <u>\$7'771,608.00</u> Equipo adicional: _____ <hr/> Valor inicial (Va): <u>7'771,608.00</u> Valor rescate (Vr): <u>0</u> % = \$ <u>0</u> Tasa interés (i): <u>18</u> % Prima seguros (s): <u>7</u> %	Fecha cotización: <u>10-I-80</u> Vida económica (Ve): <u>5</u> años Horas por año (Ha): <u>2,000</u> hr/año Motores DIESEL de: <u>194</u> HP. Factor operación: <u>0.75</u> Potencia operación: <u>145.5</u> HP. op. Coefficiente almacenaje (K): <u>0.01</u> Factor mantenimiento (Q): <u>0.8</u>
---	---

I. CARGOS FIJOS.

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

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

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

d) Almacenaje : $A = KD = \frac{0.01 \times 777.16}{1} = 7.77$

e) Mantenimiento : $M = QD = \frac{0.8 \times 777.16}{1} = 621.72$

Suma Cargos Fijos por Hora \$ 1,795.23

II. CONSUMOS.

a) Combustible: $E = e P_c$

Diesel: $E = 0.20 \times 145.5 \text{ HP. op.} \times \$ 1.00 / \text{lt.} = \$ 29.10$

Gasolina: $E = 0.24 \times \text{HP. op.} \times \$ \text{ /lt.} =$

b) Otras fuentes de energía: _____

c) Lubricantes: $L = a P_e$

Capacidad carter: $C = \frac{14.4}{100}$ litros

Cambios aceite: $t = \text{horas}$

$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 145.5 \text{ HP. op.} = 0.65 \text{ lt/hr.}$

$L = 0.65 \text{ lt/hr} \times \$ 14 \text{ /lt.} = 9.10$

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

Vida económica: $Hv = \text{horas}$

$Ll = \text{horas} = 0$

Suma Consumos por Hora

\$ 38.20

III. OPERACION.

Salario base: \$ _____

Salario real -

operador: _____

Sal/turno-prom: \$ 436.36

Horas/turno-prom.: (H)

$H = 8 \text{ horas} \times 0.83 \text{ (factor rendimiento)} = 6.64 \text{ horas}$

Operación = $0 = \frac{S}{H} = \frac{436.36}{6.64 \text{ horas}} = \$ 65.71$

Suma Operación por Hora

\$ 65.71

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D)

\$ 1,899.14

CONSTRUCTORA

Máquina: RETRO EXCAVADORA

Hoja No: _____

Modelo: KOERING 1066Cálculo: CAMDatos Adici: 4 Yd3Revisó: CCIM

OBRA: _____

Fecha: 24-I-80

DATOS GENERALES

Precio adquisición: \$ 9'600,000.00 Fecha cotización: 10-I-80
 Equipo adicional - _____ Vida económica (Ve): 5 años
 _____ Horas por año (Ha): 2,000 hr/año
 _____ Motores DIESEL de 450 HP.
 Valor inicial (Va): 9'600,000.00 Factor operación: 0.75
 Valor rescate (Vr): 0 % = \$ _____ Potencia operación: 337.5 HP. op.
 Tasa interés (i): 18 % Coeficiente almacenaje (K): 0.01
 Prima seguros (s): 2 % Factor mantenimiento (Q): 0.08

I. CARGOS FIJOS.

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

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

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

$$d) \text{ Almacenaje : } A = KD = \frac{0.01 \times 960}{1} = 9.60$$

$$e) \text{ Mantenimiento : } M = QD = \frac{0.8 \times 960}{1} = 768.00$$

Suma Cargos Fijos por Hora

\$2,217.60

II. CONSUMOS.

a) Combustible : E = e Pc

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

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

b) Otras fuentes de energía : _____ =

c) Lubricantes: L = a Pe

Capacidad carter: C = _____ litros

Cambios aceite : t = _____ horas

a = C/t ± $\frac{0.0035}{0.0030}$ x 337.5 HP. op. = 1.3 lt/hr.

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

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

Vida económica: Hv = _____ horas

Ll = _____
horas = 0

Suma Consumos por Hora \$ 85.70

III. OPERACION.

Salario base : \$ _____

Salario real -
operador : _____

_____ :

_____ :

Sal/turno-prom: \$ 499.15

Horas/turno-prom.: (H)

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

Operación = 0 = $\frac{S}{H} = \frac{499.15}{6.64 \text{ horas}} = \$ \underline{75.17}$

Suma Operación por Hora \$ 75.17

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (H M D) \$ 2578.17



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

OTRO: EQUIPOS

Ing. Carlos M. Chavarri Maldonado

El Ingeniero Civil al estar ligado en las diferentes esferas del desarrollo de la infraestructura de nuestro país, requiere estar actualizando sus conocimientos, por ello se organizó el presente curso que está dirigido a aquellos que tienen que ver con el movimiento de tierras. En el aspecto de caminos, los primeros se requieren para el paso de la gente y bestias de carga y posteriormente otros tipos ligeros como los carruajes, pero la frecuencia de cargas y el tránsito cada vez mayor, han exigido que se desarrollen nuevas técnicas para un mejor aprovechamiento de los materiales naturales, con objeto de lograr máxima economía en su construcción y tiendan a durar más.

Esto ha traído como resultado entre otros, que el constructor de un proyecto determinado planee, programe, organice, ejecute y controle mejor todos los recursos por aplicar en dicho proyecto. Es por ello que en la ejecución de obras tenemos la necesidad de equipos más potentes y modernos para excavar, transportar, triturar, mezclar, colocar y compactar los materiales ya sea en la construcción de caminos, en pistas de aeropuertos, canales o cortinas de presas. Esta diversidad de técnicas que intervienen en las construcciones antes mencionadas, traen como consecuencia que el ingeniero se aleje con frecuencia del avance de la técnica y por ello consideramos de gran utilidad cursos como este.

Vamos a hacer una breve descripción de las innovaciones en el equipo de construcción como preámbulo a los temas que se desarrollarán más adelante.

Existen muchos equipos para realizar trabajo, pero posiblemente ninguno tan versátil como el tractor, especialmente el de carriles equipado con su hoja y arado. La hoja o dozer, se encuentra montada en un marco que se acopla al tractor y se controla hoy en día por sistemas hidráulicos, a diferencia de los antiguos modelos con sistema de cables que, aunque más sencillos en cuanto a su mantenimiento no permitían aplicar mayor fuerza que los primeros. Anteriormente se objetaba el sistema hidráulico debido al alto costo de las reparaciones derivadas de usar mal dicho sistema, aspecto completamente superado en la actualidad.

En cuanto al arado o desgarrador, que se empezó a utilizar desde 1930 ha evolucionado rápidamente, ya que desde entonces a la fecha ha cambiado su estructura al integrarlo al tractor, además de otros cambios como son: nuevas aleaciones, mayor potencia en los tractores, introducción de un mecanismo hidráulico en paralelogramo que permite al arado controlar mejor la fuerza y profundidad de hincado etc.

Las motoescrepas que utilizamos en trabajos de terracerías con mediana longitud de acarreo, están formadas fundamentalmente de

dos partes: una que da tracción a la máquina y otra que es en sí la escrepa formada por una caja metálica integrada con piezas diversas para rigidizarla y que puede subir o bajar ya sea hidráulicamente, - por cables o bien por electricidad. Durante mucho tiempo se utilizó la motoescrepa con mecanismo de cables y se consideró de mayor - eficiencia en vista de que los sistemas hidráulicos no estaban bien desarrollados. Hay que recordar que el sistema hidráulico trabaja con elevadas presiones, lo que puede provocar algunos problemas, pero como ya se mencionó para los tractores, existen actualmente motoescrepas perfectamente desarrolladas con mecanismo hidráulico. También se emplean los sistemas eléctricos a base de motores inde^{pendientes}, solo que el polvo origina grandes fallas a pesar de las protecciones que se le den, además de que el manejo del sistema en sí, es complicado.

Una evolución más en las motoescrepas es su tamaño, ya -- que las podemos ver desde 5 m³ hasta 50 m³.

Por otra parte la potencia de tractor ha aumentado, con lo cual, evidentemente se reducen los costos de operación, siempre - que el tamaño de la obra permita su uso.

Otra ventaja que se ha originado con los últimos avances, - tanto en el tractor como en la escrepa, es la alta velocidad a la cual se pueden desplazar en los caminos, invadiendo así el campo

de las vagonetas. A medida que aumenta la velocidad disminuye el ciclo y por lo tanto la capacidad horaria, es mayor.

La introducción de dos motores permite utilizar las motoescrepas en caminos de fuerte pendiente y disminuyen el tiempo de carga. Hay ocasiones, cuando el material es suave, en que se cargan solas, sin ayuda del tractor empujador.

Existe un nuevo sistema de trabajo, que le ha dado mayor versatilidad a las motoescrepas con dos motores, conocido como Push-Pull el cual elimina el uso del tractor empujador.

En lo referente a cargadores, estos han mejorado tanto sus sistemas como sus capacidades y las restricciones que se tenían respecto a la posibilidad en el tipo de ataque han cambiado a tal grado que tienden a desplazar a las palas aún en el ataque en roca, pues con solo proteger adecuadamente los neumáticos se pueden reducir sus costos de operación. Esto ha dado lugar a que los veamos alimentando trituradoras cuando el banco se encuentra a 150 ó 200 m de distancia, o cargando material en bancos de roca a cielo abierto. Por otra parte su movilidad permite que el rango de aplicaciones se incremente día a día.

Por lo que respecta a las dragas, éstas van siendo desplazadas poco a poco por retroexcavadoras las cuales han venido mejorando en su diseño y capacidad, actualmente las encontramos --

desde 3/8 hasta 3 1/2 yd³ de capacidad además de haber aumentado su alcance, profundidad y productividad, lo cual nos permite nuevas aplicaciones que sólo eran destinadas a las dragas y palas.

Por lo que se refiere al equipo de compactación tenemos una serie de modificaciones muy amplias como son: mejores sistemas - hidráulicos, sensores electrónicos, mayor versatilidad en su uso, - etc., que se han traducido en más alta productividad. Así, tenemos que, el equipo pata de cabra que consistía en un rodillo que era jalado por un tractor ha cambiado de tal manera que, ahora es autopropulsado, con cuatro rodillos y una cuchilla que le permite acomodar el material; obteniendo así una versatilidad tal que produce mayores rendimientos.

El rodillo liso vibratorio jalado por tractor ha evolucionado en tal forma que hoy lo tenemos auto propulsado, con mayores rangos de vibración que nos permiten tener menor número de ciclos y de pasadas, pudiéndose aplicar inclusive en la compactación de carpetas asfálticas con magníficos resultados.

El seleccionar correctamente un equipo de trituración es uno de los aspectos que influyen para dar buenos resultados de costo y producción.

Anteriormente se utilizaban equipos de muy poca producción además de un tamaño inadecuado para su transportación a las obras y que requerían mucho tiempo para su instalación. Es por ello, -

que actualmente las plantas móviles nos permiten una más rápida instalación y en consecuencia se reduce el tiempo para iniciar la producción. Las modificaciones a sus mecanismos y tamaños nos permiten poder obtener mejores costos y programas más ambiciosos además de control más adecuado en el tamaño de los agregados obtenidos. Los molinos han sido desplazados por la trituradora de conos que es la máquina idónea para integrar grupos móviles secundarios y terciarios que permiten procesar cualquier tipo de roca.

El mezclar o revolver materiales pétreos, con asfaltos o agua es muy común en la elaboración de mezclas asfálticas o bases hidráulicas respectivamente.

Existen equipos que nos permiten ahorrar horas motoconformadora en el mezclado de bases hidráulicas, al realizar dicha mezcla antes de su colocación obteniendo mayor producción en su tendido y una reducción considerable en el número de pipas y -- motoconformadoras.

Las mezclas asfálticas se realizan en plantas, que pueden ser del tipo continuo o discontinuo. En nuestro país se está incrementando el número de plantas continuas pues el mito que se tenía con relación en su dificultad para calibrarlas va desapareciendo rápidamente al mejorarse sus sistemas de operación, que han cambiado de mecánicos a electrónicos. Así mismo una mejor clasificación de materiales nos permite en las plantas modernas

reducir el recribado y obtener costos horarios más bajos así como mayores producciones.

En lo referente a colocación de material de sello, se tienen actualmente equipos autopropulsados que han permitido aumentar de una manera considerable la producción.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EQUIPO DE COMPACTACION

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

JUNIO, 1984

4. COMPACTACION
EN
EL
CAMPO .

Ing. Federico Alcaraz Lozano

COMPACTACION

I. INTRODUCCION

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

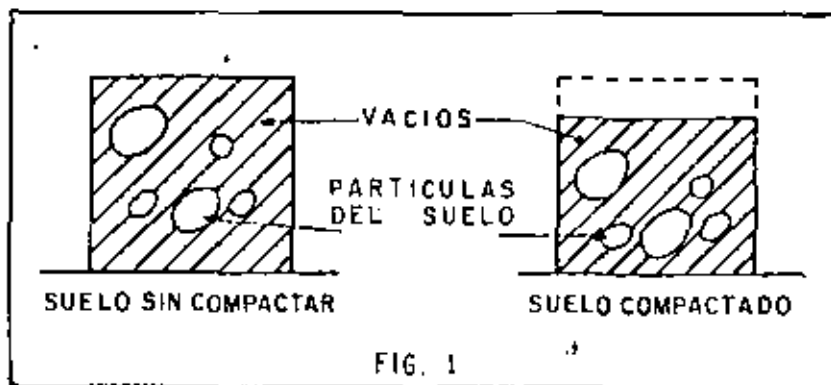
II. COMPACTACION

2.1. DEFINICION

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

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

El término compactación se usa para la reducción de vacíos, más o menos rápida, producida por medios mecánicos durante el proceso de construcción. (Fig. 1).



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

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

2.2. PROPOSITO E IMPORTANCIA.

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

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

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

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

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

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

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

2.3. PRUEBAS DE COMPACTACION

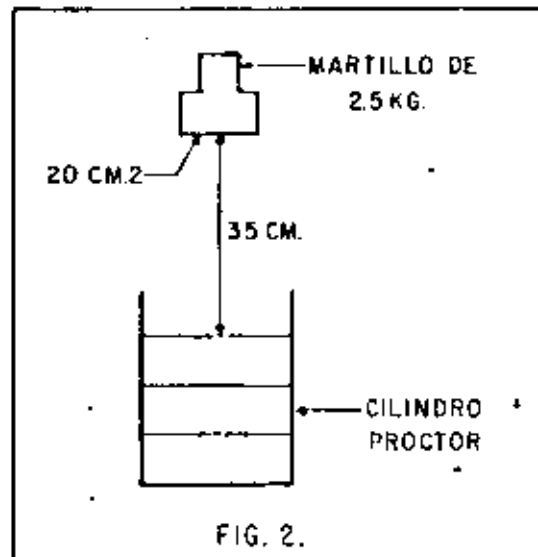
En la construcción de terraplenes sería ideal poder medir la resistencia del suelo para determinar cuando se ha alcanzado la resistencia

tencia necesaria, pero el equipo para medir esta resistencia (especialmente a esfuerzos de compactación y cortante) es difícil de manejar, es caro y no es aplicable a todos los suelos, por lo tanto se han preparado las siguientes pruebas de laboratorio.

- A) Proctor
- B) Proctor Modificada
- C) Porter

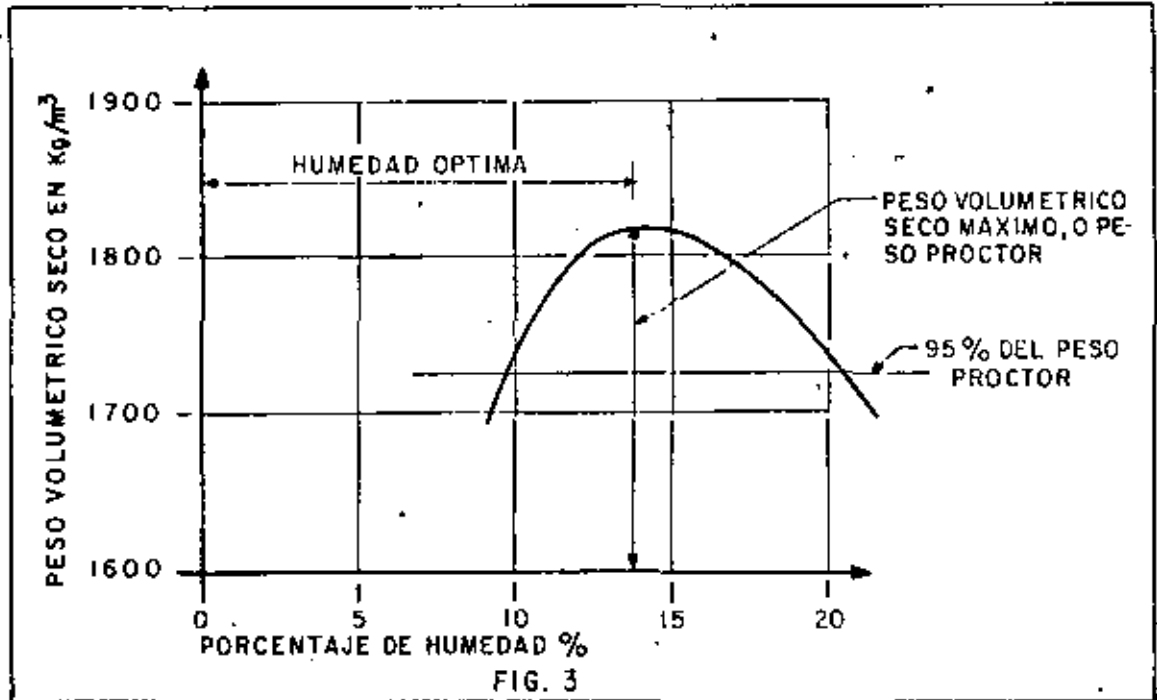
A). Proctor: R.R. Proctor estableció que hay una correspondencia entre el peso volumétrico seco de un suelo compactado y su resistencia. El equipo para hacer pruebas de compactación en la obra es un equipo económico y sencillo. Proctor desarrolló una prueba que consiste en:

- a) Se toma una muestra representativa del suelo a compactar, de humedad conocida.
- b) Se toma un cilindro de 4" de diámetro x 4 1/2" de altura, se llena en tres capas aproximadamente iguales con el material de la prueba.
- c) Cada capa se compacta con 25 golpes de un martillo de 2.5 kg -- con un área de contacto de 20 cm², el que se deja caer de 35 cm de altura (Fig. 2). Todo esto con el objeto de siempre dar al material la misma energía de compactación.



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

Con estos pares de valores se dibuja la siguiente gráfica (Fig. 3).



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

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

Por ejemplo: Si el proyectista especifica 95% Proctor en el caso de la gráfica, tenemos: P.V.S.M. = 1820 kg/m³

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

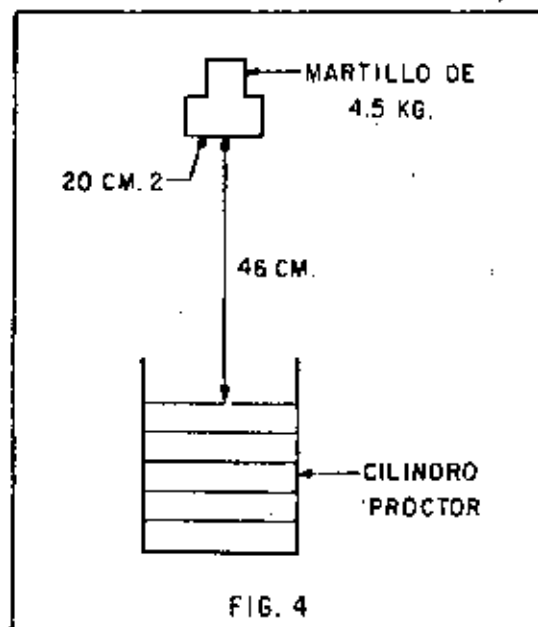
es decir el constructor debe obtener un peso volumétrico seco mínimo de 1729 kg/m^3 en ese material.

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

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

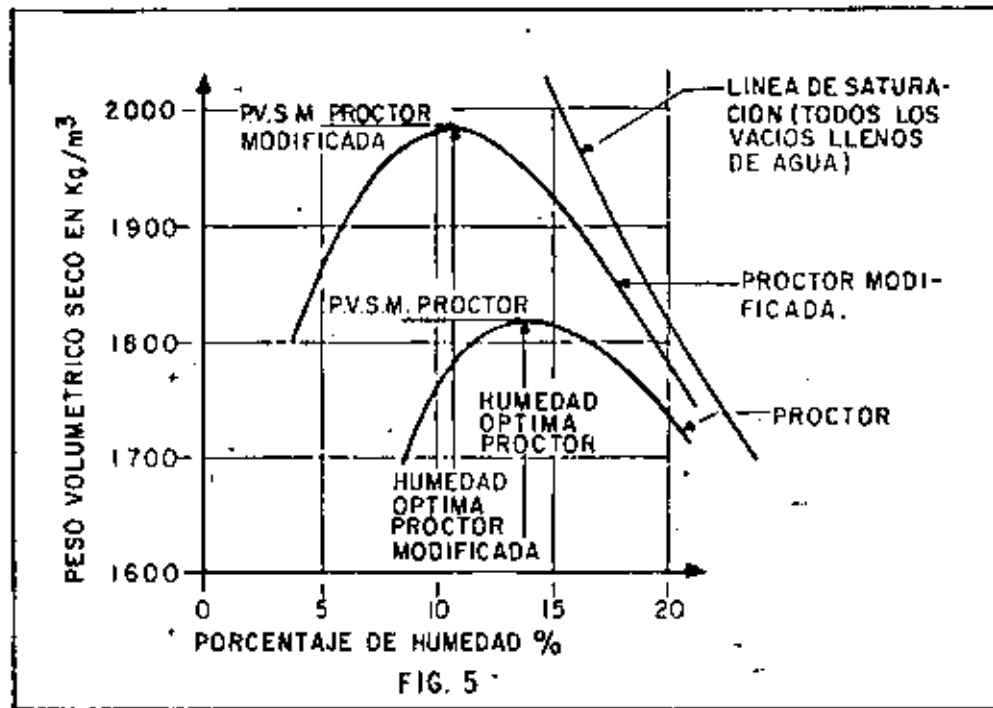
B) Proctor Modificada: Conforme fueron aumentando las cargas sobre las terracerías por el uso de camiones y aeroplanos cada vez más pesados, se vio la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencias en muchos materiales usando mayor trabajo de compactación. Por esta razón se desarrolló la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

Para esta prueba se usa el mismo proctor, pero el material se compacta en 5 capas con un martillo de 4.5 kg y cayendo de una altura de 46 cm, dando 25 golpes por capa (Fig. 4).



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

La gráfica siguiente es un ejemplo de la prueba proctor y la prueba proctor modificada efectuadas en el mismo material (Fig. 5).



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

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

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

- a) Se toma una muestra del material a probar y se seca
- b) Se pasa por la malla de 25 mm (1") y se determina el porcentaje, en peso, retenido en la malla, si el porcentaje es menor del 15%, se usará para la prueba el material que pasó la malla. Si el porcentaje retenido es mayor del 15% se prepara, del material original, una muestra que pase la malla de 1" y que sea retenida en la malla No. 4, de esta muestra se pesa un tanto igual al peso del retenido, el que se agrega al material que pasó la malla de 1", con este nuevo material se procede a la prueba.
- c) A 4 kg de la muestra así preparada se le incorpora una cantidad de agua conocida; y se homogeniza con el material.
- d) Con este material se llena, en tres capas, un molde metálico de 6" de diámetro por 8" de altura con el fondo perforado. Cada capa se pica 25 veces con una varilla de 5/8" (1.9 cm) de diámetro por 30 cm de longitud con punta de bala.
- e) Sobre la última capa se coloca una placa circular ligeramente menor que el diámetro interior del cilindro, y se mete el molde en una prensa de 30 Ton.
- f) Se aplica la carga gradualmente de tal manera que en cinco minutos se alcance una presión de 140.6 kg/cm², la cual debe mantenerse durante un minuto, e inmediatamente se descarga en forma gradual durante un minuto.

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

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

Por ejemplo: si en la prueba Porter obtuvimos un "Peso Volumétrico Seco Máximo" de 2,000 kg/m³, y el diseñador ha pedido el 95% Porter, en la obra tendremos que alcanzar un peso volumétrico seco de: $0.95 \times 2,000 = 1,900 \text{ kg/m}^3$.

2.4. METODOS DE CONTROL

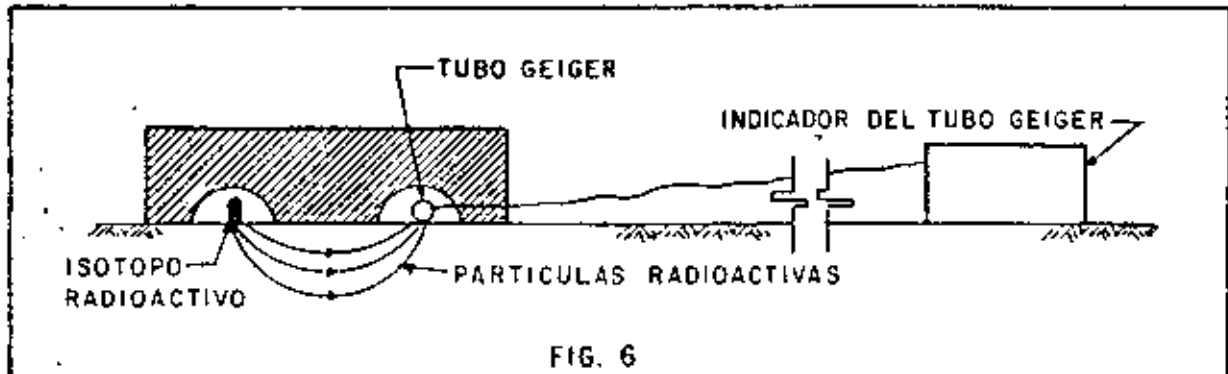
Para medir en la obra si se ha alcanzado el peso volumétrico especificado, hay varios métodos:

- A) Medida física de peso y volumen
- B) Mediciones nucleares
- C) Otros

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

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

B) *Prueba de medición Nuclear: Para evitar el tiempo y costo -- que significa la prueba anterior se han ideado varios métodos, uno de ellos es el Método Nuclear, que consiste en un bloque de plomo que contiene un isótopo y un tubo Geiger (Fig. 6).

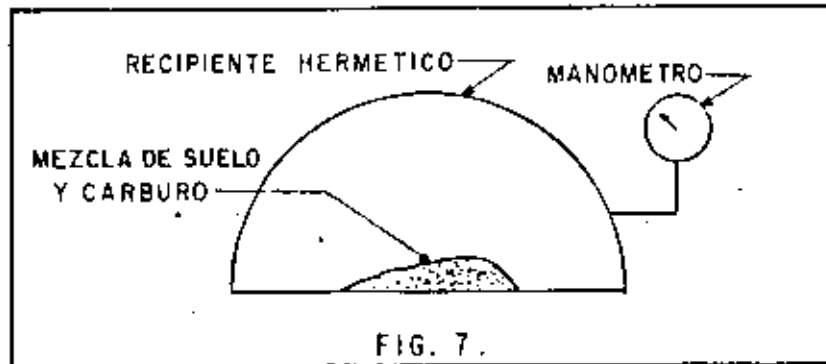


El bloque de plomo se coloca sobre la capa a probar, el número de partículas que llegan al tubo Geiger está en función de la masa del material que tienen que atravesar, es decir, es función del peso volumétrico, entonces la medida del indicador debe compararse con otra medida hecha en una capa que tenga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

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

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

C) Otros: Como el problema principal es la determinación de la humedad se han desarrollado últimamente algunos métodos entre los que destaca principalmente el denominado "Speedy" (Fig. 7), que consiste en colocar un peso conocido de suelo mezclado con carburo de calcio dentro de un recipiente hermético provisto de un manómetro. El carburo reacciona con la humedad del suelo, produciendo gas acetileno y por lo tanto una presión que es registrada en el manómetro el que se puede inclusive graduar en gramos de agua, determinándose rápidamente de esta manera el porcentaje de humedad, y así poder calcular su peso volumétrico seco.



III. TRABAJO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

Para comprender mejor la transmisión de los esfuerzos de compresión en un suelo, consideremos una placa rígida, circular, de área "A", colocada sobre un suelo, a la que se aplica una carga "L", dando una presión de contacto "p" (Fig. 9).

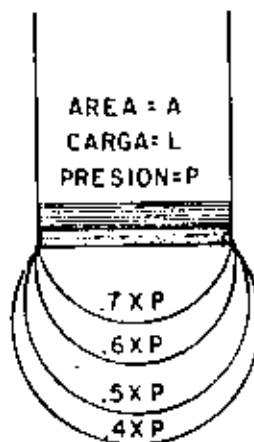


FIG. 8

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

Obsérvese lo siguiente:

- a) Si aumenta el tamaño de la placa pero la presión permanece -- constante, incrementando la carga: la profundidad del bulbo -- de presión aumenta (Fig. 9).

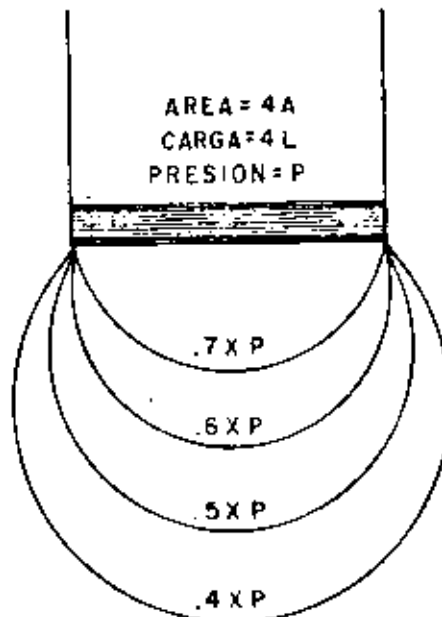


FIG. 9

- b) Si aumenta la presión, y el área permanece constante (Fig.10) la profundidad del bulbo no aumenta significativamente, pero la presión, y por lo tanto la energía de compactación, si aumenta.

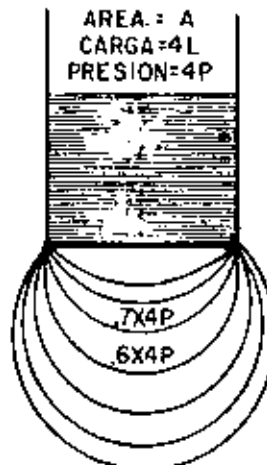


FIG. 10

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

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

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

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

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

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

- 3.1) PRESION ESTATICA: La aplicación de una fuerza por unidad de área.
- 3.2) IMPACTO: Golpeo con una carga de corta duración, alta amplitud y baja frecuencia.
- 3.3) VIBRACION: Golpeo con una carga de corta duración, alta frecuencia, baja amplitud.
- 3.4) AMASAMIENTO: Acción de amasado, reorientación de partículas próximas, causando una reducción de vacíos.
- 3.5) CON AYUDA DE ENZIMAS.

3.1. COMPACTACION POR PRESION ESTATICA.

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

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

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

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

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

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

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

$$R = nF$$

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

3.2. COMPACTACIÓN POR IMPACTO

La compactación por medio de impacto se logra aplicando repetidamente una fuerza sobre el suelo, con alta amplitud y baja frecuencia.

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

3.3. COMPACTACIÓN POR VIBRACION

Este principio de compactación es el que últimamente ha tenido mayor desarrollo y prácticamente ha invadido todos los materiales por compactar.

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

Como en la compactación por presión estática, en este tipo de compactación también se aplica una cierta presión, pero al mismo tiempo se somete al material a rápidas y fuertes vibraciones, entre 700 y 4,000, dependiendo del compactador.

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

Esto se puede demostrar mediante el experimento de girar un palote de álabes dentro de un recipiente que contenga arena o grava, primero en estado estático y luego colocando el recipiente sobre una placa vibratoria. (Fig. 10 A).

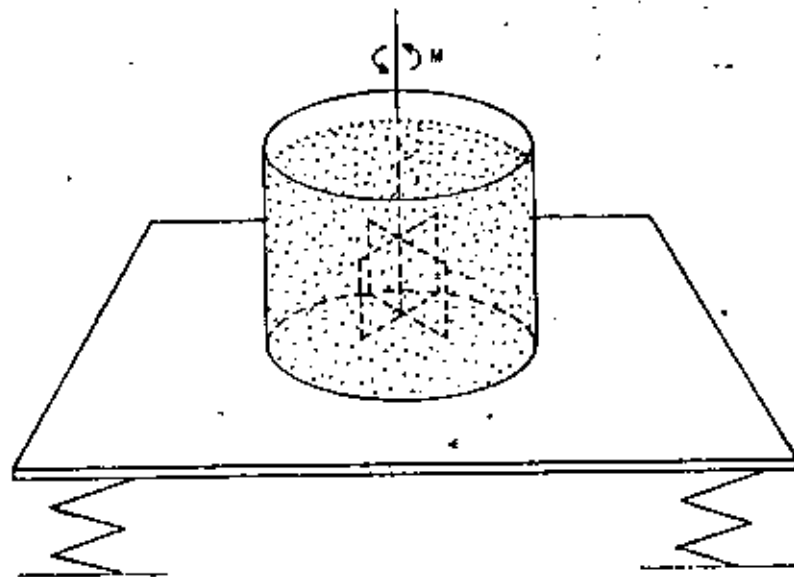


FIG. 10-A DISPOSITIVO PARA MEDIR EL MOMENTO DE RESISTENCIA

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

La experiencia sueca nos proporciona la siguiente tabla:

Material	Contenido de agua %	Momento Resistivo (kg-cm)	
		En reposo	Con vibraciones
Grava	0	1700	40
Arena	10	600	45
Limo	12	150	25

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

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

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

- VENTAJAS DE LA COMPACTACION POR VIBRACION

- a) Es posible compactar a más altas densidades; facilita la obtención de los últimos porcentos del grado de compactación que son tan difíciles, y a veces imposibles, de obtener con compactadores estáticos.
- b) Permite el uso de compactadores más pequeños
- c) Se puede trabajar sobre capas de mayor espesor
- d) Permite hacer más rápidos por el menor número de pasadas
- e) Por las razones anteriores los costos de compactación resultan menores.

3.4. COMPACTACIÓN POR AMASAMIENTO

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

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

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

3.5. COMPACTACIÓN CON AYUDA DE ENZIMAS

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

Una enzima es: "Cierta substancia química-orgánica que está -- formada por plantas, animales y microorganismos, capaz de incrementar la velocidad de transformación química del medio donde se encuentra, sin que sea consumida por ello en este proceso, llegando a formar -- parte del conjunto".

Según los fabricantes de enzimas para compactación, esta se -- logra mediante una reacción química de ionización de los componentes orgánicos e inorgánicos del terreno, lo que trae por consecuencia -- que las partículas del suelo se agrupen y se transformen en una masa compacta y firme.

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

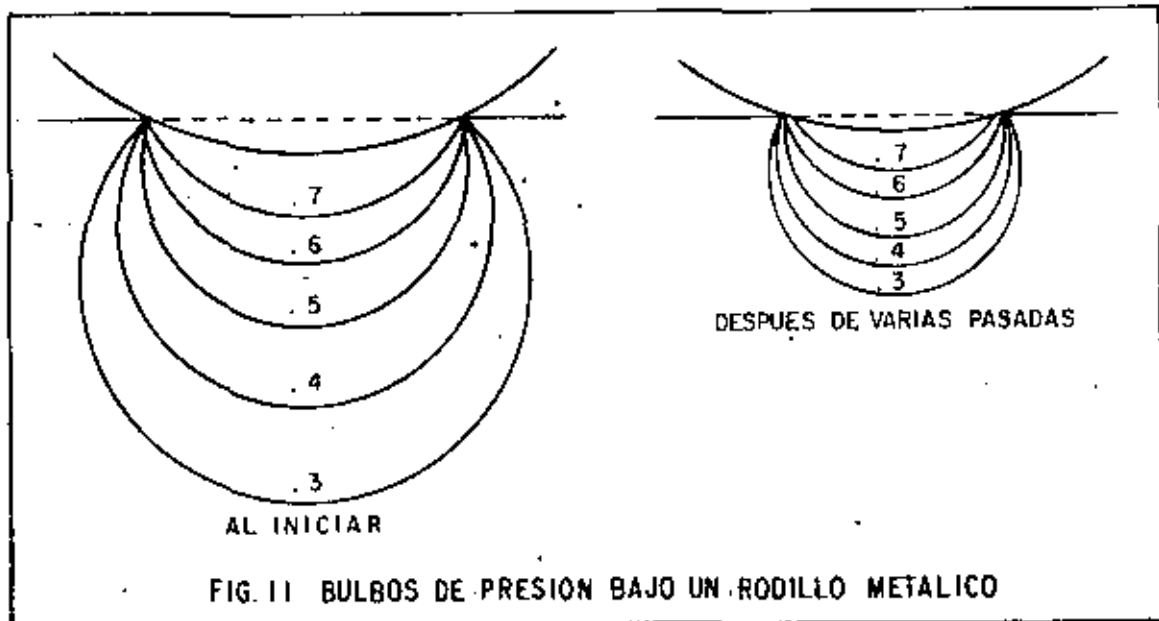
IV. EQUIPO DE COMPACTACION

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

4.1. RODILLOS METALICOS

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

Cuando estos rodillos inician la compactación de una capa el área de contacto es más o menos ancha y se forma un bulbo de presión de una cierta profundidad. Conforme avanza la compactación el ancho del área de contacto se reduce, y por lo tanto también se reduce la profundidad del bulbo de presión y aumentan los esfuerzos de compresión en la cercanía de la superficie (Fig. 11). Estos esfuerzos son con frecuencia suficientes para triturar los agregados en materiales granulares, e invariablemente causan la formación de una costra en la superficie de la capa (encarpetamiento).



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

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

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

Dentro de este grupo se puede hacer la división siguiente:

A) Planchas Tandem.- Son aquellas que tienen dos o tres rodillos metálicos paralelos. Los rodillos son generalmente huecos para ser lastrados con agua y/o arena. Tienen generalmente dos números - por nomenclatura. El primero es el peso de la máquina sin lastre y el segundo es el peso de la máquina lastrada totalmente (Fig. 12).

B) Planchas de Tres Ruedas.- Son quizás de más antiguo diseño; estas planchas tienen dos ruedas traseras paralelas y una rueda de lantera; las ruedas pueden ser huecas para ser lastradas o formadas por placas de acero roladas con atiesadores (Fig. 13).

Las planchas tandem, a pesar de que son generalmente de menor peso que las de tres rodillos, suelen tener mayor compresión por centímetro lineal de generatriz que las de tres rodillos, por tener menor superficie de contacto con el material.

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

Son efectivas en todos los suelos, pero, por los inconvenientes mencionados y su bajo rendimiento hacen que su uso se limite a trabajos pequeños o al armado de una capa al inicio de la compactación.

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

4.2. RODILLOS NEUMATICOS

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

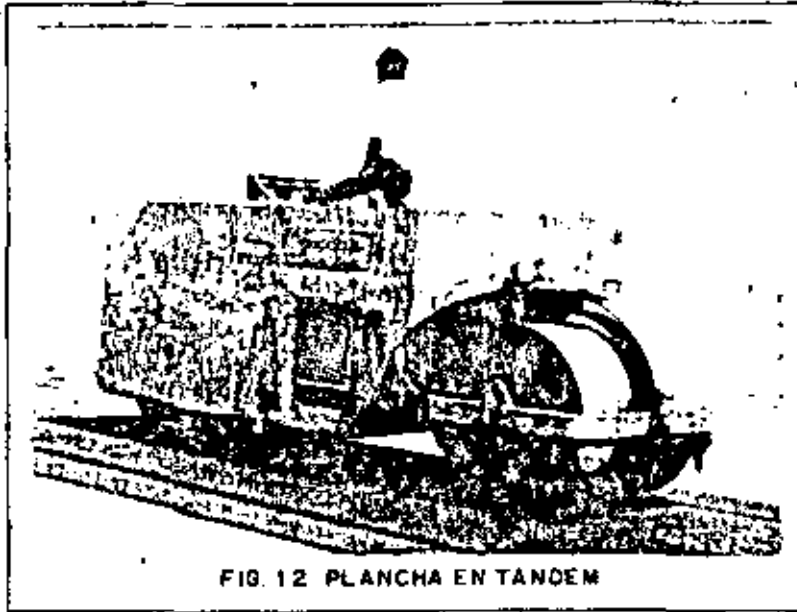


FIG. 12 PLANCHA EN TANDEM



FIG. 13 PLANCHA DE TRES RUEDAS

Estos compactadores pueden ser jalados o autopropulsados.

Se pueden dividir conforme al tamaño de sus llantas en:

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



FIG. 14

A) DE LLANTAS PEQUEÑAS.- Generalmente tienen dos ejes en tandem y el número de llantas puede variar entre 7 y 13. El arreglo de las llantas es tal que las traseras traslapan con las delanteras - - (Fig. 14 A).

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

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

B) DE LLANTAS GRANDES.- Son generalmente arrastrados por tractor y pesan de 15 a 50 Ton. Tienen 4 ó 6 llantas en un mismo eje, -

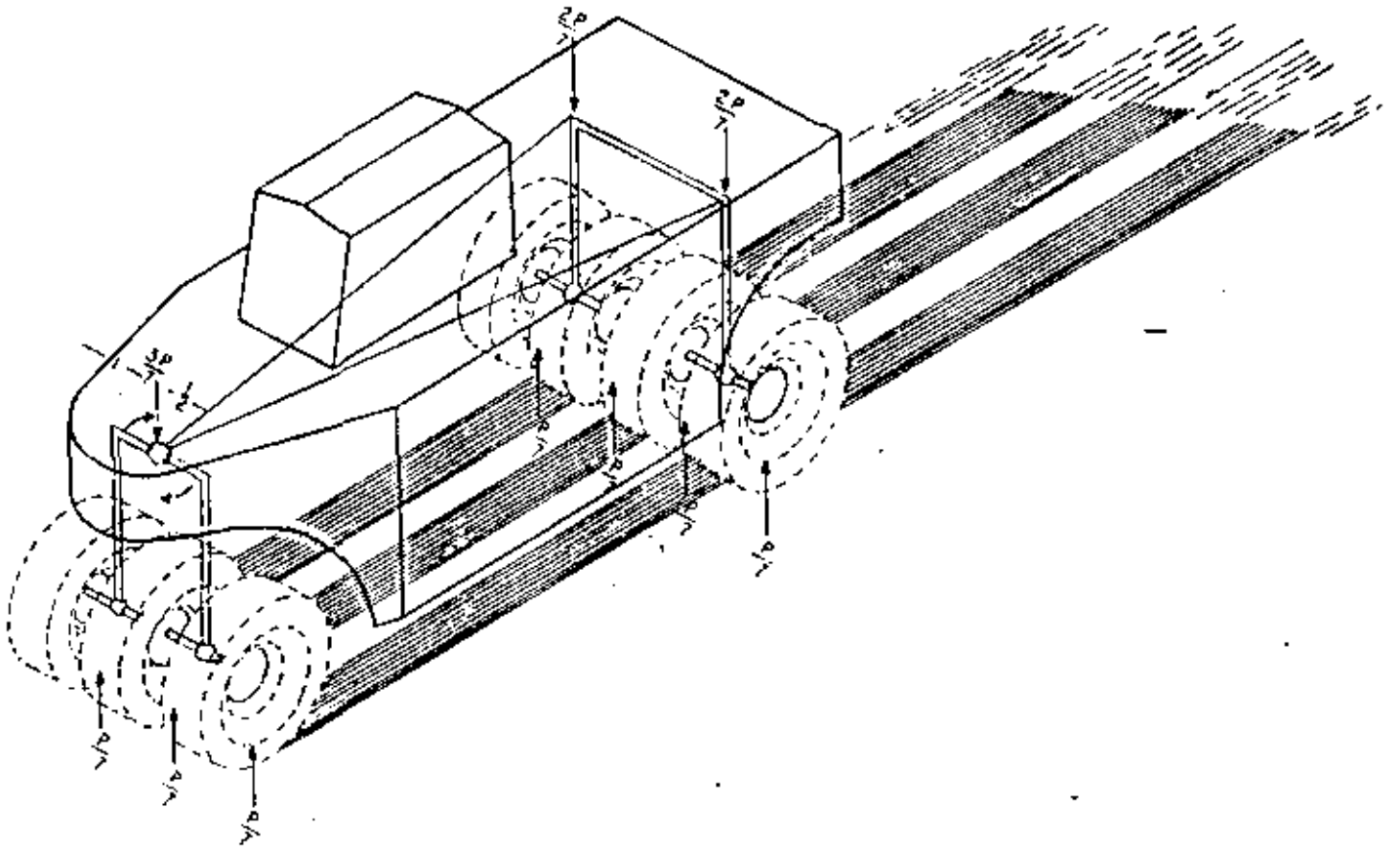


Fig. 14-A

además son difíciles de maniobrar y de transportar, por lo que están siendo desplazados por otros equipos más ligeros y versátiles.

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

a) Peso total.- Dependiendo del número total de llantas y del sistema de suspensión del compactador se puede conocer el peso o fuerza aplicada por llanta. A mayor peso total, mayor carga por llanta, en caso de tratarse de una suspensión isostática.

b) La presión de inflado es importante, pero está ligada íntimamente a la carga de la llanta. Si "W" es el peso del compactador, y "p" es la presión de contacto (Fig. 15):

Podemos observar que si aumentamos el peso sin aumentar la presión (Fig. 16), aumentamos la profundidad del bulbo, pero no aumentamos la presión, esto nos permitiría trabajar capas relativamente mayores, pero el aumento de eficiencia es casi nulo, y las llantas durarán menos pues estamos aumentando el trabajo de deformación de la llanta.

Si aumentamos la presión sin aumentar la carga (Fig. 17) disminuimos la profundidad del bulbo de presión, y podemos llegar a encarpetar la capa. Esto puede ser eficiente si la capa es delgada como suele serlo en bases y sub-bases y carpetas.

Si aumentamos el peso y la presión (Fig. 18), estamos aumentando la presión efectiva sobre la capa y por lo tanto el trabajo de compactación sobre la capa, sin embargo esto nos puede disminuir la vida útil de las llantas y del equipo, y aumentará la tendencia al rebote.

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

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

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

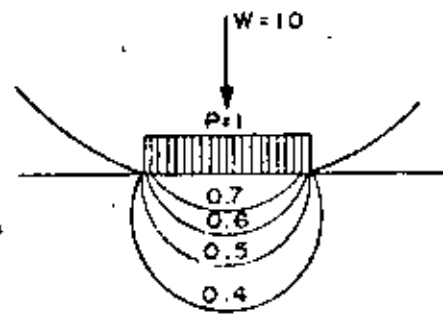


FIG. 15

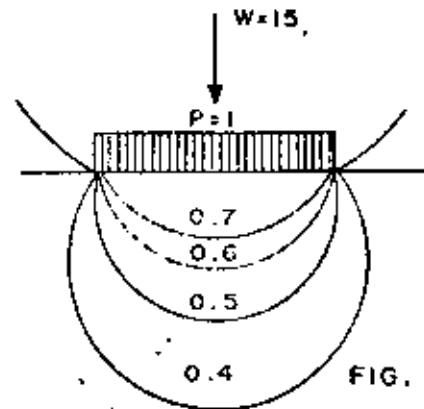


FIG. 16

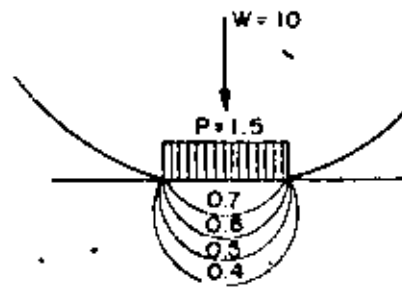


FIG. 17

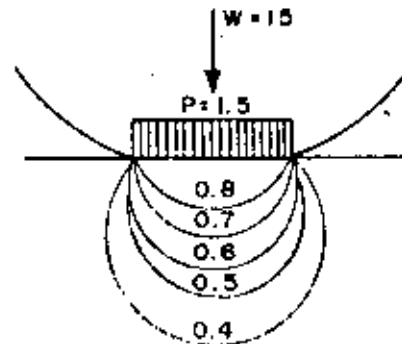


FIG. 18

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

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

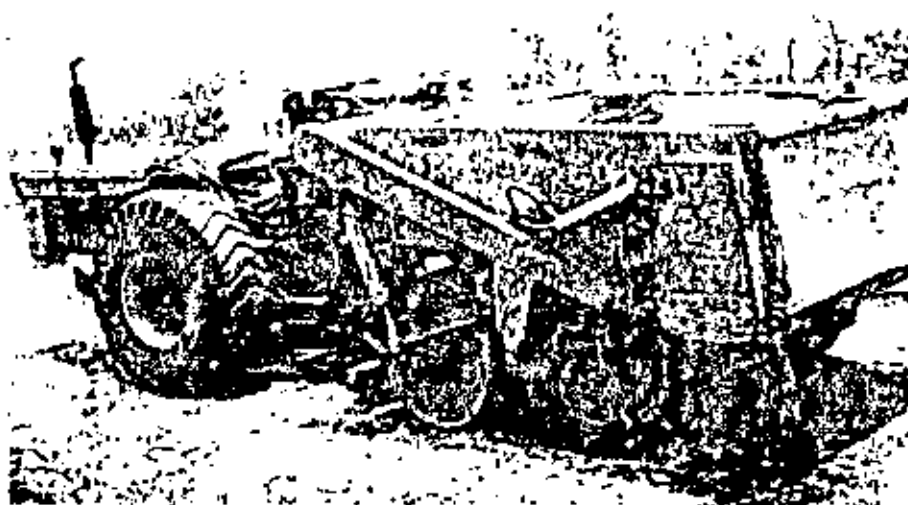


FIG. 19 COMBINACION DE RODILLOS METALICO Y NEUMATICO (DUO-FACTOR)

4.3. RODILLOS PATA DE CABRA.

Son ahora raramente usados, excepto para amasamiento y compactación de arcillas donde la estratificación debe ser eliminada, - como en el corazón impermeable de una presa. Debido a la pequeña -- área de contacto de una pata y al alto peso de éstos equipos el bulbo de presión es intenso y poco profundo. La compactación se consigue por penetración y amasamiento más que por efecto del bulbo de -- presión (Fig. 20).

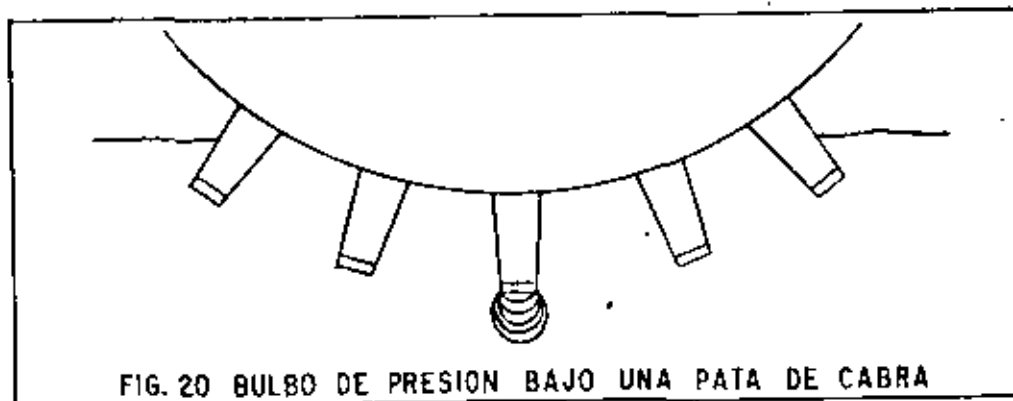


FIG. 20 BULBO DE PRESION BAJO UNA PATA DE CABRA

Los rodillos pata de cabra son lentos, tienen una gran resistencia al rodamiento, por lo que consumen mucha potencia. Este equipo es todavía pedido en especificaciones algunas veces, pero su uso está declinando debido a los altos costos que tienen, usualmente, por unidad de volumen compactado (Fig 21).

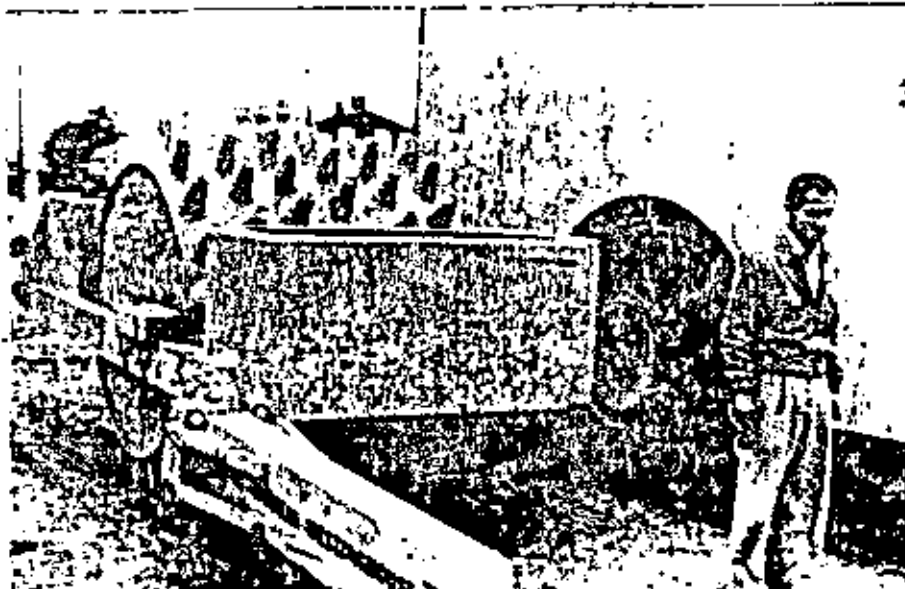
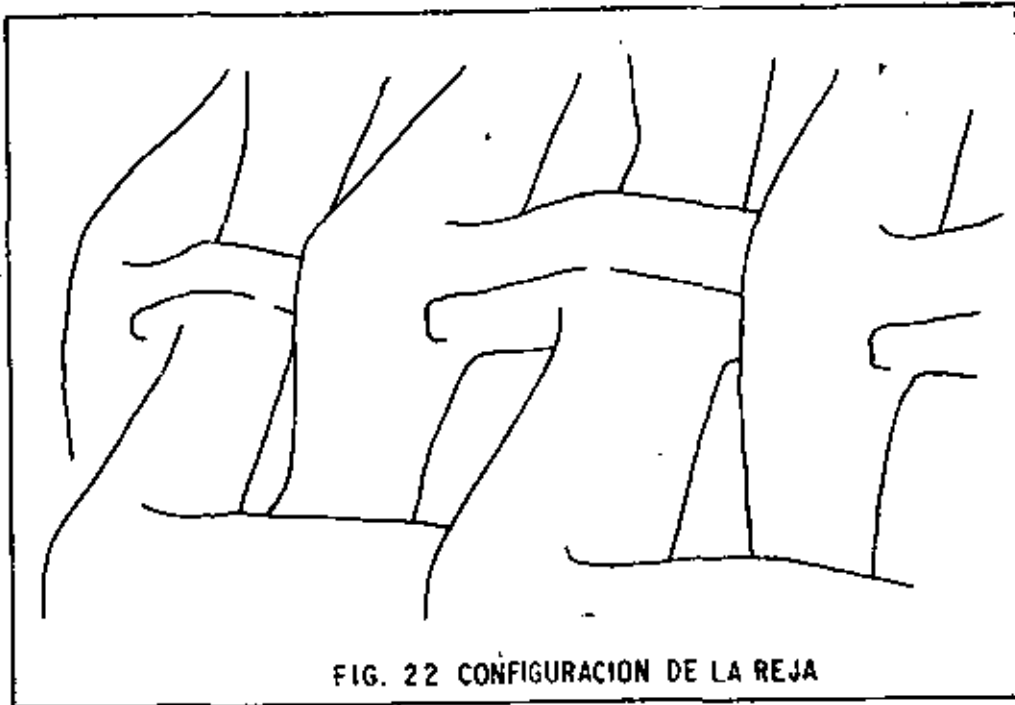


Fig. 21 RODILLO PATA DE CABRA

4.4. RODILLO DE REJA

Este compactador fue desarrollado originalmente para disgregar y compactar rocas poco resistentes a la compresión, como rocas sedimentarias y algunas metamórficas, para hacer caminos de penetración transitables todo el año, para esto el rodillo transita sobre la roca suelta en el camino, rompiéndola y produciendo finos que llenan los vacíos formando una superficie suelta y estable. Como una gufa; la roca que se puede escarificar también se puede disgregar.

Al ser usado este equipo se encontró que era capaz de compactar a alta velocidad una gran variedad de suelos. Los puntos altos de la reja producen efecto de impacto, y cuando es remolcado a alta velocidad, produce efecto de vibración, efectivo en materiales granulares. El perfil alternado alto y bajo de la rejilla produce efecto de amasamiento por lo que este rodillo también es eficiente en materiales plásticos. Desafortunadamente, como los materiales plásticos suelen ser pegajosos, se atascan de material los huecos de la reja y se reduce la eficiencia (Fig. 22).



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

4.5. RODILLO DE IMPACTO (TAMPING ROLLER).

A causa de los problemas de limpieza del rodillo de reja, se diseñó un nuevo rodillo usando los mismos principios: el rodillo de impacto. Este es un rodillo metálico, en el que se han fijado unas salientes en forma aproximada de una pirámide rectangular truncada. (Fig. 23).

Estas pirámides no son de la misma altura pues hay unas más altas que otras, siguiendo el modelo de puntos altos y bajos del rodillo de reja, esto dá las mismas ventajas, pudiéndose limpiar fácilmente por medio de dientes sujetos a un marco.

Estas salientes han sido diseñadas de tal manera que el área de contacto se incrementa con la penetración, ajustándose automáticamente la presión a la resistencia del suelo compactado (Fig. 24).

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

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

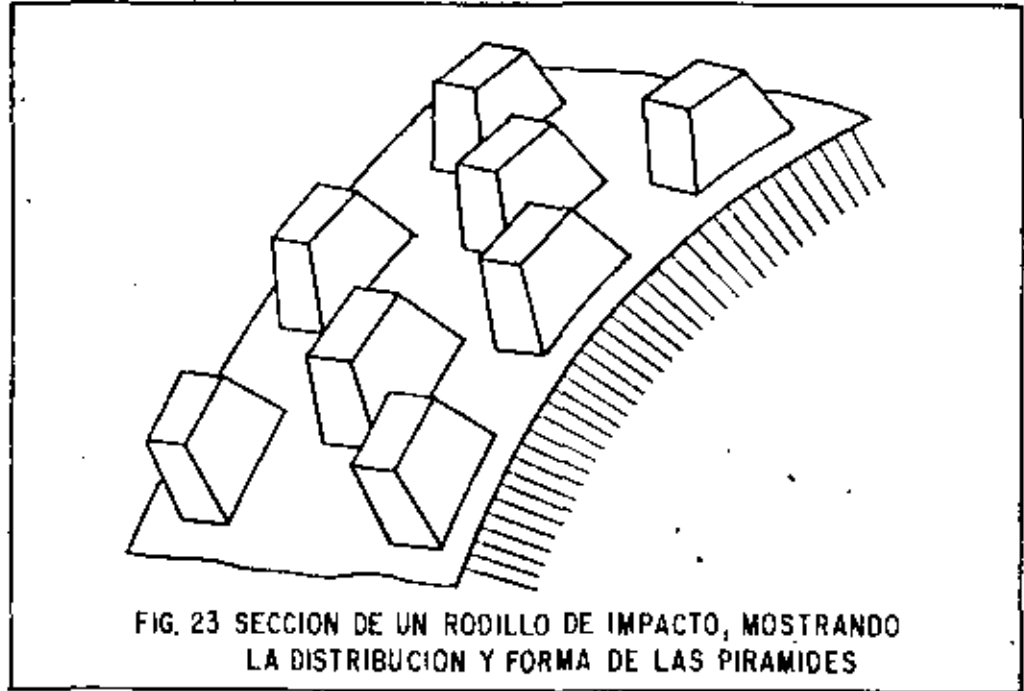


FIG. 23 SECCION DE UN RODILLO DE IMPACTO, MOSTRANDO LA DISTRIBUCION Y FORMA DE LAS PIRAMIDES

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

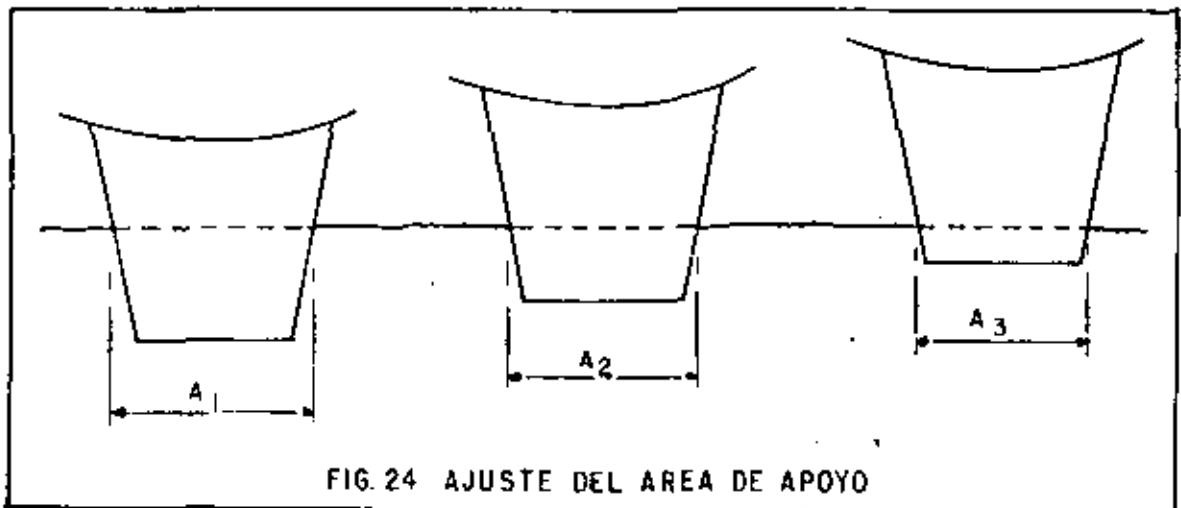


FIG. 24 AJUSTE DEL AREA DE APOYO

El rodillo de impacto ha probado ser uno de los más versátiles y económicos compactadores en terracerías, capaz de compactar eficientemente la mayor parte de los suelos (Fig. 25).

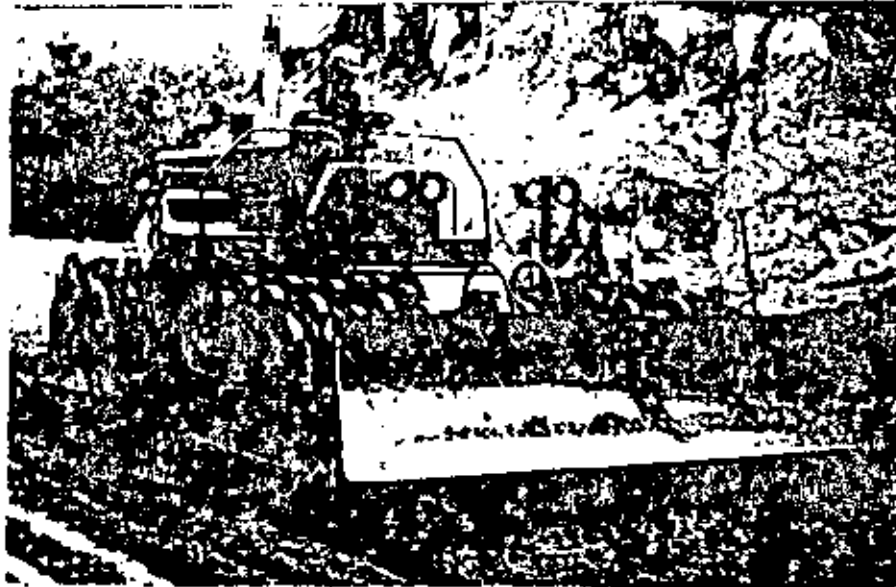


FIG. 25 RODILLO DE IMPACTO (TAMPING - ROLLER)

4.6. RODILLOS VIBRATORIOS

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

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

Estos rodillos pueden producir un gran trabajo de compactación en relación a su peso estático ya que la principal fuente de trabajo es la fuerza dinámica de compactación (Fig. 26).

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

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

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

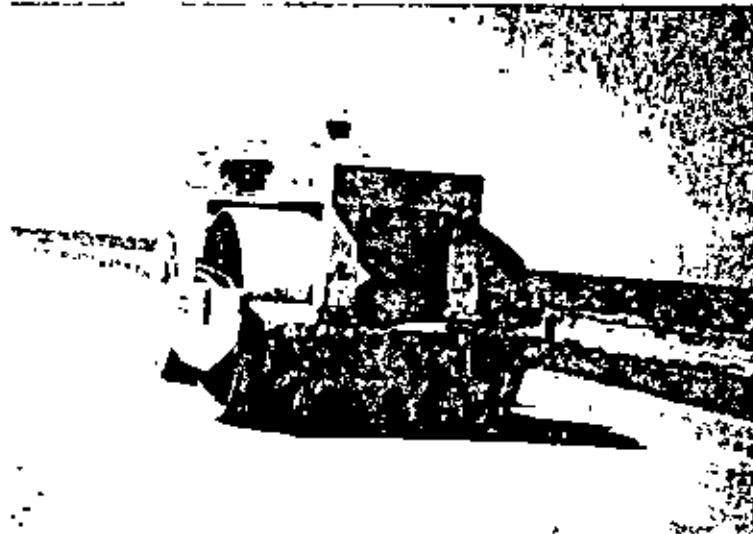


FIG. 26 RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO

V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPACTACION

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

- 5.1) CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL
- 5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL
- 5.3) NUMERO DE PASADAS DEL EQUIPO
- 5.4) PESO DEL COMPACTADOR
- 5.5) PRESION DE CONTACTO
- 5.6) VELOCIDAD DEL EQUIPO COMPACTADOR
- 5.7) ESPESOR DE CAPA

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

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

El agua, entonces, facilita el trabajo de compactación.

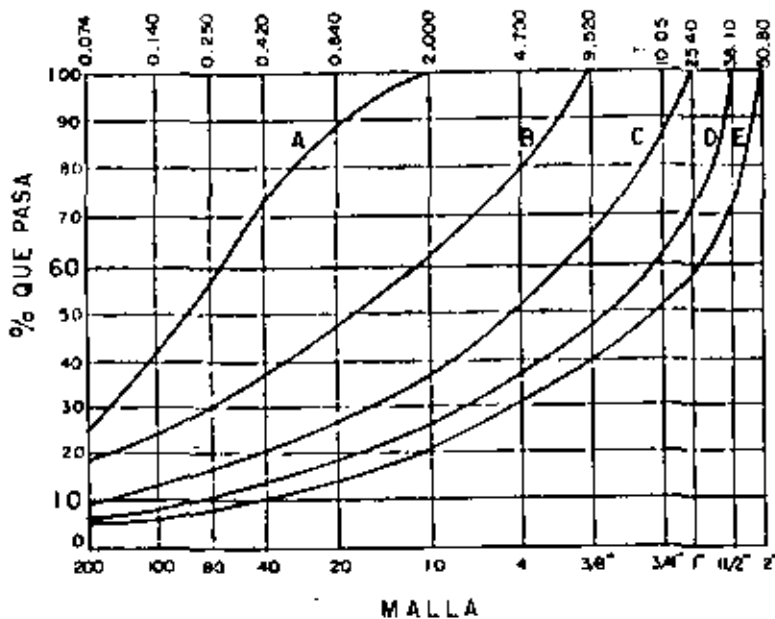
5.2) GRANULOMETRIA DEL MATERIAL. Para la obtención de una eficiente compactación es necesario, que haya partículas de varios tamaños en el material por compactar, ya que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados entre partículas de mayor tamaño.

Un suelo que contiene un tamaño muy uniforme de partículas -- (mal graduado), será difícilmente compactado. En cambio un suelo - con amplia gama de tamaños (bien graduado), se compacta mejor ya -- que las partículas de menor tamaño ocuparán los espacios formados - entre las partículas de mayor tamaño.

Por lo que es muy importante considerar el Coeficiente de Uniformidad de Lars Forssblad, que es la relación entre el D_{60} y el D_{10} .

COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu) DE LARS FORSSBLAD

GRAFICA DE COMPOSICION GRANULOMETRICA



$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

FIG. 27

En donde:

El D_{60} : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 60% del material.

El D_{10} : Es el tamaño de la malla por el que pasa el 10% del material.

Si el $C_u > 7$, se tiene un excelente suelo (bien graduado) para compactar. Con amplio margen de tamaños de partículas y cantidades apreciables de cada tamaño intermedio.

Si el $7 > C_u > 3$, se tienen suelos, que presentan ciertos problemas para la compactación, las que podemos eliminar mejorando la granulometría y así obtener buenos resultados.

Si el $C_u < 3$, se tiene un pésimo suelo (mal graduado) para compactar.

Por ejemplo en la gráfica de composición granulométrica, podemos observar de la curva (D), el D_{60} corresponde al material que pasa la malla de $1\frac{1}{2}$, tamaño igual a 19.05 mm y el D_{10} corresponde al material que pasa por la malla 80, tamaño igual a 0.250 mm. Si calculamos el coeficiente de uniformidad tenemos que:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{19.05 \text{ mm}}{0.250 \text{ mm}} = 76.2$$

lo que nos indica que es un excelente suelo para compactar, porque tiene una amplia gama de tamaños.

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

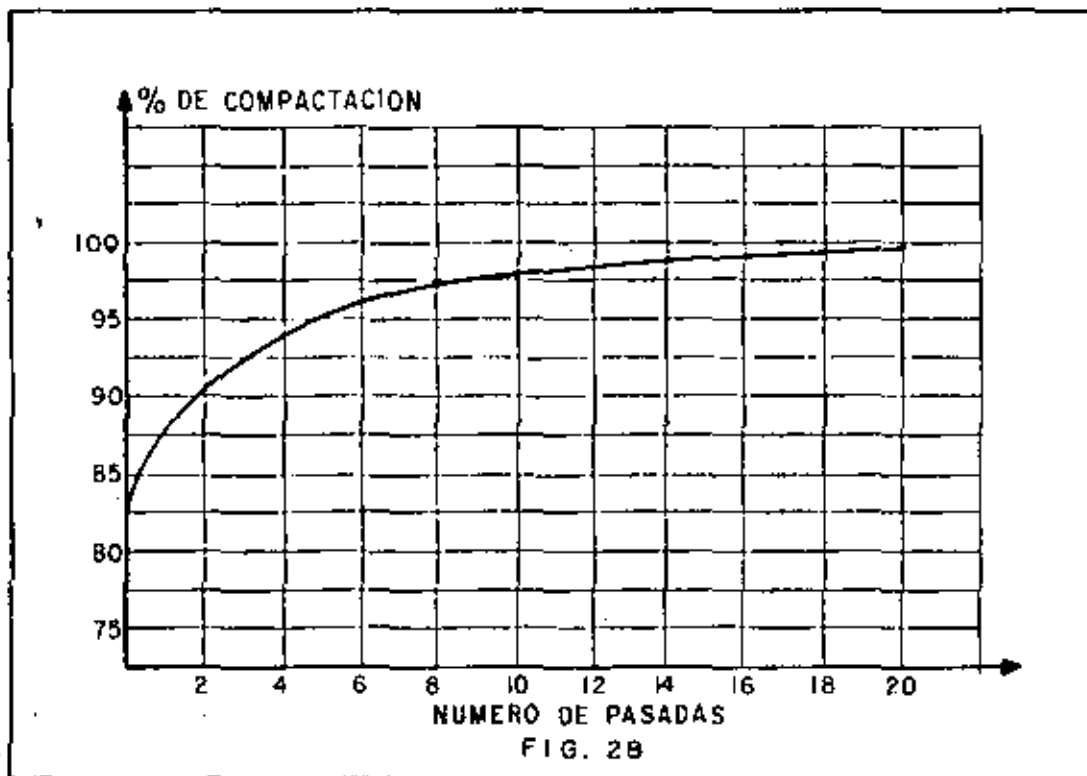
5.3) NUMERO DE PASADAS. El número de pasadas que un equipo deba dar sobre un material dependerá de (Fig. 28):

- A) Tipo de compactador
- B) Tipo de material

- C) Contenido de humedad
- D) Forma en que aplique la presión al material
- E) Maniobrabilidad del equipo

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

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



- A) Tipo de material
- B) Estado del material (Suelto o Semisuelto)
- C) Area expuesta por el compactador
- D) Presión de inflado en el caso de un equipo sobre neumáticos

- E) Peso del compactador
- F) Temperatura del material tratándose de mezclas asfálticas.

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

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

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

5.6) VELOCIDADES DE OPERACION

De la velocidad de translación del compactador y del número de pasadas dependerá, principalmente la producción. La velocidad estará entre los siguientes valores:

5.6.1. Rodillos Metálicos y Patas de Cabra

Son lentos por naturaleza, entre más rápido mejor, limitados sólo por la seguridad. 5 km por hora es un buen máximo.

5.6.2. Rodillos de Reja o de Impacto

Entre más rápido mejor, limitado sólo por la seguridad, normalmente de 10 a 20 km por hora.

5.6.3. Rodillos Neumáticos

Entre más rápido mejor, excepto que haya rebotes, lo que puede ocasionar ondulación de la capa, compactación dispareja y desgaste -- acelerado del equipo. Normal de 4 a 8 km por hora.

5.6.4. Rodillos Vibratorios.

La máxima eficiencia se obtiene entre 3 y 5 km por hora, a velocidades mayores la eficiencia baja rápidamente y se puede llegar a no obtener la compactación.

VI. SELECCION DE COMPACTADORES EN CUANTO A SU FUNCION

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

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para esta selección son:

- 6.1. Tipo de Material
- 6.2. Tamaño de la Obra
- 6.3. Requerimientos especiales

6.1. TIPO DE MATERIAL

En la figura 29 se muestra en los renglones 4 y 5 los diferentes materiales y su respectivo tamaño en mm. En el renglón 3 se clasifican en cohesivos, semicohesivos y no cohesivos, (los más finos son cohesivos y los granulares no cohesivos) en los renglones 1 y 2 se indica su uso más frecuente:

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

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

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

En el renglón 8: la compactación por impacto (rodillo de impacto y rodillo de rejá) aplicable a toda clase de suelos, pero el mal acabado que dan a la capa sólo permite aplicarlos en terracerías, normalmente arcillas y limos, a veces arenas. Limitación: el rodillo de rejá se atasca con los materiales cohesivos y hay que parar frecuente

SELECCION DE EQUIPO

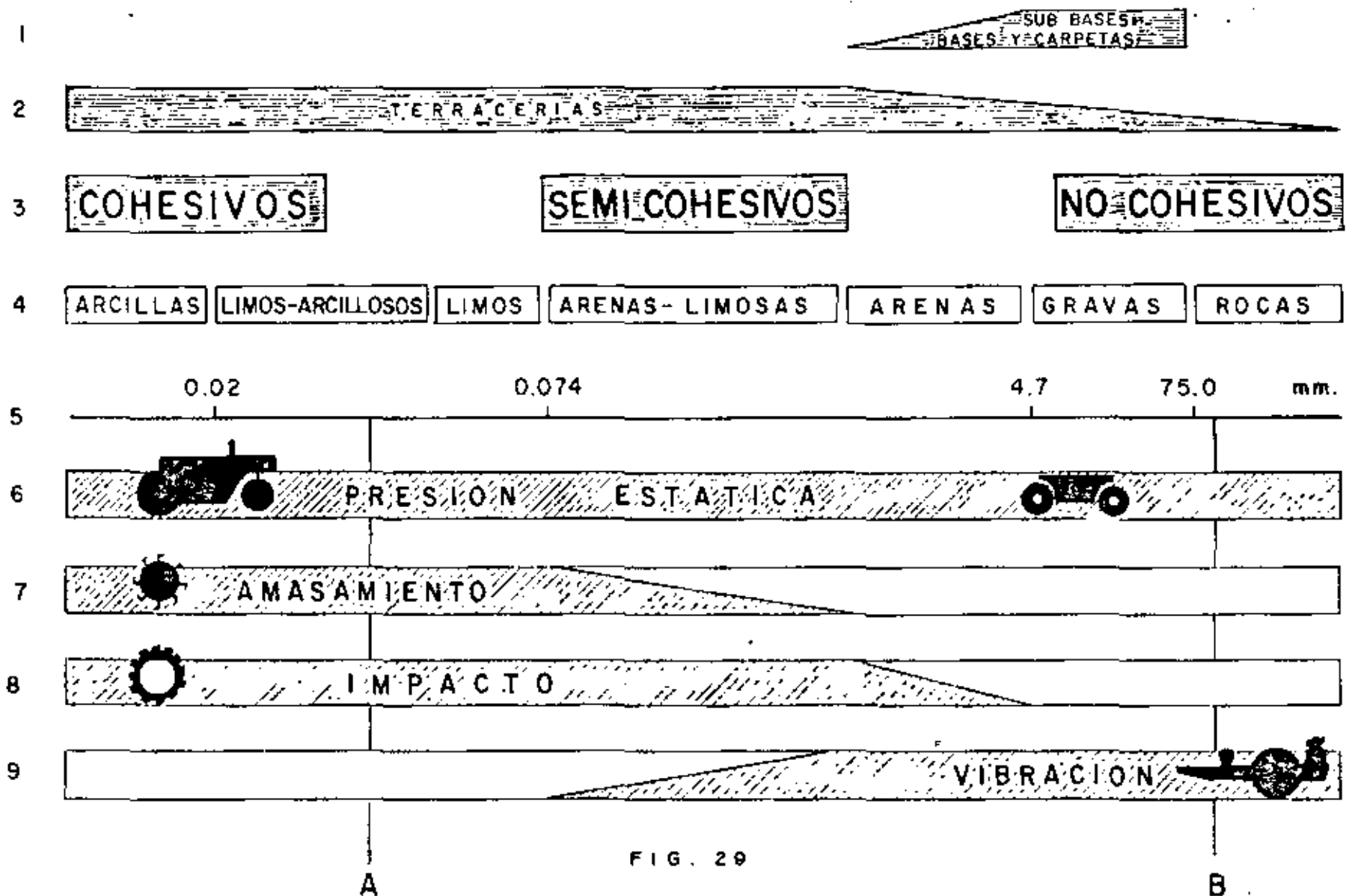


FIG. 29

mente a limpiarlo, sin embargo es un excelente disgregador, por lo que el rodillo de reja es extraordinario en terracerías que necesitan disgregado.

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

Conclusiones: (Fig. 29)

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

Para suelos cohesivos: Neumático grande y pata de cabra o neumático y rodillo de impacto. (Línea A, Fig. 29).

Para suelos no cohesivos: Neumático y rodillo vibratorio (Línea B, Fig. 29).

6.2. TAMAÑO DE OBRA.

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

6.3. REQUERIMIENTOS ESPECIALES.

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

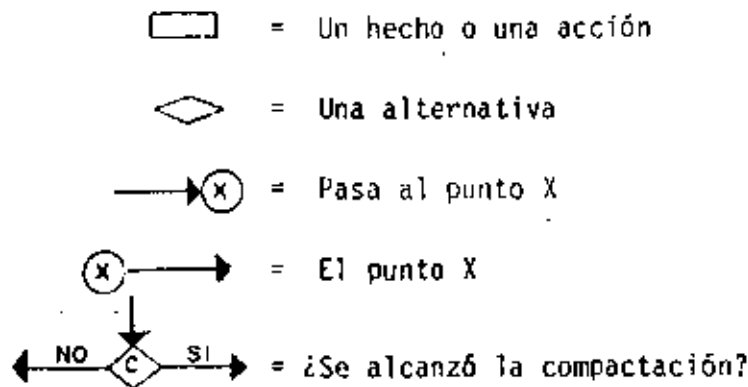
Debemos tener en mente que, en construcción pesada, la inversión en equipo es cuantiosa y que éste se adquiere usualmente fuera del país, por lo que es muy importante pesar cuidadosamente todas las posibilidades para poder escoger la máquina más eficiente; esto es: la menor inversión posible al más bajo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

VII. REGLAS A SEGUIR EN CASO DE TENER PROBLEMAS CON LA COMPACTACION

¿Qué hacer cuando el control nos indica una falla?

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

En estos diagramas se usan los siguientes símbolos:



VIII. SELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION EN CUANTO AL RENDIMIENTO Y AL COSTO DE LA COMPACTACION

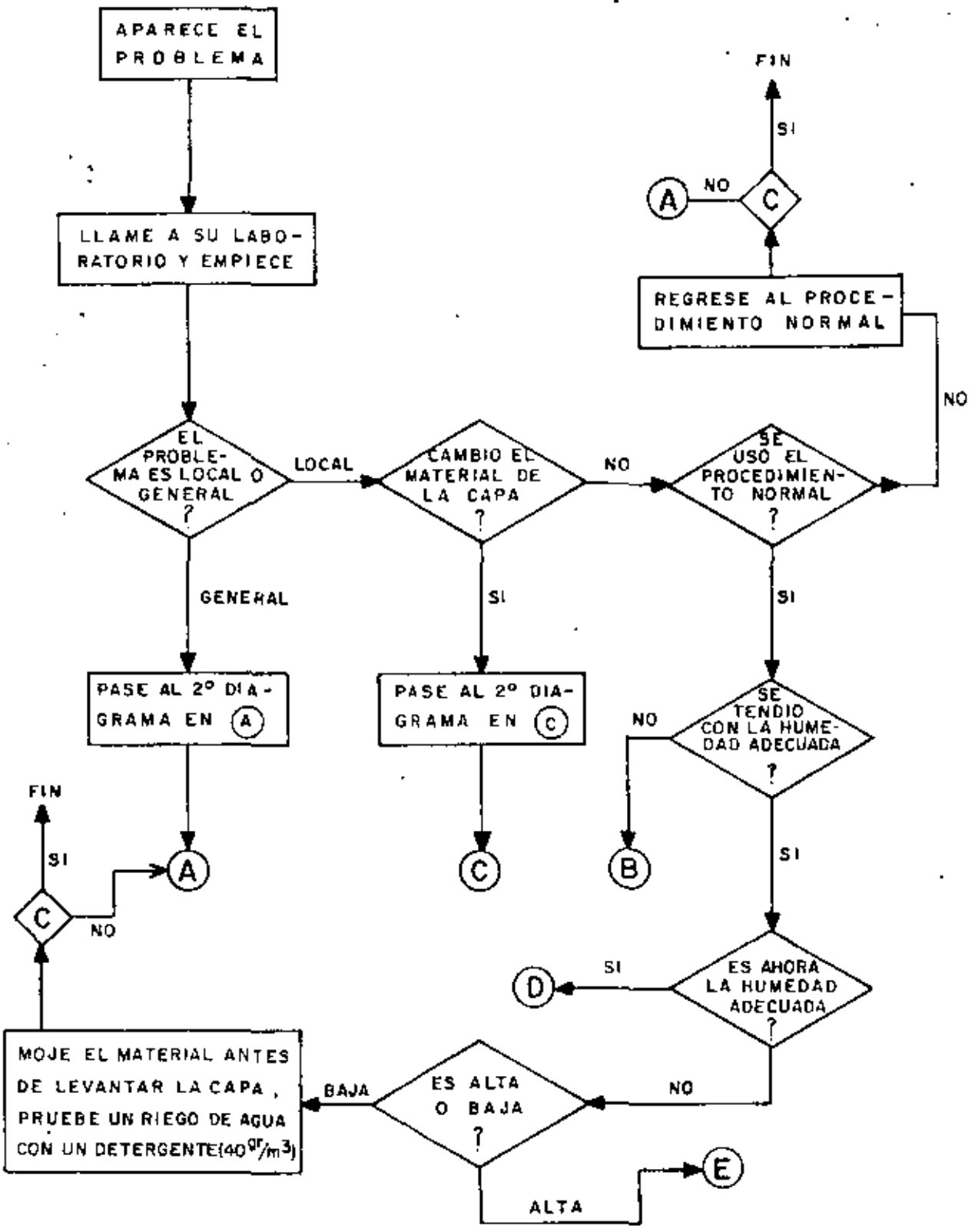
8.1. RENDIMIENTO

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

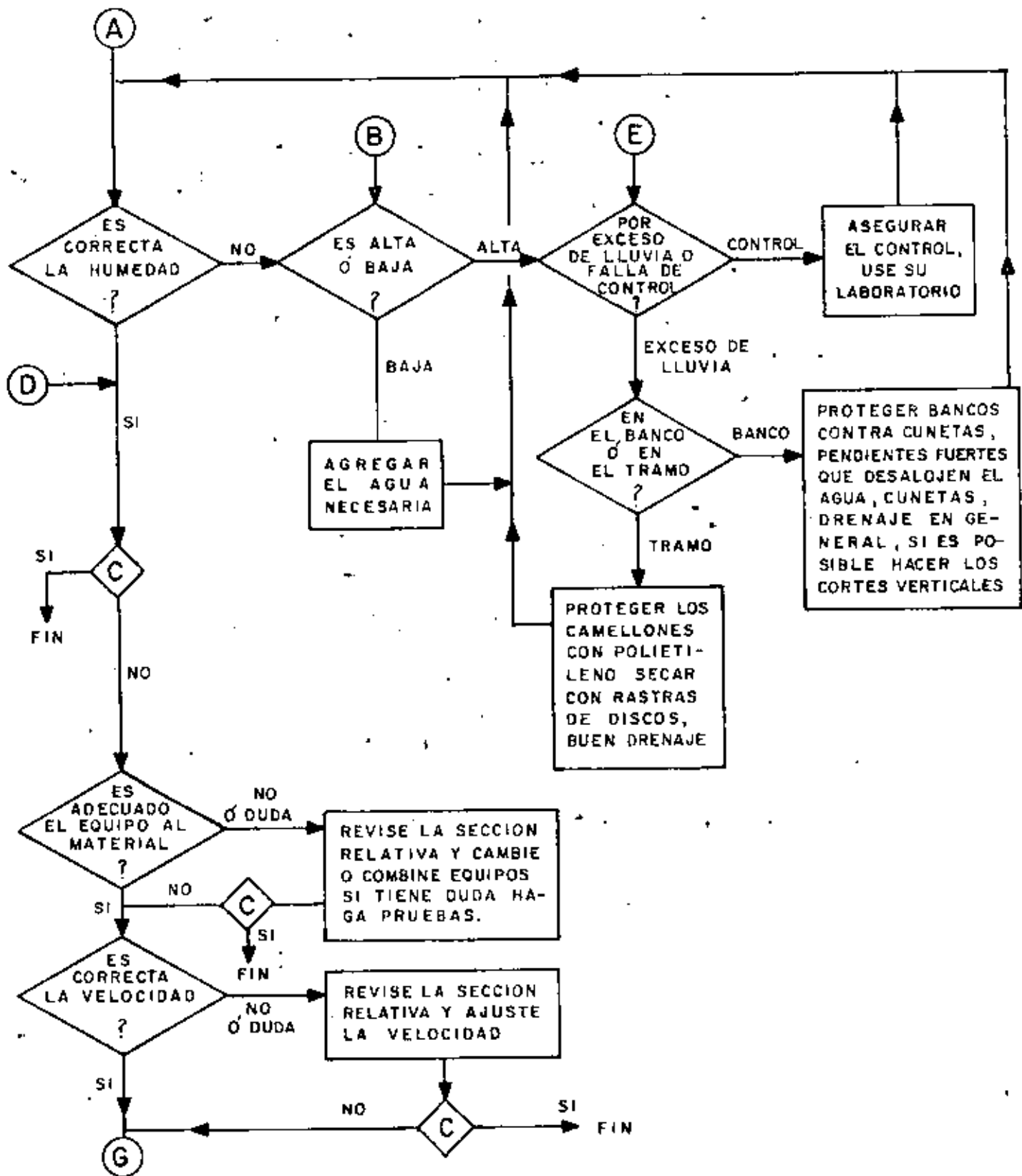
- A) Ancho compactado por la máquina = A
- B) Velocidad de operación = V
- C) Espesor de capa = E
- D) Número de pasadas para obtener la compactación especificada = N

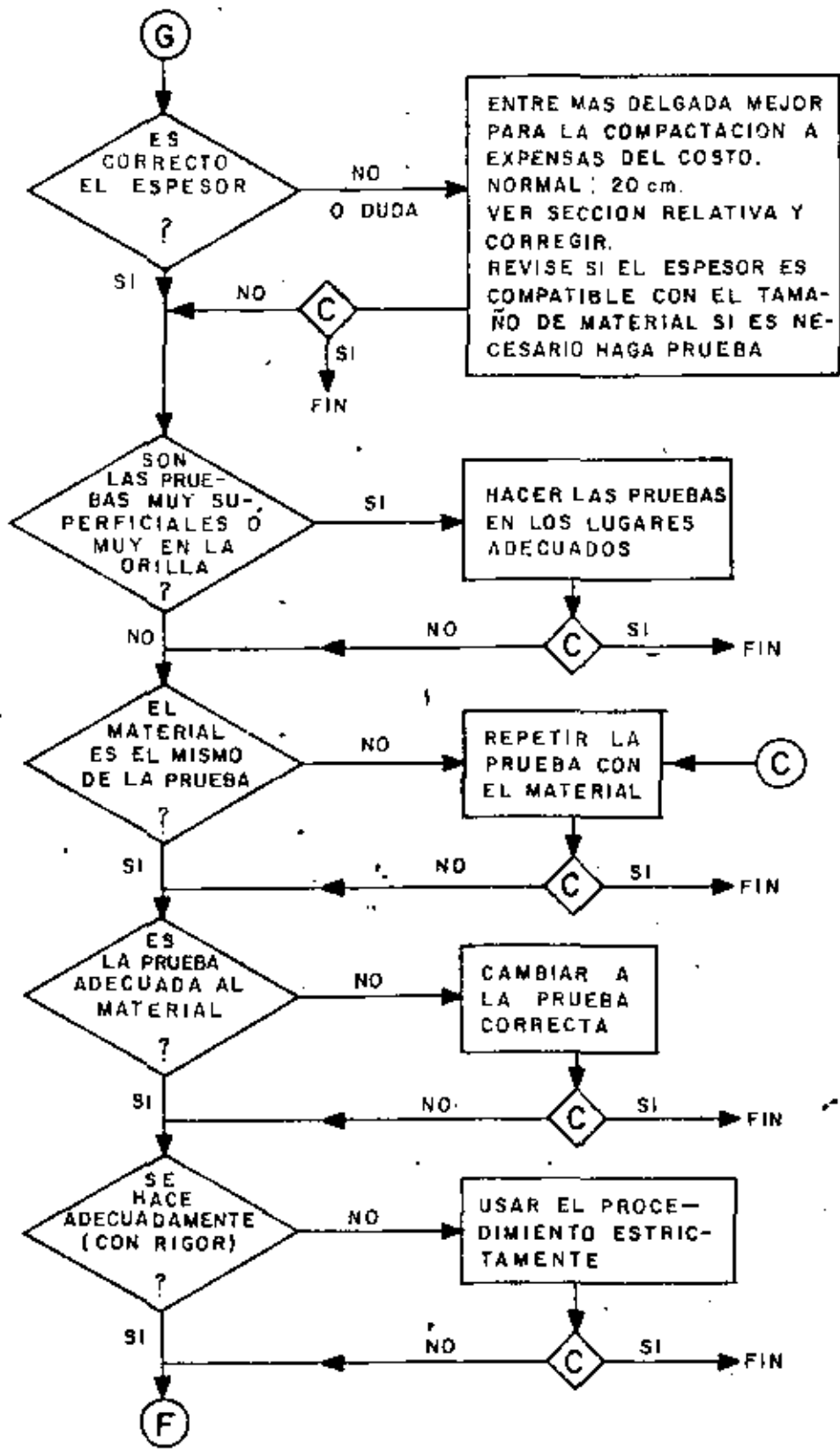
Para calcular la producción se determina primero el área cubierta en una hora con una pasada; dividiendo la cifra así obtenida entre el número de pasadas requeridas para obtener la compactación estipulada, resulta el área compactada de suelo por hora. Multiplicando esta última área por el espesor compactado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

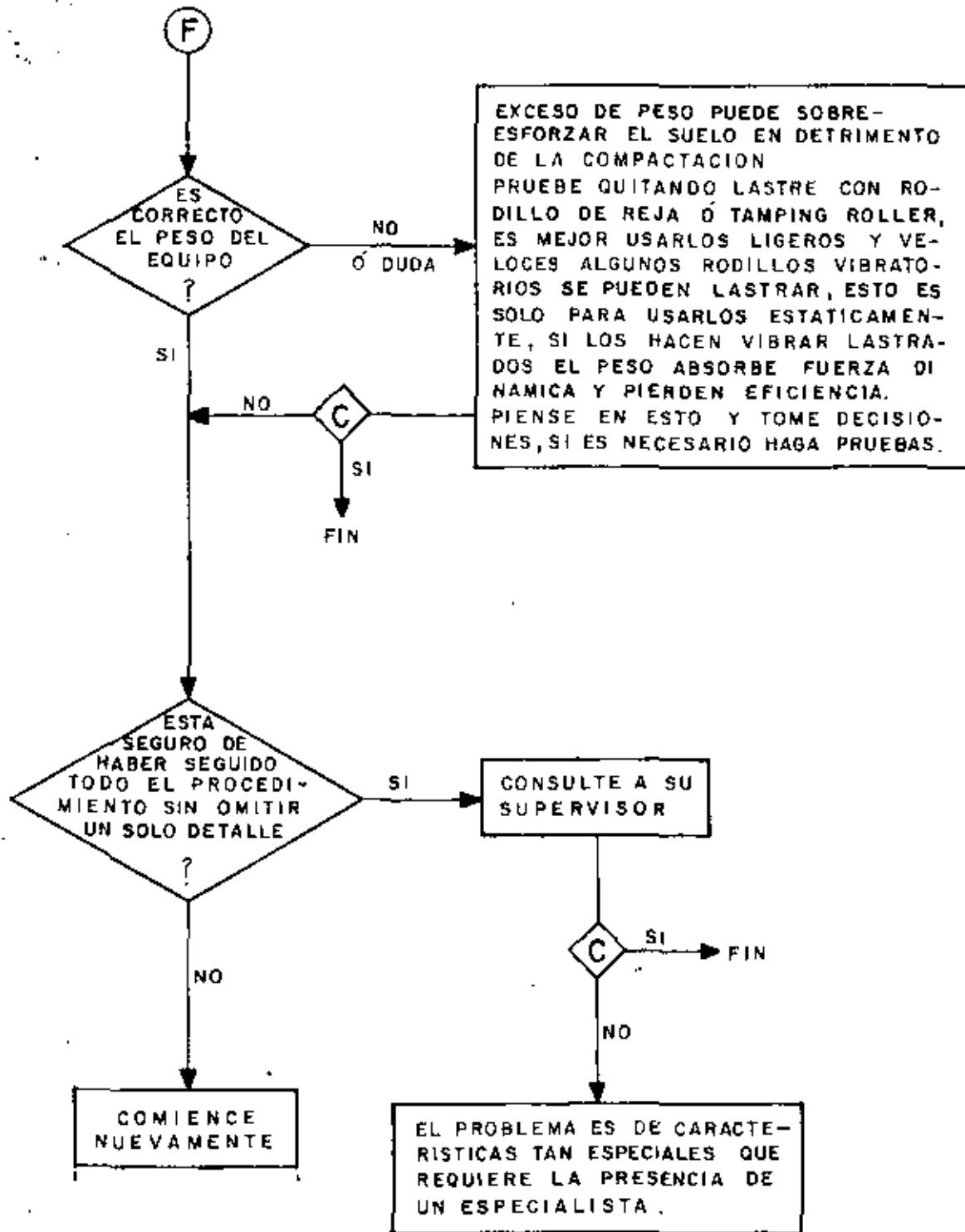
PRIMER DIAGRAMA



SEGUNDO DIAGRAMA







La fórmula puede escribirse:

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

P = Producción horaria (m³/h)

A = Ancho compactado por la máquina (m)

V = Velocidad (km/h)

E = Espesor de capa (cm)

N = Número de pasadas

10 = Factor de conversión

C = Eficiencia (0.6 a 0.8)

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

El número de pasadas depende de la energía que el equipo puede proporcionar al suelo:

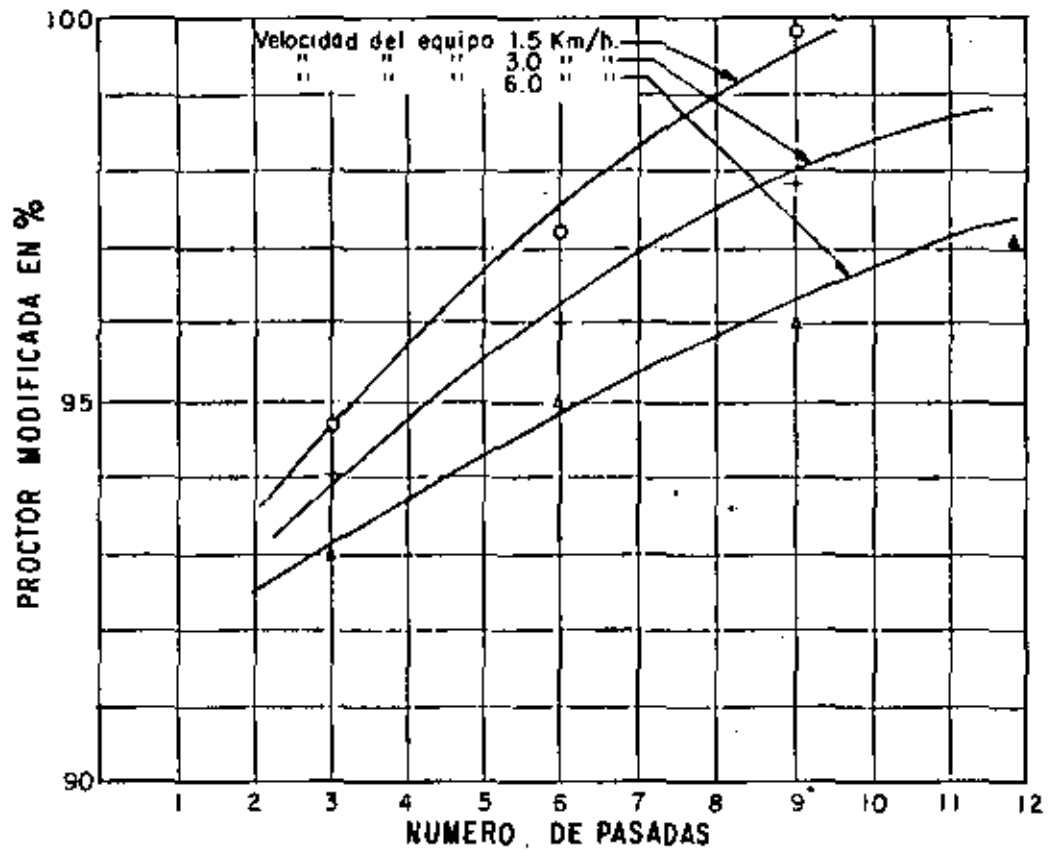
EJEMPLOS TÍPICOS:

EQUIPO	PROFUNDIDAD DE LA CAPA (CM)	No. DE PASADAS	
		PARA 90%	PARA 95%
RODILLO METALICO	10 A 20	7 A 9	10 A 12
NEUMATICO LIGERO	15 A 20	5 A 6	8 A 9
NEUMATICO PESADO	HASTA 70	4 A 5	6 A 8
RODILLO DE IMPACTO	20 A 30	5 A 6	6 A 8
RODILLO DE REJA	20 A 25	6 A 7	7 A 9
PATA DE CABRA VIBRATORIA	20 A 30	3 A 5	6 A 7
LISO VIBRATORIO	20 A 30	VER GRAFICA SIGUIENTE	

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

8.2. COSTOS

Para la determinación del costo horario del equipo de compactación se siguen los mismo pasos que se siguen para la determinación -



RELACION ENTRE EL GRADO DE COMPACTACION Y NUMERO DE PASADAS
 Equipo liso-vibratorio

de cualquier otro costo horario de equipo de construcción.

Es decir se deben obtener:

A) Cargos fijos.

Depreciación

Intereses

Seguros

Almacenaje

Mantenimiento

B) Consumos

Combustibles

Lubricantes

Llantas

C) Operación

D) Transporte

Sumando.

A) Cargos fijos

B) Consumos

C) Operación

D) Transporte

COSTO HORARIO

Determinado el costo horario del equipo y conociendo la producción del mismo, para un cierto grado de compactación, se puede obtener el costo por (m) compactado:

$$\text{Costo por m} = \frac{\text{Costo Horario Equipo}}{\text{Producción Horaria Equipo}}$$

8.3. EJEMPLOS

Ejemplo (1)

Si tiene por ejemplo un material compuesto por un 30% limo y 70% arena. Consideramos que se trata de un material granular y por lo tanto un compactador vibratorio es el indicado.

Se analizarán las siguientes alternativas:

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

1.- Determinación de costos horario

1. Rodillo liso arrastrado por tractor agrícola.

Precio de adquisición rodillo \$ 1'100,000.00

Precio de adquisición del tractor --- 840,000.00

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

Cargos fijos	\$ 612.00
Consumos	36.00
Operación	72.00
	<hr/>
	\$ 720.00

2.- Rodillo sencillo vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 2'400,000.00

Se considera también una vida útil de 8000 horas y un valor de rescate de cero:

Cargos fijos	\$ 672.00
Consumos	36.00
Operación	72.00
	<hr/>
	\$ 780.00/hora

3.- Rodillo Tandem vibratorio autopropulsado

Precio de adquisición \$ 4'300,000.00

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

Cargos fijos	\$ 1,150.00
Consumos	52.00
Operación	72.00
	<hr/>
	\$ 1,274.00

II.- Determinación de producciones horarias

1. Rodillo arrastrado por tractor agrícola.

Ancho	= 1.50 m
Velocidad	= 4 km/h
Espesor	= 20 cm (suelos)
Número de pasadas	= 4 para 95%

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 0.7 \times 10}{4} \times 0.75$$

$$P = 157 \text{ m}^3/\text{hora}$$

2. Rodillo autopropulsado

Ancho = 2.14 m

Velocidad = 4.5 km/h

Espesor = 20 m (suelos)

Número de pasadas = 4 para 95%

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

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

$$P = \frac{2.14 \times 4.5 \times 20 \times 10 \times 0.7}{4} \times 0.75$$

$$P = 253 \text{ m}^3/\text{hora}$$

3. Rodillo vibratorio Tandem autopropulsado

Ancho = 1.50

Velocidad = 4 km/h

Espesor = 20 cm (suelos)

Número de pasadas = 2 (por ser dos rodillos)

Coefficiente de reducc. = 0.7

Eficiencia = 0.75

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 20 \times 10 \times 0.8}{2} \times 0.75$$

$$P = 315 \text{ m}^3/\text{hora}$$

III. Determinación de costo de compactación.

	COSTO HORARIO	PRODUCCION	COSTO X m ³
Caso 1	\$ 720.00/h	157 m ³ /h	\$ 4.59/m ³
Caso 2	\$ 780.00/h	253 m ³ /h	\$ 3.08/m ³
Caso 3	\$ 1,274.00/h	315 m ³ /h	\$ 4.36/m ³

Se hace notar que a pesar de que la diferencia de valor de adquisición entre los casos (1) y (3) es de 280% aproximadamente; se obtiene un ahorro en el caso (3), del costo de compactación, cercano al 10%.

Suponiendo que se contara con un compactador de impacto auto-propulsado, con un costo horario de \$ 1,240.00 y se tratara de compactar el material granular del ejemplo, se obtiene:

Producción horaria:

$$\text{Ancho} = 1.94 \text{ m}$$

$$\text{Velocidad} = 9 \text{ km/hora}$$

$$\text{Espesor} = 20 \text{ cm (sueltos)}$$

$$\text{Número de pasadas} = 8 \text{ pasadas (contando sus cuatro rodillos)}$$

$$\text{Coeficientes de reduc} = 0.7$$

$$\text{PRODUCCION} = \frac{1.94 \times 9 \times 20 \times 10 \times 0.7}{8} \times 0.8$$

$$\text{PRODUCCION} = 244 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{COSTO POR COMPACTACION} = \frac{\$ 1,240.00/\text{h}}{244 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 5.08$$

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

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

E J E M P L O (2)

Material por compactar: Arena bien graduada

Volumen por compactar: 300 m³ compactados/hora

Compactación al 95%

Eficiencia 70%

A) Plancha Tandem

Ancho rodillos = 1.20

Velocidad máxima de desplazamiento: .2 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 11

Espesor compacto de capa = 12 cm

Costo horario = \$ 400.00/h

B) Rodillo Vibratorio Autopropulsado

Ancho rodillo = 1.50

Velocidad máxima de desplazamiento = 4 km/h

Número de pasadas para obtener el 95% de compactación = 4

Espesor compacto de capa = 25 cm

Costo horario = \$ 1,000.00/hora

P R E G U N T A S

- 1.- ¿Cuántas planchas tandem son necesarias para compactar 300 m³ compactos por hora?
- 2.- ¿Cuántos rodillos vibratorios son necesarios para compactar 300 m³ compactos por hora?
- 3.- ¿Cuál equipo proporcionará una compactación más económica?

Se determinan primero las producciones horarias de los equipos.

A) Plancha Tandem

$$P = \frac{1.20 \times 2 \times 12 \times 10}{11} \times 0.70$$

$$P = 18.3 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

B) Rodillo Vibratorio

$$P = \frac{1.50 \times 4 \times 25 \times 10}{4} \times 0.70$$

$$P = 262 \text{ m}^3/\text{h (compactos)}$$

RESPUESTAS :

1.- Se necesitan tantas planchas como:

$$\frac{300}{18.3} = 16.4 = 17 \text{ planchas}$$

Se pueden utilizar 16 unidades, pero con utilización óptima -- que frecuentemente resulta difícil de obtener.

Se necesitan usar 17 unidades, lo cual es totalmente impráctico.

2.- Los rodillos vibratorios necesarios son:

$$\frac{300 \text{ m}^3/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = 1.14 = 2 \text{ rodillos}$$

3.- Determinación del costo de compactación:

A) Planchas Tandem (6 - 8 Tons)

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

$$\text{Costo} = \frac{\$ 400.00/\text{h}}{18.3} = \$ 21.85/\text{m}^3$$

Costo que es muy elevado ii

B) Rodillos Vibratorios

$$\text{Costo} = \frac{\$ 1,000.00/\text{h}}{262 \text{ m}^3/\text{h}} = \$ 3.82/\text{m}^3$$

Que es un costo razonable.

IX. CONCLUSIONES

- 9.1. La forma de mejorar los elementos mecánicos en un suelo es la compactación.
- 9.2. Los efectos más importantes que produce una buena compactación en un suelo son: Resistencia mecánica, minimización de asentamientos y reducción de la permeabilidad.
- 9.3. El factor de mayor importancia para dar una compactación óptima en un suelo, es el contenido de humedad del material.
- 9.4. Los esfuerzos de compactación pueden transmitirse al suelo por la combinación de uno o más de los siguientes efectos: Presión estática, impacto, vibración y amasamiento.
- 9.5. El compactador que deba usarse dependerá básicamente del tipo de suelo que se quiera compactar (Fig. 29).
- 9.6. La selección de compactadores deberá hacerse con mucho cuidado y tratando de hacer intervenir las variables ya que de esto dependerá el éxito económico y funcional de la compactación.
- 9.7. De un buen control depende que la compactación se lleve a cabo correctamente.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EXPLOTACION DE ROCAS

ING. FEDERICO ALCARAZ LOZANO

JUNIO, 1984

EXPLOTACION DE ROCA

Ing. Federico Alcazar Lozano

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

Roca graduada
(en la que se piden
requerimientos de
tamaño).

Para trituración

Para enrocamientos
etc.

Roca sin graduar (cortes)
(en la que no se piden re-
querimientos de tamaño)

PROCESOS PRINCIPALES.

Extracción

con arado

con explosivos

Carga

En distancias cortas para ali-
mentar otra máquina (Quebradora).
En distancias largas para pedra-
plén.

Acarreo

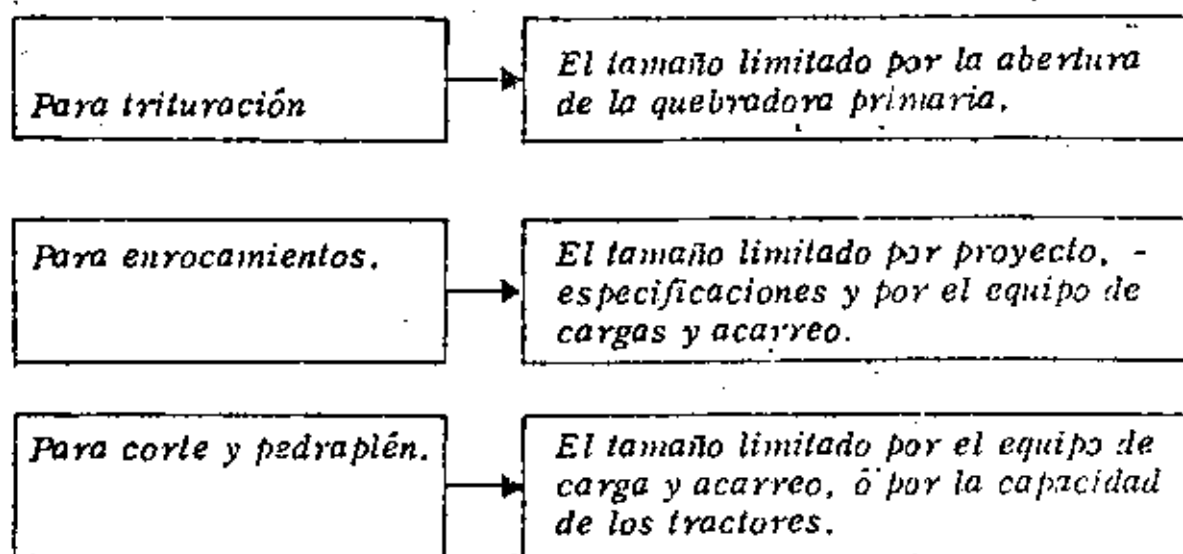
a corta distancia

Para alimentar
otra máquina
(Quebradora).
Para formar un
pedraplén.

a distancia.

EXTRACCION.

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



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

EXPLOSIVOS.

DEFINICION.

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

RESEÑA HISTORICA.

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

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

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

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

Cinco siglos después de descubierta la pólvora negra, el químico francés Berthollet (1783) la modificó, sustituyendo el salitre por clorato potásico, transformándola, así, en un explosivo más potente. En ese mismo año Berthollet presentó la plata negra como una de las substancias más peligrosas. El alquimista inglés Howard (1799) obtuvo el fulminato de mercurio, el cual hace explosión por medio de llama ó de percusión, constituyendo un verdadero detonante.

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

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

PROPIEDADES.

a) Fuerza.

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

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

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

TABLA 1

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

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

b) *Velocidad.*

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

Algunos explosivos violentos detonan mucho más rápidamente que otros.

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

c) *Resistencia al agua.*

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

d) Densidad.

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

e) Inflamabilidad.

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

f) Emanaciones.

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

g) Selección.

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

TABLA II

TIPO	ACENTE EXPLOSIVO	FUERZA	VELOCIDAD	RESISTENCIA AL AGUA	EMANACION	U S O
<i>Dinamita</i> <i>Nitrogliceri</i> <i>na.</i>	<i>Nitroglicerina</i>	-	<i>Alta</i>	<i>Buena</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto.</i>
<i>Extra</i>	<i>Nitroglicerina</i> <i>y amoniaco</i>	<i>20 a 60%</i>	<i>Alta</i>	<i>Regular</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto.</i>
<i>Granulada</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>25 a 65%</i>	<i>Baja</i>	<i>Muy mala</i>	<i>Exceso de ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos a</i> <i>cielo abierto</i> <i>(canteras)</i>
<i>Gelatina</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>30 a 75%</i>	<i>Muy alta</i>	<i>Buena a exce-</i> <i>lente.</i>	<i>Muy pocos ga-</i> <i>ses a nulos</i>	<i>Sismología.</i> <i>Trabajos sub-</i> <i>marinos y sub</i> <i>terráneos.</i>
<i>Fermitidos</i>	<i>?</i>	-	<i>Alta</i>	<i>Regular</i>	<i>Muy pocos ga-</i> <i>ses.</i>	<i>Trabajos mi-</i> <i>neros (carbón)</i>
<i>Baja densidad</i>	<i>Amoniaco</i>	<i>25%</i>	<i>Regular</i>	<i>Ninguna</i>	<i>Pocos gases</i>	<i>Trabajos mi-</i> <i>neros.</i>

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

EVALUACION DEL PERSONAL DOCENTE

1

CURSO:

FECHA:

CONFERENCISTA		DOMINIO DEL TEMA	EFICIENCIA EN EL USO DE AYUDAS AUDIO VISUALES	MANTENIMIENTO DEL INTERES. (COMUNICACION CON LOS ASISTENTES, AMENIDAD, FACILIDAD DE EXPRESION).	PUNTUALIDAD	
1.	ING. FERNANDO EMPELA LOZOYA					
2.	ING. JOSE PIÑA GARZA					
3.	ING. JORGE H. DE ALBA CASTAÑEDA					
4.	ING. LEON ROBERTO LEON RENDON					
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10						

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

2

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

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
INTRODUCCION					
GEOLOGIA					
BLANFACION					
TRACTORES					
MOTOESCREPAS					
CARGADORES					
RETROEXCAVADORAS					
OTROS EQUIPOS					
TALLER					
COMPACTACION					

ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10

EVALUACION DE LA ENSEÑANZA

2

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

MOVIMIENTO DE TIERRAS. EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

DEL 4 AL 11 DE JUNIO DE 1984

TEMA	ORGANIZACION Y DESARROLLO DEL TEMA	GRADO DE PROFUNDIDAD LOGRADO EN EL TEMA	GRADO DE ACTUALIZACION LOGRADO EN EL TEMA	UTILIDAD PRACTICA DEL TEMA	
EXCAVACION DE BOCAS					
CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS					
ESCALA DE EVALUACION: 1 a 10					

EVALUACION DEL CURSO

3

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

ESCALA DE EVALUACION DE 1 A 10

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

MUY AGRADABLE	AGRADABLE	DESAGRADABLE

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

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

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

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

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

AUTOMOVIL PARTICULAR	METRO	OTRO MEDIO

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

5. ¿Recomendaría el curso a otras personas?

SI	NO

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

7. La coordinación académica fue:

EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA

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

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

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

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

10. Otras sugerencias:



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

MOTOESCREPAS

ING. JULIO CESAR ACEVES S.

JUNIO, 1984

Motoescrepas.

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

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

Esta máquina consta fundamentalmente de dos partes.

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

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

En la 1a. se observa como baja la caja presentando la cuchilla contra el terreno para realizar el corte, en algunos casos la penetración llega a ser hasta de 30 cms. en motoescrepas de 11 a 20 m³ y del orden de 50 cms. en la de mayor tamaño. De acuerdo con la profundidad del corte y el ancho de la cuchilla será la longitud de corte para el llenado total de la caja. Una vez llena la caja se levanta, se cierra la compuerta delantera y se ejecuta el acarreo.

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

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

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

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

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

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

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

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

En esta otra transparencia vemos motoescrepa La Terex TS-32 de 43 yd³ colmada (33 m³) operada con sistema hidráulico.

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

En la gráfica vemos como aumenta el costo a medida que disminuya el tamaño de la motoescrepa tomando como 100% de costo la de 54 yd³ hasta llegar a la de 18 yd³ con un incremento de un 20%.

En el caso particular de México por las características de las obras sobre todo en carreteras y por los criterios de utilización del equipo las motoescrepas predominantes son las de 14, 18 y en algunos casos las de 24 yd³.

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

<u>MAQUINA</u>	<u>TIPO</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>NÓ. DE MODELO</u>
Motoescrepa	Estandard	8-31 m ³	6
Motoescrepa	De potencia en Tandem	11-32 m ³	4
Motoescrepa	De tiro y empuje (Push-Pull)	11-49 m ³	3
Motoescrepa	De autocarga (con mecanismo elevador)	11-31 m ³	3

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

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

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

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

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

Se elimina el tractor empujador.

Se elimina el problema de desproporción posible entre el número de escrapas convencionales y el empujador.

No se carga al costo el tiempo perdido del empujador.

Debido a que estas máquinas trabajan en parejas no tienen que esperar por el empujador, no se tiene amontonamiento de máquinas como en las convencionales.

Es un equipo balanceado con menor inversión.

El costo por el arreglo consistente en un refuerzo especial en los bastidores y el cuello de ganso más el sistema de enganche representa tan solo de un 6 a un 7% de la inversión de una motoescrapa de 2 motores.

Las Motoescrapas Autocargables

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

ACCESORIOS PARA VOLADURAS.

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

INICIADORES.

a) Mecha para minas.

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

b) Ignitacord.

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

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

DETONADORES.

a) Fulminantes.

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

b) Estopines eléctricos.

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

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

c) Estopines eléctricos tipo instantáneo.

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

d) Estopines eléctricos de tiempo.

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

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

e) Estopines eléctricos de tiempo regulares Mark V.

La nueva serie de estopines eléctricos de tiempo regulares, ha sido fabricada para disparar con un intervalo definido entre el estopín -- más lento de cualquier período y el más rápido del siguiente período. Estas nuevas series aseguran un intervalo positivo de tiempo entre períodos y a través de toda la serie de tiempos. Comprenden 10 períodos de retardo, los tiempos de detonación de los estopines Mark V después de aplicar la corriente, para el primer período es de 25 MS y para el décimo período 9,6 segundos.

f) Estopines eléctricos de tiempo "MS".

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

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

MECHAS DETONANTES. .

a) Primacord.

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

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

PINZAS CORRUGADORAS DE FULMINANTES.

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

jación.

MAQUINAS EXPLOSORAS.

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

DESCARGA DE CONDENSADOR.

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

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

GENERADOR.

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

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

INSTRUMENTOS DE PRUEBA.

a) Galvanómetro para voladuras.

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

b) Voltiohmetro para voladuras.

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

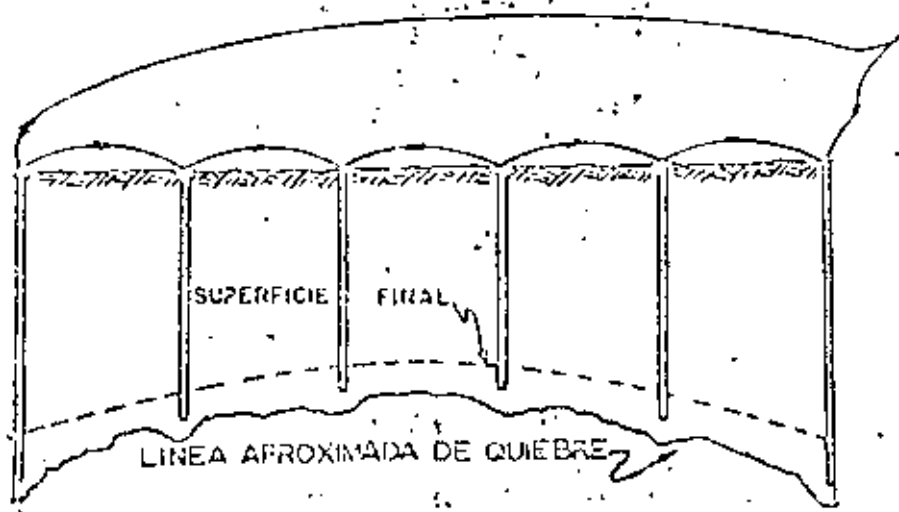
c) Reostato.

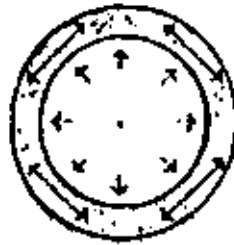
Este instrumento se usa para probar la eficiencia de las máquinas explosoras de cremallera.

VOLADURAS.

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

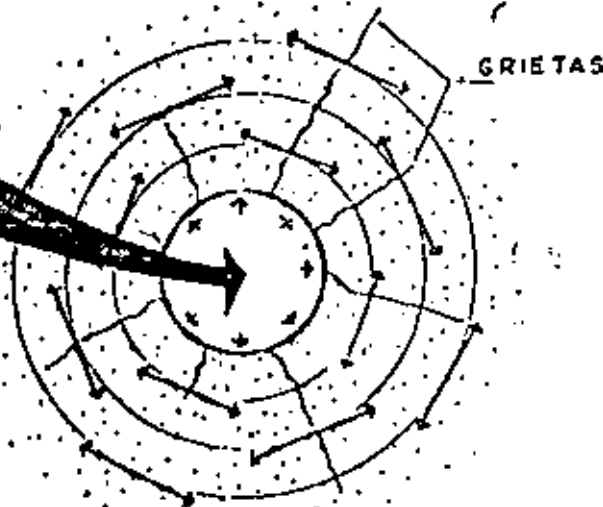
Un corte puede atacarse tronando parte de él, como si se tratara de una cantera de frente angosto, disparando varias hileras de barrenos al mismo tiempo (Fig. 1). Para este caso la profundidad P debe exceder, aproximadamente, 30 centímetros, la profundidad del corte.





LAS PAREDES DE UN TUBO DE ACERO SOMETIDA A PRESION INTERNA, ESTAN SOMETIDAS A TENSION

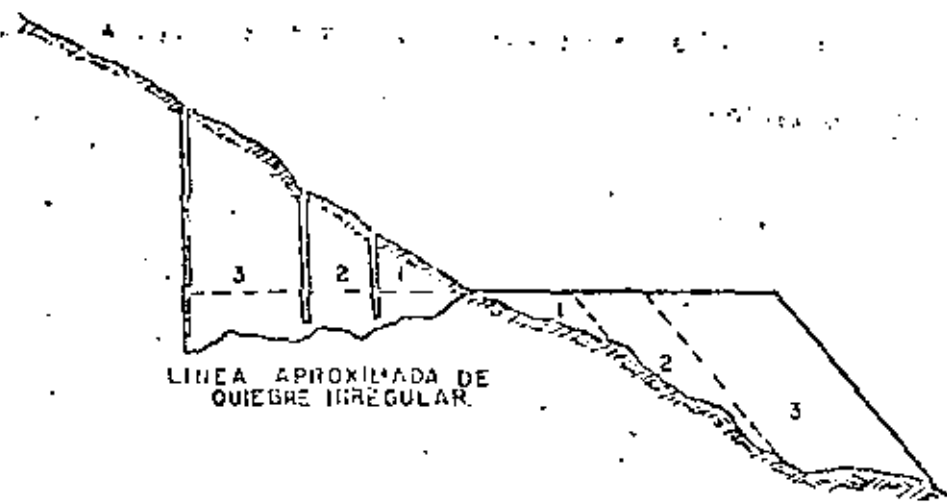
100,000
B A R S



LA ROCA ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION . SI LA PRESION ES SUFICIENTEMENTE GRANDE TAMBIEN LO SERA LA TENSION Y HABRA GRIETAS.

Para barrenación corta es recomendable los barrenos de $1\frac{1}{2}$ " (3.81 - cm) de diámetro en donde el pueble no debe pasar de la mitad del barrenos. El consumo de dinamita gelatina 40% en este tipo de barrenación es de 0.5 a 0.6 Kg/m³ de roca.

En la construcción de terracerías en laderas deberá utilizarse los escambros ó rezagas del corte para completar la cama deseada, como se indica en la Fig. 2. Tanto en este caso como en los otros es recomendable efectuar una sola tronada del corte utilizando el sistema Mark V ó de los milisegundos, pues con él se obtiene una mejor fragmentación, control de proyección, menor vibración y, con ello, mayor seguridad. Los resultados con el sistema Mark V son sorprendentes; con la práctica puede dominarse una voladura.



Los siguientes ejemplos ilustran lo anterior.

Método para reducir la vibración:



Para bancos comprendidos entre 8 y 15 metros de altura es recomendable disparar de 2 a 5 hileras de pozos simultánea - - mente con el objeto de desprender suficiente material y aumentar la fragmentación.

La plantilla más sencilla para una voladura de varias hileras, lateralmente limitadas, es la que se muestra en la figura 3.

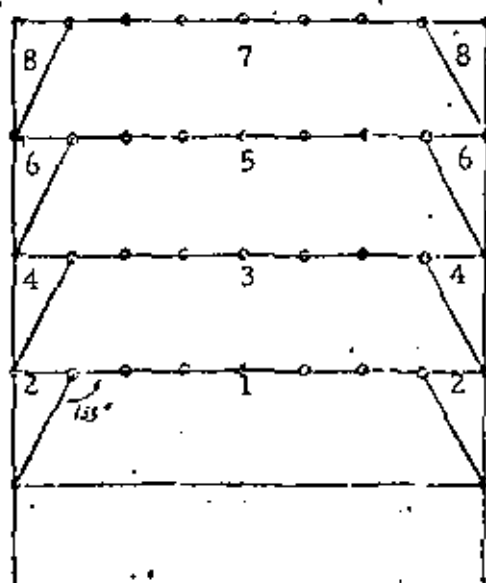


Figura No. 3

Todos los barrenos por hilera, excepto los de esquinas, se inician con un mismo número de retardo, con lo que, en el momento de la detonación, cada barreno tiene rotura libre. Esto no sería posible si los barrenos de esquina se iniciaran al mismo tiempo, ya que se tendría una probabilidad muy grande de que éstos se encendieran -- antes de los inmediatamente próximos, quedando en condiciones de rotura desfavorable. Este tipo de encendido exige el doble de intervalos que hileras, lo cual es una restricción cuando se trata de -- grandes voladuras con varias hileras, ya que los intervalos disponibles no son suficientes para la aplicación de una secuencia de encendido como la de la figura 3.

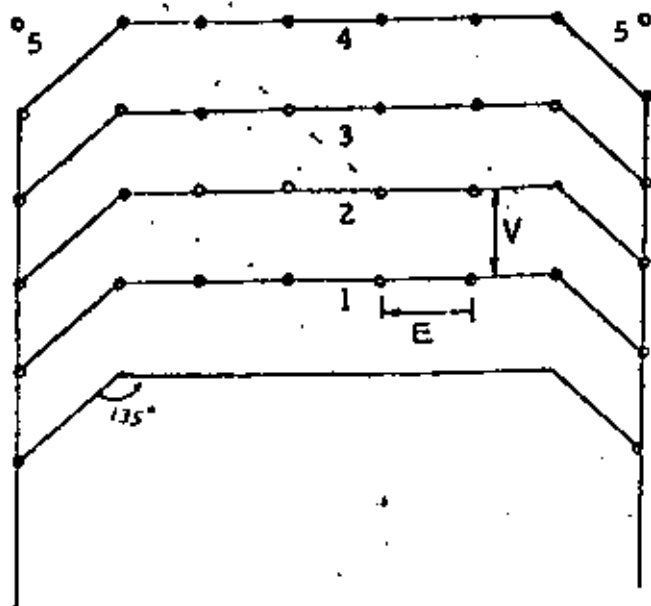


Figura No. 4

La plantilla anterior, se puede modificar como se muestra en la --
 figura 4 en la cual todos los barrenos de la hilera, a excepción de
 los de esquina, se encienden con el mismo intervalo que los barre-
 nos de esquina de la hilera anterior. Con este arreglo, se usa un --
 menor número de intervalos en los estopines.

Otro tipo de plantilla sería como la mostrada en la figura 5, la cual
 es adecuada para una mayor fragmentación, un mejor acabado en las
 paredes y una rezaga más concentrada, aunque presenta malas condi-
 ciones para el desprendimiento de la parte central, pues después del
 encendido del retardo Núm. 1 que tiene la rotura libre; salen los dos
 barrenos de ambos lados de la misma hilera con el retardo núm. 2,
 así como este mismo, lo que da como resultado que el barreno de --
 la segunda hilera se pueda adelantar a los de enfrente, quedándose ence-
 rrado en el momento de encendido y efectuando una voladura defectuosa.

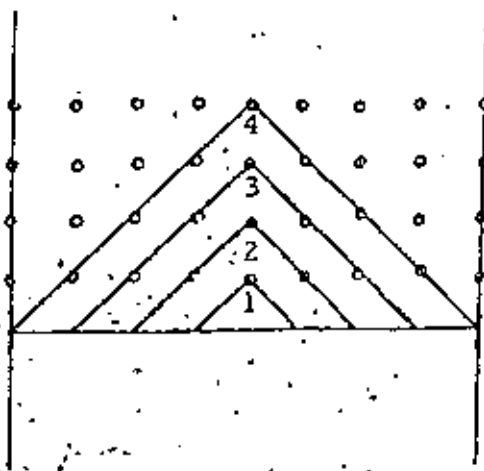


Figura No. 5

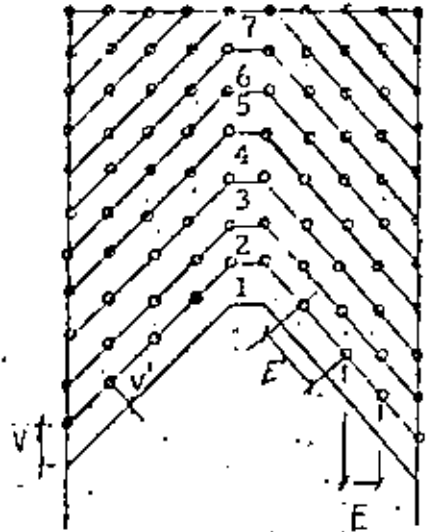


Figura No. 6

Para evitar lo anterior, se utiliza una plantilla como la mostrada en la figura 6.

Los dos barrenos que están ligeramente más comprimidos que los otros, se han dispuesto en la hilera de modo -- que, el desgarramiento en sus alrededores, no afecte al contorno final de la pared acabada.

Además, se debe tomar en cuenta la gran importancia que tiene la -- relación para-espaciamiento para la fragmentación; en la figura 6 así como en la 5 se tiene que, en comparación con la figura 4

$$E' = E \times \sqrt{2}, \quad V' = V / \sqrt{2}$$

por lo que, igualando términos; $\frac{E'}{V'} = \frac{2E}{V}$ lo cual es favorable para la fragmentación; esto queda más claro si se toman en cuenta las -- ilustraciones de las figuras 7 y 7A, las cuales fueron determinadas experimentalmente.

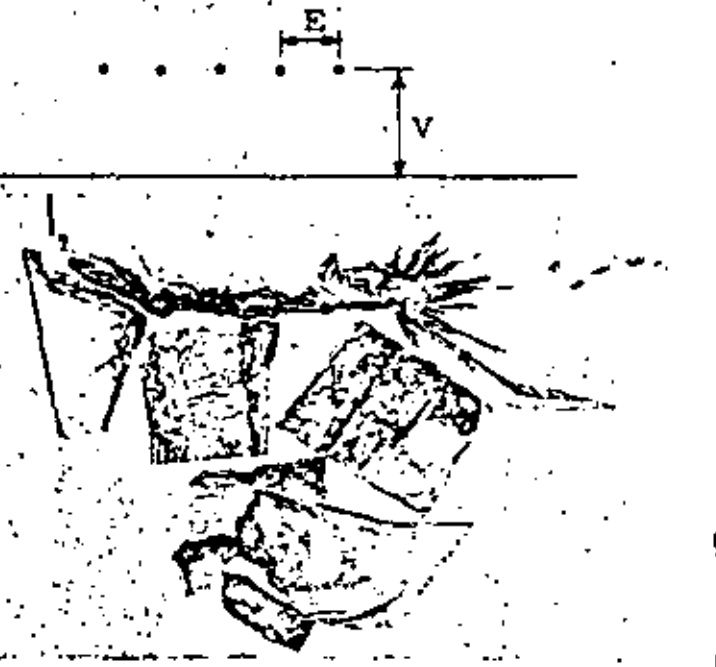


Fig. 7

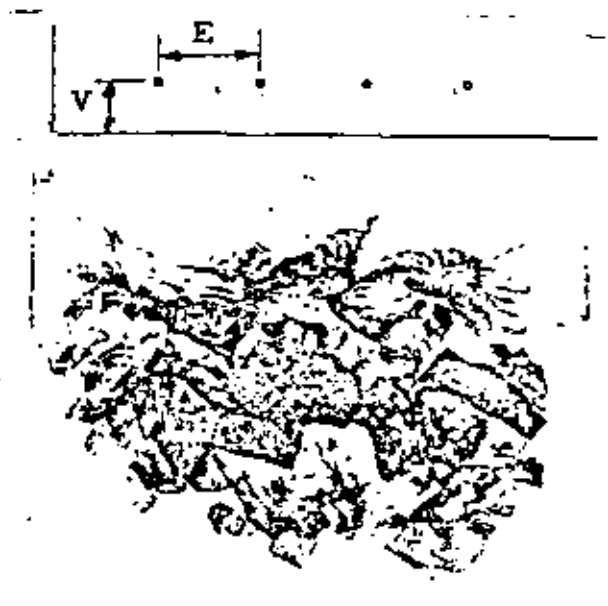


Fig. 7-A

Donde se ve claramente que al aumentar la relación E/V , aumenta la fragmentación

Por otro lado se tiene que, como se vió anteriormente hablando de los ángulos característicos, el encendido de hileras oblicuas al eje de la voladura implica que la proyección que tiene lugar en ángulos rectos con las hileras de encendido, no sea normal al frente, sino según el ángulo de 45° con la prolongación del eje. Esto reduce la proyección y consecuentemente, se tienen posibilidades para una carga de explosivos más potente, una mejor fragmentación y un producto más concentrado que facilitará la rezaga.

DISEÑO DE UNA VOLADURA

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

CONSUMO DE EXPLOSIVOS.

Este debe determinarse en cada caso por medio de pruebas.

Para facilitar las pruebas se parte de las siguientes reglas:

- 1) La carga por metro cúbico de roca fragmentada, será la misma, independientemente del tamaño de la prueba.*
- 2) La carga específica necesaria para una voladura es al rededor de 0.4 kg/m³. (puede variar de 0.2 a 0.6 kg/m³)*
- 3) La carga del fondo del barreno debe ser 2.7 veces mayor que la carga de la columna*

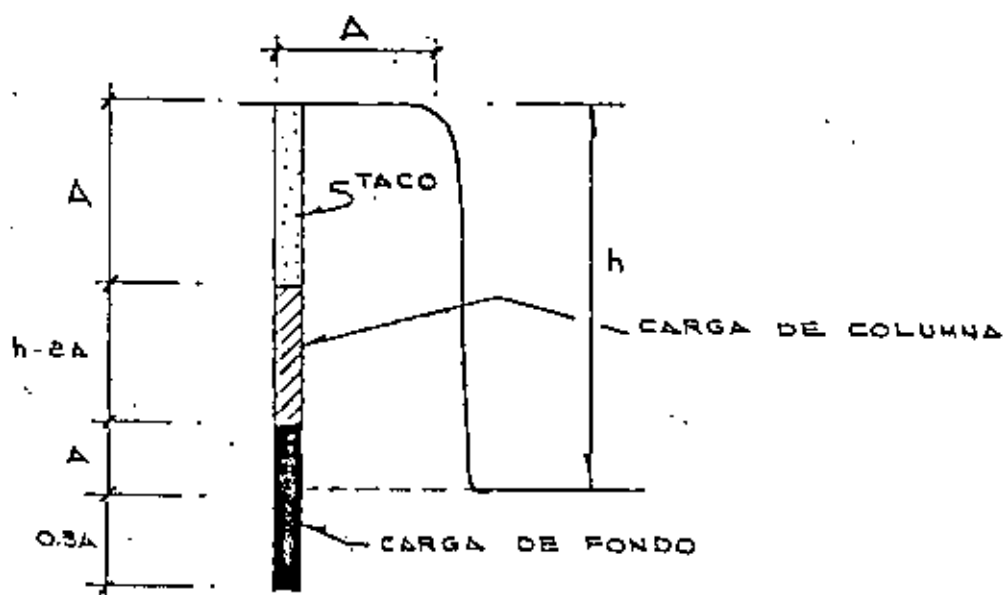
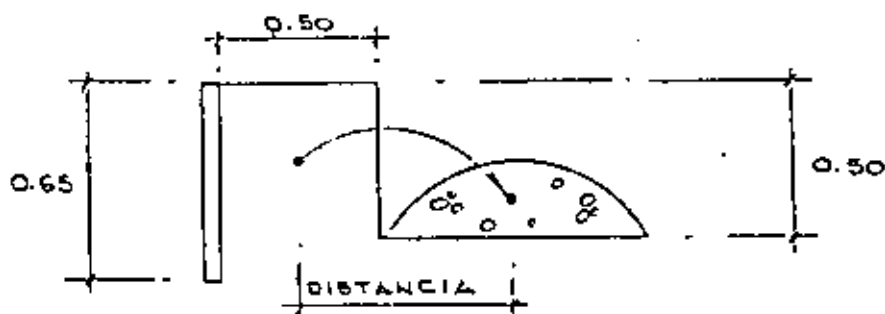


Figura B.

y se distribuirá de acuerdo con la figura B.

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

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



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

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

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

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

$$A = 40 d.$$

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

$$A_1 = A - 0.05 h.$$

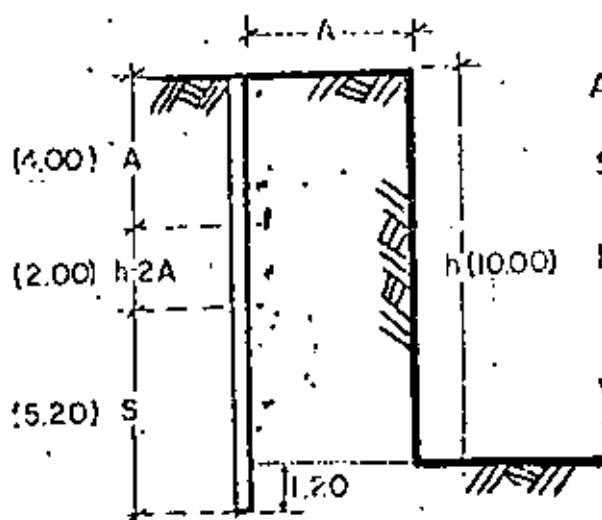
- 10) El consumo específico para barrenos múltiples es 20% menos que el de un solo barreno.
- 11) El peso volumétrico de la dinamita extra 40% ó gelatina 60% es de 1.0 a 1.4 kg/dm³.

PROBLEMA:

$$\varnothing = 4'' = 0.10 \text{ m.}$$

CARGA ESPECIFICA: 0.35 Kg/ m³

DINAMITA EXTRA 40%



$$A = 40 \times 0.1 = 4.00 \text{ m.}$$

$$S = 1.3A = 1.3 \times 4.00 = 5.20 \text{ m.}$$

$$h = \frac{0.1}{0.01} = 10.00 \text{ m.}$$

$$V = 4.00 \times 5.20 \times 10.00 = 208 \text{ m}^3.$$

$$208 \times 0.35 = 72.8 \text{ Kg de explosivos}$$

$$c.c. = 72.8 \div 3.7 = 19.68$$

$$c.f. = 19.67 \times 2.7 = 53.12$$

$$72.80$$

$$L.c.f. = \frac{53.12}{10.458} = 5.08 \leq 5.20$$

$$L.c.c. = \frac{19.68}{10.458} = 1.88 \leq 2.00$$

D I N A M I T A S			A G E N T E S E X P L O S I V O S		
Gelatina Extra	40 %	1.57	"Mexamon"	SP	0.61
	60 %	1.44		SP-LD	0.70
	75 %	1.39			
Dinamita Extra	40 %	1.29	"Mexamon"	C	0.85
	60 %			C-LD	0.64
Dinamita Esp.	45 %	1.23			
Gelomex	No. 1	1.28	Super "Mexamon"	D	0.65
	No. 2	1.16			
Gelatina Alta Velocidad Geomex	60 %	1.47	NA-AC		0.80
Duramex	G	1.00			
Dinamex	A	1.23			
Total		1.60			

D E N S I D A D E S
D E E X P L O S I V O S

N O R M A R E V

HOJA DE 28

DIAMETRO		VOLUMEN CM3/M.L.	KILOS POR METRO LINEAL DE COLUMNA PARA UNA DENSIDAD DADA														
PULGADAS	CM5.		50 Grs. por cm.3	55 Grs. por cm.3	70 Grs. por cm.3	80 Grs. por cm.3	85 Grs. por cm.3	100 Grs. por cm.3	116 Grs. por cm.3	123 Grs. por cm.3	128 Grs. por cm.3	129 Grs. por cm.3	139 Grs. por cm.3	144 Grs. por cm.3	147 Grs. por cm.3	157 Grs. por cm.3	160 Grs. por cm.3
3/8	2.22	367.08	.194	.252	.271	.310	.329	.387	.449	.476	.495	.499	.538	.557	.569	.608	.619
1	2.54	506.71	.253	.329	.355	.405	.431	.507	.588	.623	.649	.654	.704	.730	.745	.796	.811
1 1/4	3.18	794.23	.397	.516	.556	.635	.675	.794	.921	.977	1.017	1.025	1.104	1.144	1.168	1.247	1.271
1 1/2	3.81	1140.09	.570	.741	.798	.912	.969	1.140	1.323	1.402	1.459	1.471	1.555	1.642	1.676	1.750	1.824
1 3/4	4.45	1555.29	.778	1.011	1.089	1.244	1.322	1.555	1.804	1.913	1.991	2.006	2.162	2.240	2.286	2.442	2.488
2	5.08	2026.83	1.015	1.317	1.419	1.621	1.723	2.027	2.351	2.493	2.594	2.615	2.817	2.919	2.979	3.182	3.243
2 1/2	6.35	3166.93	1.583	2.059	2.217	2.534	2.692	3.167	3.674	3.895	4.054	4.085	4.402	4.560	4.655	4.972	5.067
3	7.62	4560.38	2.280	2.964	3.192	3.648	3.876	4.560	5.290	5.609	5.837	5.883	6.339	6.567	6.704	7.160	7.297
3 1/2	8.85	6207.18	3.104	4.025	4.345	4.966	5.276	6.207	7.200	7.635	7.945	8.007	8.628	8.938	9.125	9.745	9.931
4	10.16	8107.34	4.054	5.270	5.675	6.466	6.891	8.101	9.405	9.972	10.377	10.455	11.269	11.675	11.918	12.725	12.972
4 1/2	11.43	10260.85	5.130	6.670	7.183	8.209	8.722	10.261	11.903	12.621	13.134	13.236	14.263	14.776	15.083	16.110	16.417
5	12.70	12667.72	6.334	8.234	8.867	10.134	10.766	12.668	14.695	15.581	16.215	16.341	17.608	18.242	18.622	19.888	20.268
5 1/2	13.97	15327.94	7.664	9.963	10.750	12.262	13.025	15.326	17.760	18.853	19.620	19.773	21.306	22.072	22.532	24.065	24.525
6	15.24	18241.51	9.121	11.857	12.769	14.593	15.505	18.242	21.160	22.437	23.349	23.532	25.356	26.268	26.815	28.639	29.186
6 1/2	16.51	21408.44	10.704	13.915	14.985	17.127	18.197	21.406	24.834	26.332	27.403	27.617	29.758	30.828	31.470	33.611	34.254
7	17.78	24828.72	12.414	16.139	17.380	19.863	21.104	24.829	28.801	30.529	31.781	32.029	34.512	35.753	36.498	38.981	39.726
7 1/2	19.05	28502.36	14.251	18.527	19.952	22.802	24.227	28.502	33.063	35.056	36.483	36.766	39.616	41.043	41.898	44.749	45.604
8	20.32	32429.35	16.215	21.079	22.701	25.943	27.565	32.429	37.618	39.888	41.510	41.834	45.077	46.698	47.671	50.914	51.867
8 1/2	21.59	36609.70	18.305	23.796	25.627	29.288	31.118	36.610	42.467	45.030	46.800	47.227	50.687	52.718	53.816	57.477	58.576
9	22.86	41043.40	20.522	26.678	28.730	32.835	34.887	41.043	47.610	50.483	52.535	52.946	57.050	59.102	60.334	64.438	65.669
10	25.40	50670.67	25.335	32.536	35.470	40.537	43.070	50.671	58.778	62.325	64.859	65.363	70.433	72.965	74.485	79.553	81.073
11	27.94	61311.75	30.656	39.653	42.918	49.049	52.115	61.312	71.122	75.413	78.479	79.052	85.223	88.283	90.128	96.259	98.099
12	30.48	72966.05	36.463	47.428	51.076	58.373	62.021	72.566	84.641	89.746	93.397	94.126	101.423	105.071	107.260	114.557	116.746

DENSIDADES DE CARGA DE EXPLOSIVOS

CALCULO DE UNA VOLADURA POR EL METODO SUECO (OVERBURDEN)

Formulas:

Carga de fondo:

$$q_f = 0.001 d^2 \text{ Kg/m} \quad (\text{d en mm})$$

Carga de Columna

$$q_c = 0.4 q_f$$

Pata o Berm:

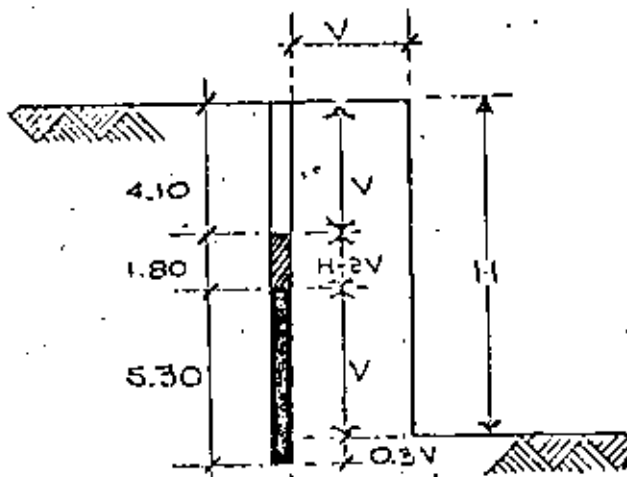
$$V_T = 45 d \quad (\text{Teórica})$$

$$V_R = V_T - 0.05 - 0.03 H \quad (\text{Real.})$$

Ejemplo:

$$d = 4''$$

$$H = 10 \text{ m}$$



$$V_T = 45 \times 0.01 = 4.50$$

$$V_R = 4.50 - 0.1 - 0.3 \times 10 =$$

$$V_R = 4.10 \text{ m.}$$

$$q_f = 0.001 \times \frac{4}{100}^2 = 10 \text{ Kg/m}$$

$$C_f = 10 \times 5.30 = 53 \text{ Kg.}$$

$$q_c = 0.4 \times 10 = 4 \text{ Kg/m.}$$

$$C_c = 4 \times 1.8 = 7.2 \text{ Kg.}$$

VOLADURAS CONTROLADAS.

Los consumidores de explosivos han buscado y ensayado muchas maneras para reducir el exceso de rompimiento ó sobreexcavación de las voladuras. Por razones de seguridad, el rompimiento excesivo es inconveniente tratándose de taludes, bancos, frentes ó pendientes inestables y es también económicamente inconveniente cuando la excavación excede la "línea de pago" (implica concreto extra y los taludes fracturados requieren un mantenimiento costoso)

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

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

Estos procedimientos difieren del principio de la Barrenación en Línea, esencialmente, en que algunos ó todos los barrenos se disparan con cargas explosivas relativamente pequeñas y debidamente distribuidas. La detonación de estas pequeñas cargas tiende a fracturar la roca entre los barrenos y permite mayores espaciamientos

que en el caso de la Barrenación en Línea. Por lo tanto, los costos

de barrenación se reducen y en muchos casos se logra un mejor control del exceso de rompimiento.

BARRENACION EN LINEA, DE LIMITE O DE COSTURA.

Principio.

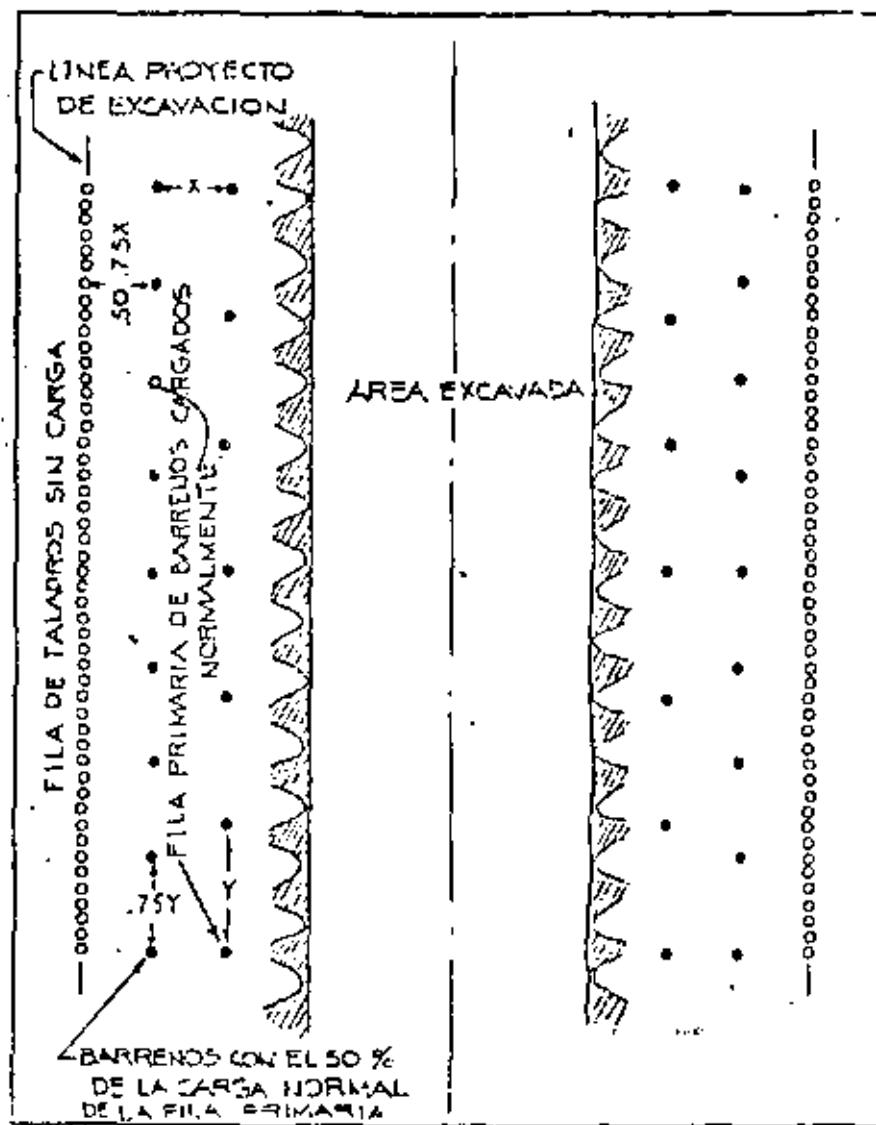
La Voladura con Barrenación en Línea involucra una sola hilera de barrenos de diámetro pequeño, poco espaciados, sin cargar y a lo largo de la línea misma de excavación. Esto proporciona un plano de menor resistencia, que la voladura primaria pueda romper con mayor facilidad. También origina que parte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

Aplicación.

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

La profundidad de los barrenos depende de su buena alineación. Para obtener buenos resultados, los barrenos deben quedar en el mismo plano. Cualquier desviación en ellos, al tratar de barrenar -- más profundamente, tendrá un efecto desfavorable en los resultados.

Para barrenos de 2" a 3" de diámetro las profundidades mayores a 9 metros son raramente satisfactorias.



Plantilla Típica del Procedimiento de Barrenación en línea.

Figura 8 A

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

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

tas y hendeduras son mínimas.

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

VOLADURAS AMORTIGUADAS.

PRINCIPIO

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

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

Obviamente, a mayor diámetro de barreno, se obtiene mayor amor-

TABLA III

CARGAS Y PLANTILLAS PROPUESTAS PARA VOLADURAS
AMORTIGUADAS.

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

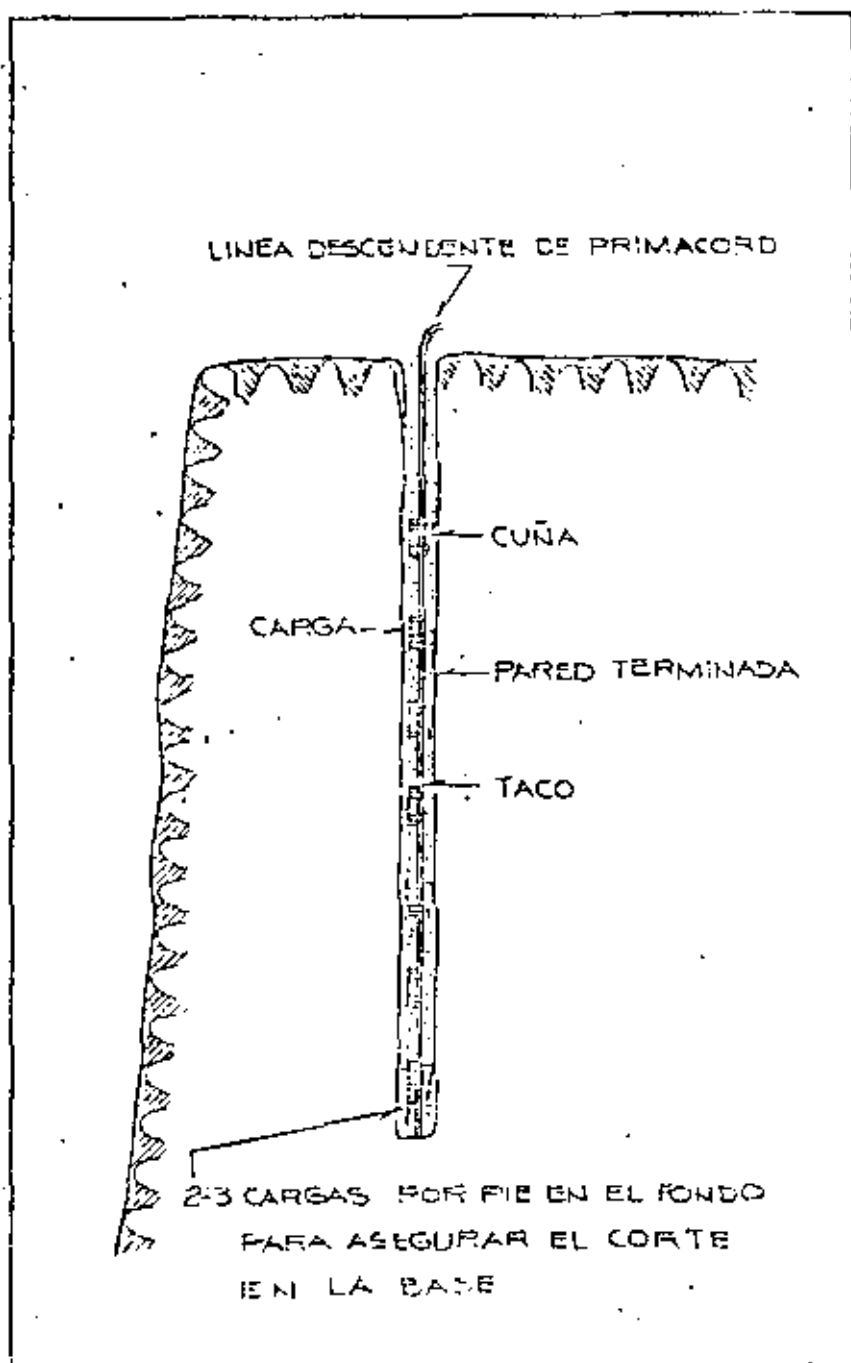
(1). - *Dependen de la naturaleza de la roca.
Las cifras anotadas son promedios.*

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

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

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

Figura 9



COLOCACION DE LAS CARGAS DE EXPLOSIVO PARA VOLADURAS AMORTIGUADAS.

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

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

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

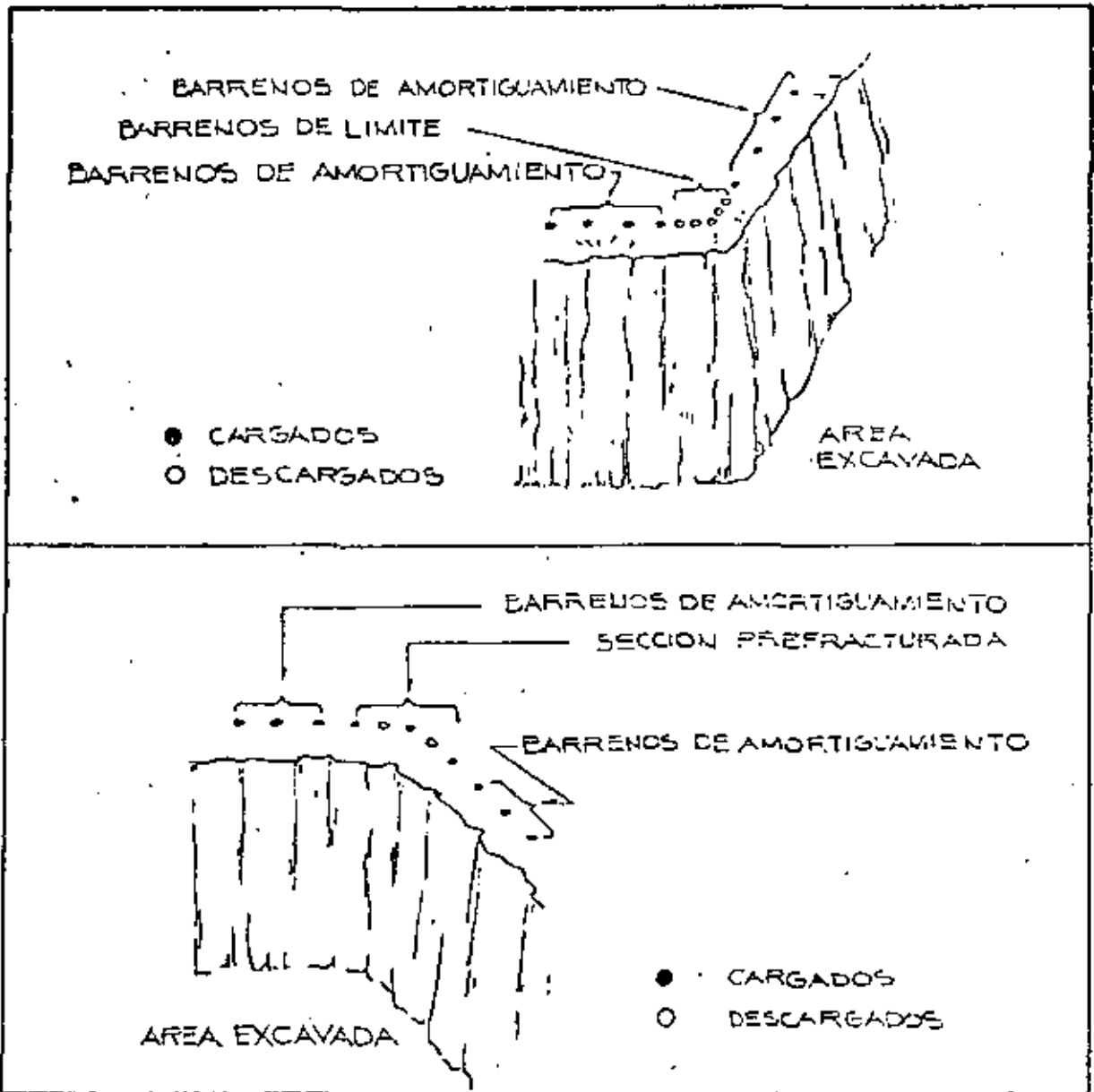
VENTAJAS.

La voladura Amortiguada ofrece ciertas ventajas, tales como:

Mayores espaciamientos entre barrenos para reducir los costos de perforación.

Mejores resultados en formaciones no consolidadas.

Figura 10. VOLADURAS AMORTIGUADAS EN FRENTES,
EN ESQUINA, O EN RINCON



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

VOLADURAS PERFILADAS O DE AFINE.

PRINCIPIO.

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

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

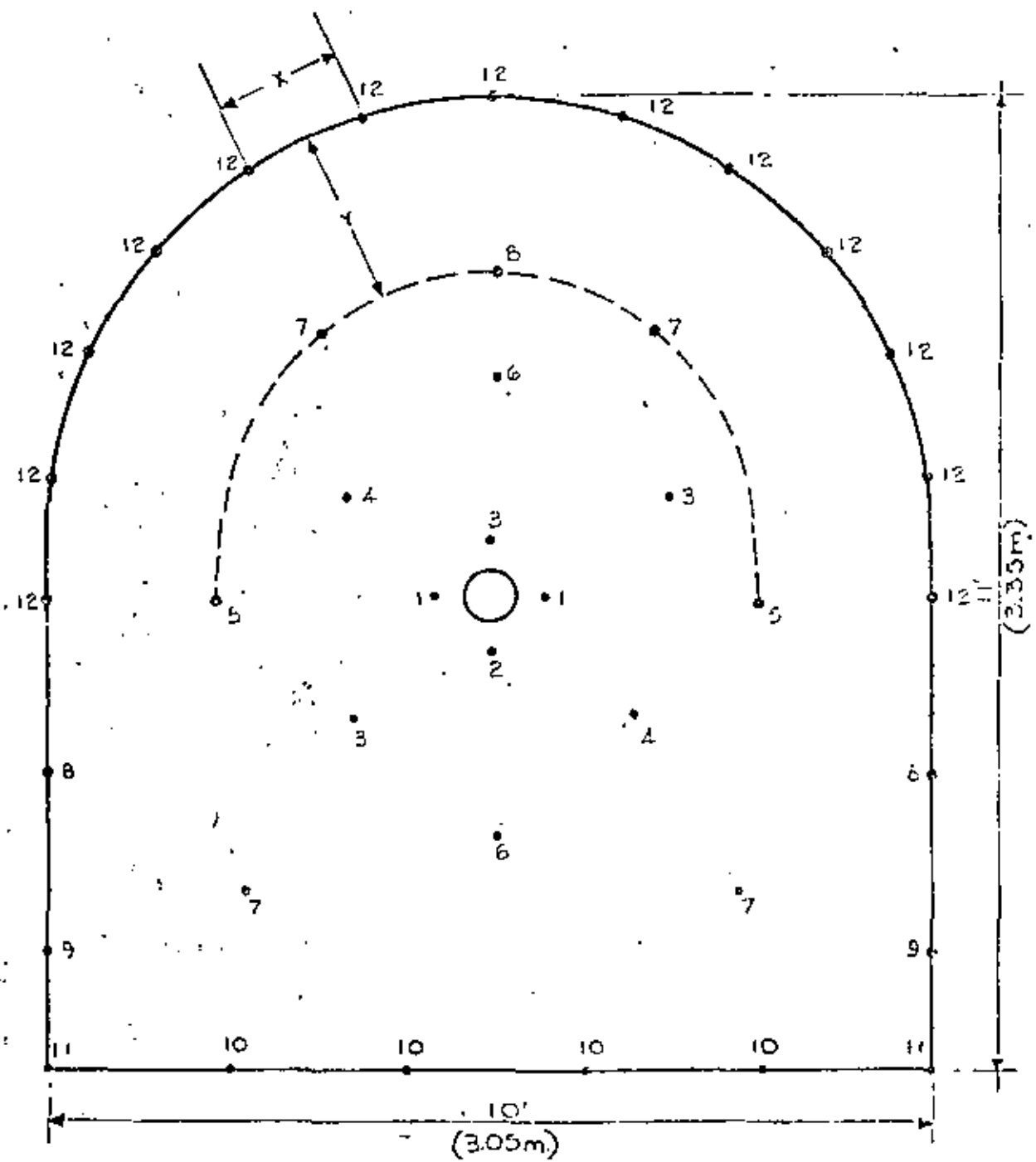
APLICACION.

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

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

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

Figura 11.



PLANTILLA TIPICA PARA EXPLOSIONES
RETARDADAS EN GALERIAS DE AVANCE

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

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

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

VENTAJAS.

La voladura Perfilada ó de Afine ofrece dos ventajas principales:

Reduce el rompimiento excesivo que produce los métodos convencionales.

Requiere menos ademe.

TABLA IV.

VOLADURA PERFILADA.


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


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

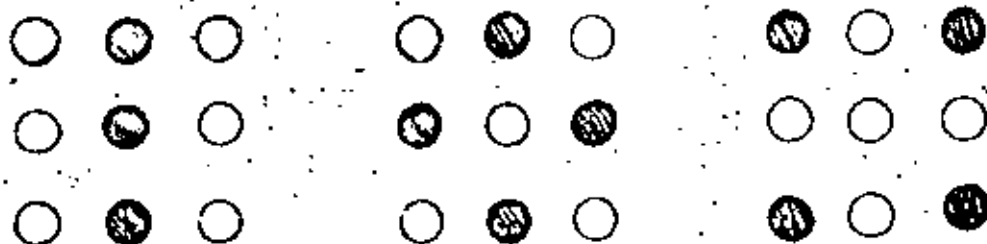
*Las cifras anotadas son -
promedios.*

CUÑA QUEMADA CUADRADA O RECTANGULAR

- 46 -

 CARGADO

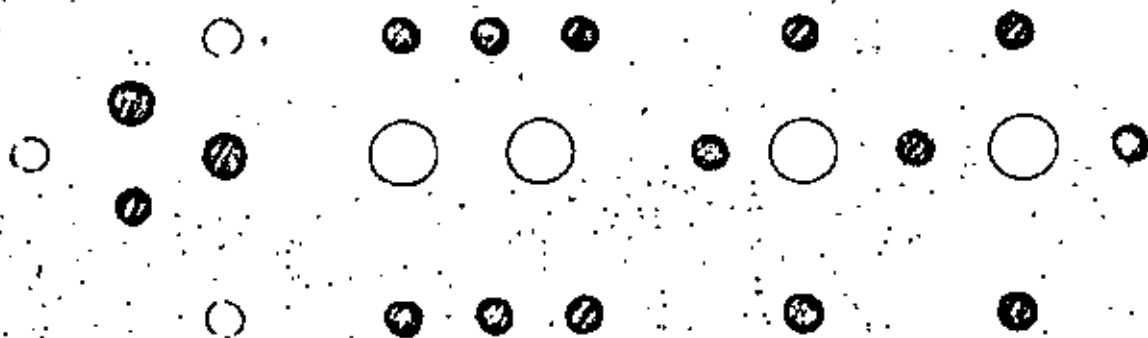
 VACIO



FRAGIL O PLASTICO
C D E I.



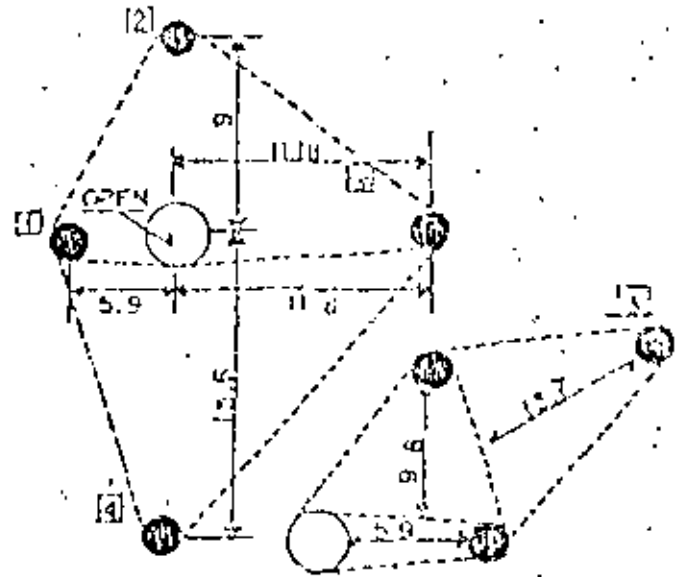
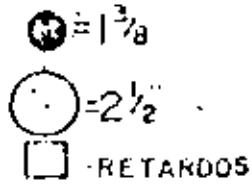
FRAGIL O PLASTICO.



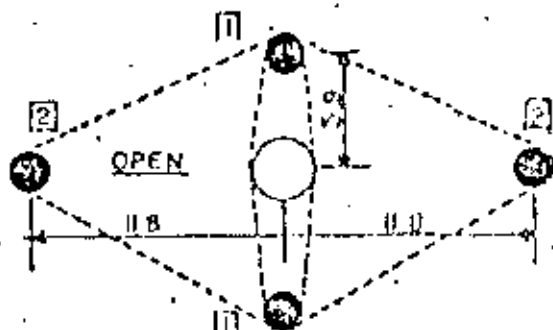
FRAGIL

FRAGIL O PLASTICO

B D O



CUÑA QUEMADA CONCENTRICA

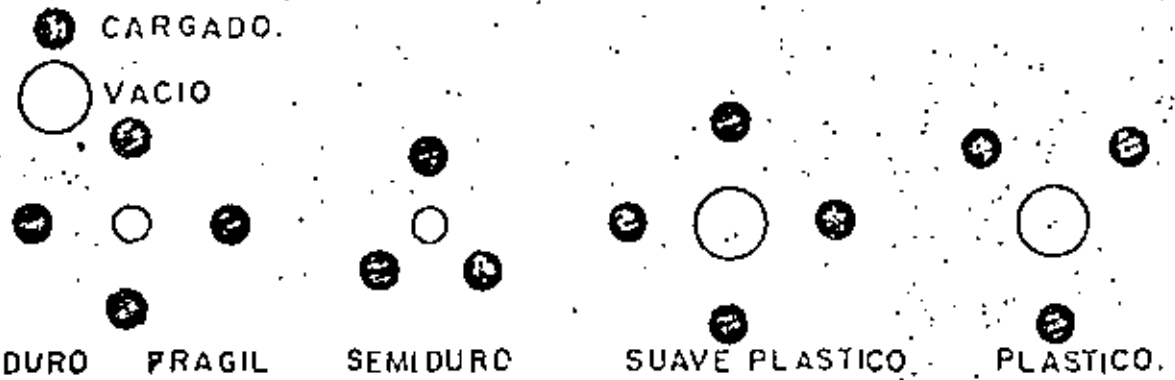


CUÑA QUEMADA SIMETRICA DE UN SOLO BARRENO

NOTA:

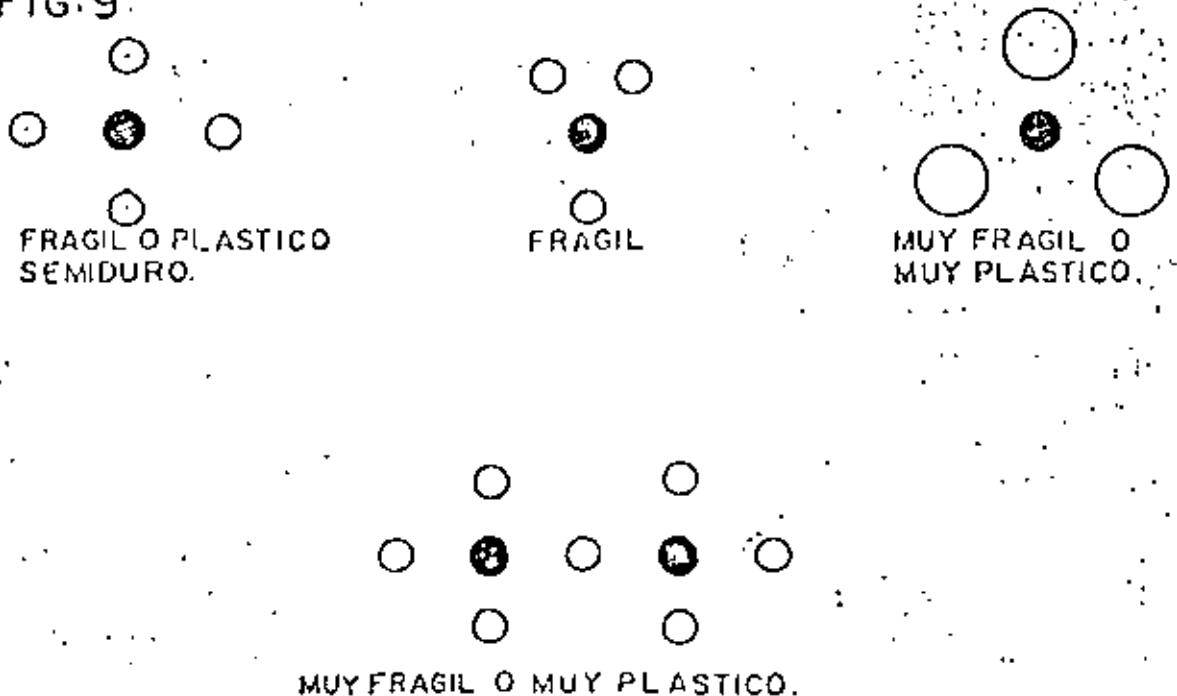
LA DISTANCIA DEPENDE DE LA CLASE DE ROCA Y DEL TIPO DE EXPLOSIVOS.

CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O T-REBOL



CUÑA QUEMADA TIPO REDONDO O T-REBOL INVERTIDAS

FIG:9.



PREFRACTURADO

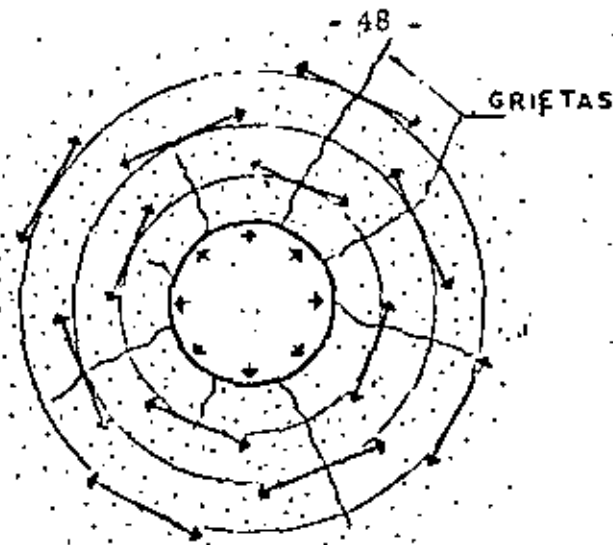
PRINCIPIO.

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

La teoría del prefra^{ct}urado consiste en que cuando dos cargas se disparan simultáneamente en barrenos adyacentes, la suma de esfuerzos de tensión procedentes de los barrenos rompe la pared de roca intermedia y origina grietas entre los barrenos (Ver Fig. 12). Con cargas y espaciamientos adecuados, la zona fracturada entre los barrenos se constituirá en una angosta franja que la voladura principal puede romper con facilidad. El resultado es una pared lisa que casi no produce sobreexcavación.

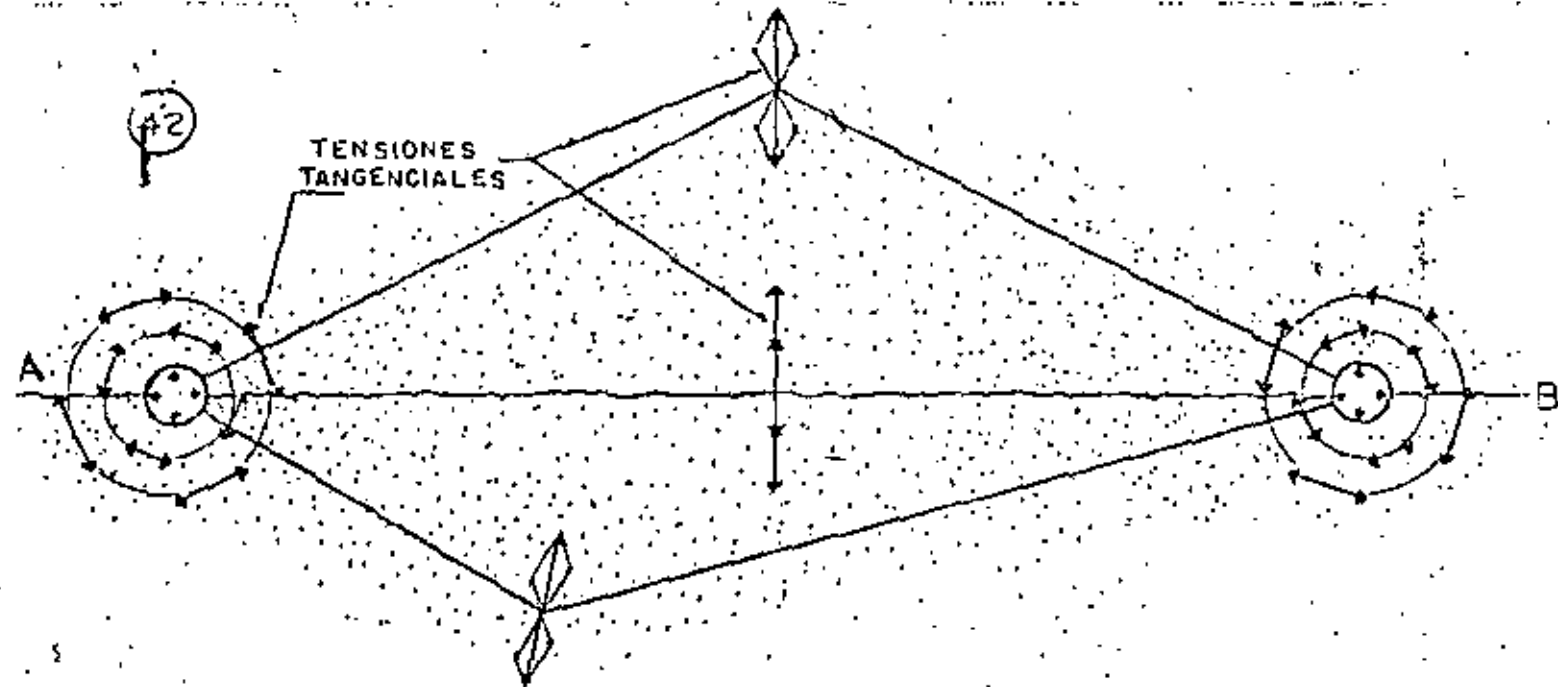
El plano prefra^{ct}urado refleja parte de las ondas de choque procedentes de las voladuras principales inmediatamente posteriores, impidiendo que sean transmitidas a la pared terminada, reduciendo al mínimo la fracturación y la sobreexcavación. Esta reflexión de las ondas de choque de las voladuras principales también tiende a reducir la vibración.

CONDICION 1



LA ROCA, ALREDEDOR DE UN BARRENO CON GASES A PRESION (DEL EXPLOSIVO) ESTA SOMETIDA A TENSION

SI PENSAMOS EN UNA ROCA DE EXTENSION INFINITA:



DOS BARRENOS, COMO EL DE LA CONDICION 1, TRONADOS SIMULTANEAMENTE, SUMARAN LAS TENSIONES A LA ROCA, ESPECIALMENTE EN EL PLANO QUE LOS UNE (A-B) YA QUE, ADEMAS DE SER EL PLANO DE MENOR RESISTENCIA, ES EL LUGAR GEOMETRICO DE LA MAXIMA SUMA DE LAS TENSIONES.

APLICACION.

Trabajos a cielo abierto. - Los barrenos para prefRACTURAR se cargan de manera similar a los barrenos para voladuras amortiguadas, esto es, se forman cargas "en rosario" de cartuchos enteros ó partes de cartucho, de 1" ó 1 ½" de diámetro, por 3" de largo, espaciados a 1 a 2 piés centro a centro.

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

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

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

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

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

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

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

VENTAJAS.

El Prefracturado ofrece las siguientes ventajas:

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

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

TABLA V

CARGAS Y ESPACIAMIENTOS PROPUESTOS PARA
EL PREFRACTURADO.

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

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

(2) . - *El diámetro del cartucho debe ser igual*

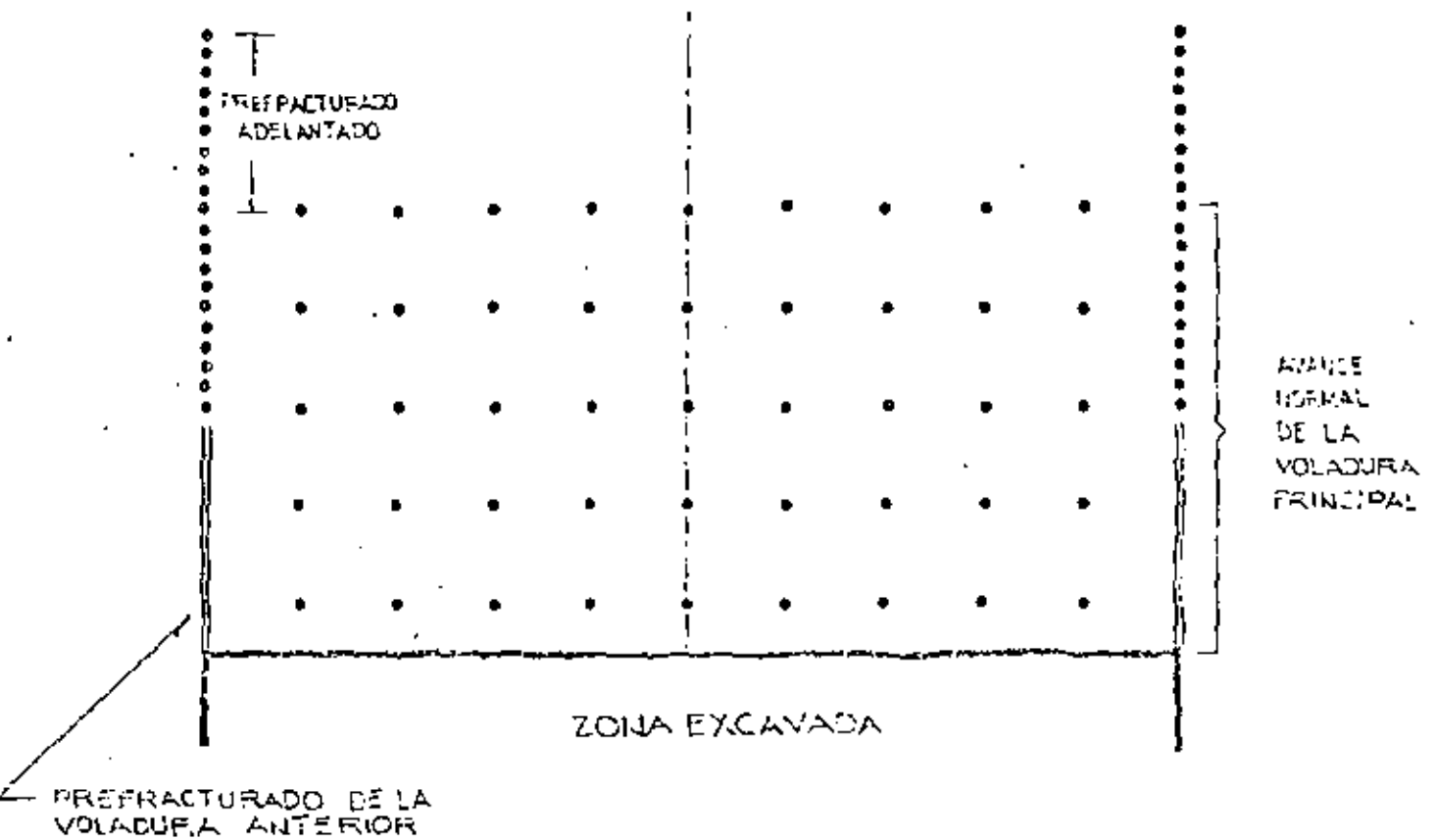
*ó menor que la mitad del diámetro del
barreno.*

NOTA: PRINCIPIO DE PREFRACTURADO

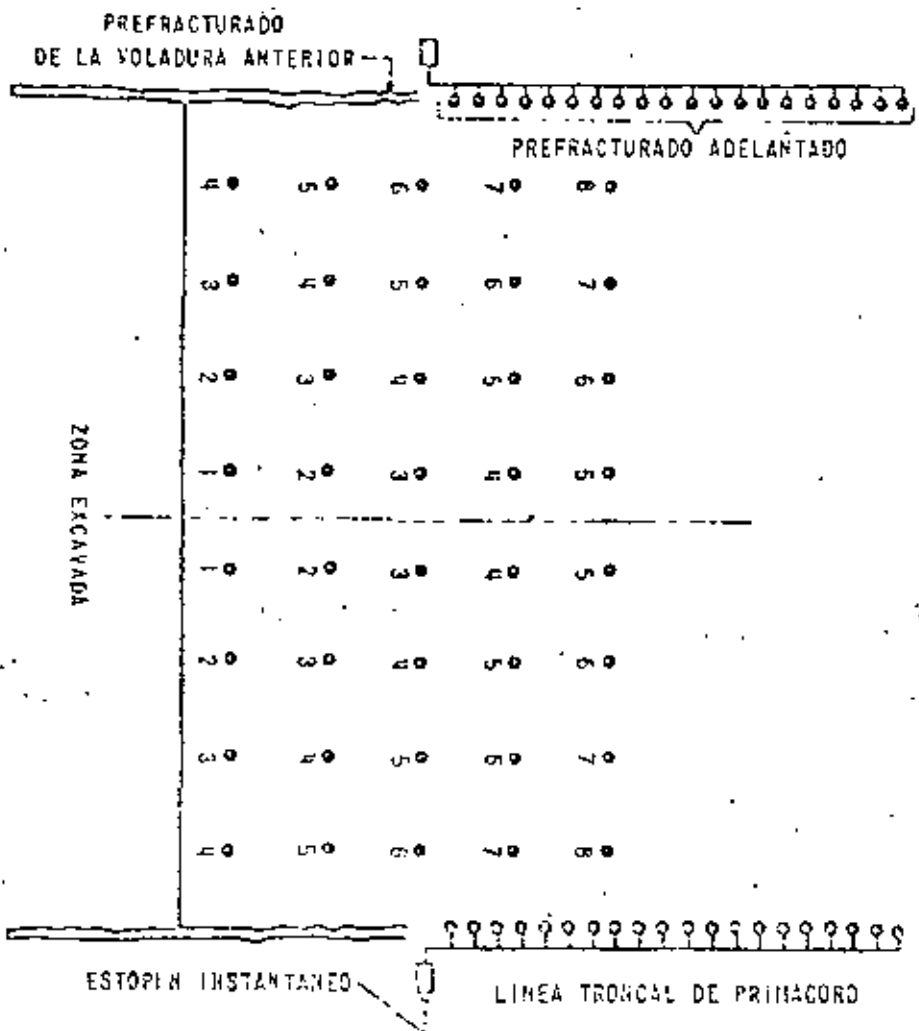
- 53 -

Si los Barrenos están sobrecargados, la zona de fractura se extenderá hacia los lados y aún más allá de la zona de tensión.

Figura 13.



PROCEDIMIENTO RECOMENDADO
PARA
EL PREFRACTURADO



PROCEDIMIENTO
DE EXPLOSIONES RETRASADAS DURANTE
LA VOLADURA PRINCIPAL EN EL PREFRACTURADO

cavación principal.

CARGA Y ACARREO.

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

A distancia corta para alimentar otra máquina (quebradora).

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

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

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

Cálculo del ciclo de carga y acarreo.

Carga y descarga (constante)	.500'
Acarreo.	
Cargado a 550' - a 9.95 MPH (velocidad 2a. y 3a.)	
$\frac{550}{9.95 \times 88}$.628'
Vacio a 550' - a 17.85 MPH (velocidad 3a. y 4a.)	.350'
Total del ciclo	<u>1.394'</u>

1.394' por ciclo entre 50' = 35.87 ciclos.

2.671 peso del material por Y3.

5.50 yardas el cucharón = 14690 lbs.

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

263 tons hora x 8 hrs. = 2104 tons.

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

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

1) Localización de la planta:

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

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

Sus pendientes máximas deben ser 10% y en ramblas cortas 20%.
de más de 5% reduzca la producción en 2% / 1 %.

3) Llantas.

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

4) Cucharones y dientes.

El cucharón debe ser considerado como artículo de desgaste.

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

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

CARGA Y ACARREO A DISTANCIAS LARGAS.

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

- 58 -
**RESISTENCIA DE LAS CÁPSULAS DETONANTES ELÉCTRICAS
 NORMALES Y RETARDADAS.**

Longitudes de las patas de alambre, ft.	Resistencia, ohms por cápsula	
	Normal	Retardada
4	0.91	1.45
6	1.00	1.51
8	1.07	1.58
10	1.13	1.64
12	1.20	1.71
16	1.32	1.84
20	1.45	1.97
24	1.58	2.10
30	1.41	1.93
40	1.62	2.13
50	1.82	2.33
60	2.02	2.53

RESISTENCIA DE ALAMBRE DE COBRE

Calibre AWG Núm.	Resistencia, ohms por 1,000 ft.
8	0.628
10	0.999
12	1.588
14	2.525
16	4.015
18	6.385
20	10.150
22	16.140

CANTIDADES DE AIRE COMPRIMIDO QUE REQUIEREN LOS EQUIPOS Y HERRAMIENTAS NEUMATICAS.
(Presión neumática de 90 psi man.)

Equipos ó herramientas	Capacidad ó tamaño	Consumo de aire, cfm.
Martillos neumáticos	Ligeros Pesados	15-25 25-30
Excavadores de arcilla	Ligeros, 20 lb. Medianos, 25 lb. Pesados, 35 lb.	20-25 25-30 30-35
Vibradores de concreto	2½ pulg. de diámetro de tubo. 3 pulg. de diámetro de tubo. 4 pulg. de diámetro de tubo. 5 pulg. de diámetro de tubo.	20-30 40-50 45-55 75-85
Paláhdros ó perforadores	1 pulg. de diámetro 1 pulg. de diámetro 4 pulg. de diámetro	35-40 50-75 50-75
Malucates	Un tambor, 2000 lb. de ten. 2 tambores, 2,400 lb. de ten.	200-220 250-260
Aprietaluercas neumático de percusión.	Tuerca de 5/8 pulg. Tuerca de 3/4 pulg. Tuerca de 1¼ pulg. Tuerca de 1½ pulg. Tuerca de 1¾ pulg.	15-20 30-40 60-70 70-80 80-90

LONGITUD EQUIVALENTE EN PIES DE TUBO, PESO NORMAL,
CON PERDIDAS DE PRESION SEMEJANTES A LAS CONEXIONES
ATORNILLADAS.

Tamaño nominal del tubo pulg.	Válvula de compuerta	Válvula Eléctrica	Válvula Angular	Codo amplio a través de una T estándar	Codo Estándar 6 a través de una T	Salida normal de una T
1/2	0.4	17.3	8.6	0.6	1.6	3.1
3/4	0.5	22.9	11.4	0.8	2.1	4.1
1	0.6	29.1	14.6	1.1	2.6	5.2
1 1/4	0.8	38.3	19.1	1.4	3.5	6.9
1 1/2	0.9	44.7	22.4	1.6	4.0	8.0
2	1.2	57.4	28.7	2.1	5.2	10.3
2 1/2	1.4	68.5	34.3	2.5	6.2	12.3
3	1.8	85.2	42.6	3.1	6.2	15.3
4	2.4	112.0	56.0	4.0	7.7	20.2
5	2.9	140.0	70.0	5.0	10.1	25.2
6	3.5	168.0	84.1	6.1	13.2	30.4
8	4.7	222.0	111.0	8.0	20.0	40.0
10	5.9	278.0	139.0	10.0	25.0	50.0
12	7.0	332.0	166.0	11.0	29.8	59.6

TAMAÑOS DE TUBO RECOMENDADOS PARA LA TRANSMISION DE
AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volumen de aire cfm	Tamaño nominal del tubo, pulg.				
	50-200	200-500	500-1,000	1,000-2,500	2,500-5,000
	Longitud de tubo, ft.				
30-60	1	1	1 1/2	1 1/2	1 1/2
60-100	1	1 1/4	1 1/4	2	2
100-200	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	2 1/2
200-500	2	2 1/2	3	3 1/2	3 1/2
500-1,000	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2
1,000-2,000	2 1/2	4	4 1/2	5	6
2,000-4,000	3 1/2	5	6	8	8
4,000-8,000	6	8	8	10	10

TAMAÑOS DE MANGUERA RECOMENDADOS, EN PULGADAS, PARA LA TRANSMISION DE AIRE COMPRIMIDO A UNA PRESION DE ----- 80 A 125 PSI MANOMETRICAS.

Volúmen de aire cfm	Tipos de herramientas neumáticas	Longitud de manguera, ft.		
		0-25	25-50	50-200
0-15	Pistolas atomizadoras Taladros de $\frac{1}{2}$ de pulgada Martillos neumáticos Aprieta tuercas neumático de perc. de $\frac{3}{8}$ de pulg.	$\frac{5}{16}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$
15-30	Taladros de $\frac{5}{16}$ - $\frac{1}{2}$ pulg. Aprieta tuercas neumático de perc. de Martillos neumáticos Taladros para roca de 15 lb	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
30-60	Taladros de $\frac{5}{8}$ -1 pulgada Aprieta tuercas neumático de perc. de $\frac{3}{4}$ de pulg. Pistolas para remachar Excavadores de arcilla Apisonadores de terraplén Vibradores de concreto, pequeños Herramientas para demolición ligera y medianas. Taladros de roca de 25 lb.	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
60-100	Taladros de 1-2 pulg. Aprieta tuercas neumático de perc. de $1\frac{1}{2}$ - $1\frac{3}{4}$ pulg. Trituradores pesados. Vibradores de concreto, grandes Bombas para lodos Taladros para roca de 35 a 55 lb. Herramientas para demolición, pesadas.	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	1
100-200	Malacates y guías Arrastradores Taladros de vagoneta Taladros para roca de 75 lb.	1	1	$1\frac{1}{4}$

TRANSPORTE DE EXPLOSIVOS.

1. - *Cualquier vehículo que esté transportando explosivos deberá estar marcado ó pintado ó tener un letrero en la parte delantera, a ambos lados y en la parte trasera con la palabra "Explosivos" en letras de no menos de 4 pulgadas de altura en colores que hagan contraste, con los del fondo; ó el vehículo deberá llevar en un lugar visible una bandera roja de no menos de 24 pulgadas de lado con la palabra "Explosivos" en letras rojas de cuando menos 3 pulgadas de altura ó la palabra "Peligro" en letras de 6 pulgadas de altura.*
2. - *Los vehículos no deberán llevar cápsulas detonadoras fulminantes cuando estén transportando otros explosivos; ni metales, herramientas metálicas, aceite, cerillos, armas de fuego, ácidos, substancias inflamables, ó materiales semejantes.*
3. - *Los vehículos que transportan explosivos no deberán estar sobrecargados y en ningún caso se apilarán las cajas ó lulas de explosivos a una altura mayor que la de la carrocería. Cualquier vehículo de caja abierta deberá llevar una lona para cubrir las cajas ó lulas de explosivos.*
4. - *Todos los vehículos, cuando estén transportando explosivos deberán inspeccionarse para determinar si: los frenos y el mecanismo de la dirección están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están en buenas condiciones; si los alambres eléctricos están bien aislados y -- firmemente asegurados; si la carrocería y el chasis están limpios y libres de acumulaciones de aceite y grasas; si el tanque de combustible y la línea de alimentación están seguros, y sin fugas; si se han proporcionado dos extinguidores de incendio, localizados cerca del asiento del chofer; y, en general, si el vehículo está en condiciones adecuadas para el transporte de explosivos.*
5. - *El piso de los vehículos deberá estar perfectamente empalmado y ajustado. Cualquier pieza metálica que esté expuesta en el interior del -- vehículo y que pueda entrar en contacto con algún paquete de explosivos deberá ser cubierta ó protegida con madera ó algún material no metálico.*
6. - *Los explosivos no deben de transportarse en remolques. Asimismo, a los vehículos que transporten explosivos no deberá engancharseles ningún tipo de remolque.*
7. - *Los vehículos que transportan explosivos no deben llevar pasajeros ni personas no autorizadas para viajar en ellos. No debe permitirse fumar ni llevar cerillos.*
8. - *Los paquetes ó cajas de explosivos no deben aventarse ó dejarse caer al estarlos cargando, descargando ó acarreando, sino que deben depositarse cuidadosamente y almacenarse ó colocarse de tal manera que no*

se deslicen, caigan ó mueran.

9. - Los motores de los vehículos que transportan explosivos deberán estar parados antes de cargar ó descargar los explosivos.

Las recomendaciones para el manejo de explosivos son las siguientes:

MANEJO DE EXPLOSIVOS.

1. - Las cajas ó barriles que contengan explosivos deben levantarse y bajarse cuidadosamente sin deslizarlos uno sobre otro, ó dejarlos caer de un nivel al siguiente, ni manejarse bruscamente.
2. - Las cajas, latas, ó paquetes de explosivos no deben abrirse dentro de un almacén de explosivos ó arsenal, ni siquiera en un radio de 50 -- pies del almacén ó arsenal.
3. - Deben emplearse herramientas fabricadas con madera ó con algún otro material no metálico para abrir las cajas ó barriles ó cualesquier otra vasija en que se encuentre contenido un explosivo. Nunca deben emplearse herramientas metálicas.
4. - Los explosivos y detonantes que se les den a los obreros deberán colocarse en receptáculos aislados independientes, equipados con tapas -- construidas y sujetadas de tal manera que no se puedan abrir accidentalmente durante el transporte.
5. - No deberá permitirse a ninguna persona, excepto al operario, viajar con los explosivos ó detonantes cuando estén siendo transportados en un tivo, túnel, ó cualquier otra obra subterránea.

ALMACENAMIENTO DE EXPLOSIVOS.

Los explosivos y los detonantes deben depositarse separadamente en almacenes independientes, secos, ventilados, á prueba de balas, y resistentes al fuego, alejados de otros edificios, vías de ferrocarril, y carreteras. La Tabla Americana de Distancias, proporciona las distancias de seguridad entre otros edificios, vías de ferrocarril y carreteras, para cantidades variables de explosivos y detonantes.

Una bodega para el almacenamiento de dinamita debe estar construida de tal manera que se evite el congelamiento de la dinamita durante largos períodos de tiempo en climas fríos. Si la dinamita se congela, deberá descongelarse antes de utilizarla, ya que el peligro de que explote prematuramente es mucho mayor cuando está congelada.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CUIDADO DEL EQUIPO DE TERRACERIAS

ING. VICENTE SAISO SEMPERE

JUNIO, 1984

PRIMERA SESION DE TRABAJO

I.- INTRODUCCION.

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

II.- PLANEACION

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

III.- ORGANIZACION.

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

SEGUNDA SESION DE TRABAJO.

IV.- TEMAS ESPECIFICOS.

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

I.- INTRODUCCION

A) DESARROLLO

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

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

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

I. - INTRODUCCION

B) IMPORTANCIA.

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

- INVERSTON DE EQUIPO - DISMINUYE

A) INCREMENTO EN LA VIDA UTIL.

B) INCREMENTO EN LA VIDA ECONOMICA.

- PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO = PRODUCCION - AUMENTA

A) INCREMENTO EN EL VALOR DE RESCATE.

B) DISMINUCION DEL COSTO DE REPARACIONES.

C) DISMINUCION DEL COSTO POR MAQUINA PARADA.

D) INCREMENTO DEL NUMERO DE HORAS DISPONIBLES.

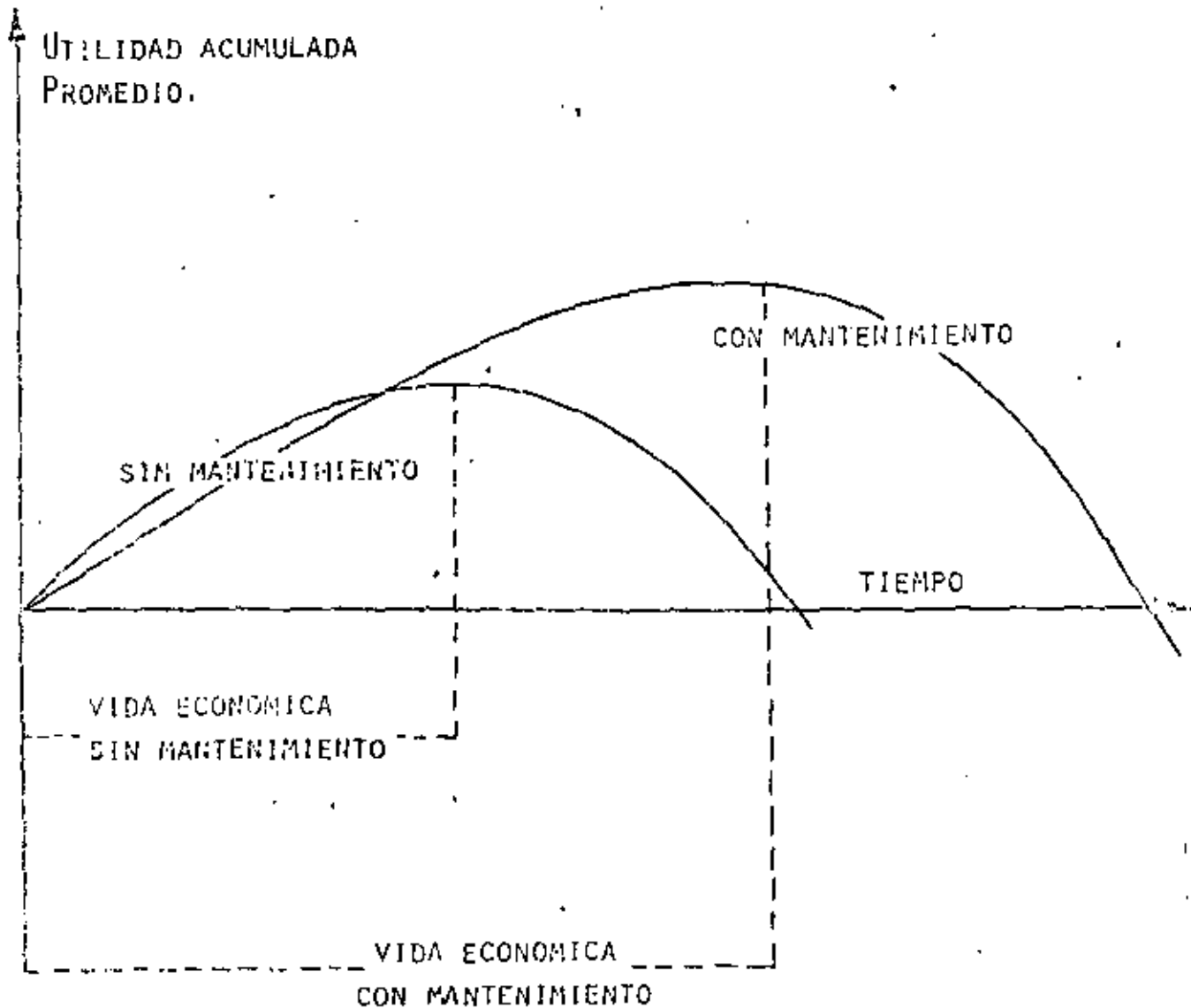
E) EQUIPO EN OPTIMAS CONDICIONES DURANTE HORAS DE TRABAJO.

C) JUSTIFICACION ECONOMICA.

SE DERIVA DE LA CUANTIFICACION DE:

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

EL EFECTO ECONOMICO DE UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO SE ILUSTR_UTRA EN LA GRAFICA SIGUIENTE:



D) CLASIFICACION DEL MANTENIMIENTO.

MANTENIMIENTO PLANEADO.

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

SE COMPONE DE:

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

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

SE BASA EN:

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

PROPORCIONA.

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

MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

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

MANTENIMIENTO DE RUTINA.

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

MANTENIMIENTO OBLIGADO.

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

----- 0 -----

ESTRUCTURAS DEL MANTENIMIENTO

MANTENIMIENTO EQUIPO

```
graph TD; A[MANTENIMIENTO EQUIPO] --- B[MANTENIMIENTO PLANEADO]; A --- C[MANTENIMIENTO OBLIGADO]
```

MANTENIMIENTO PLANEADO

MANTENIMIENTO OBLIGADO

MANTENIMIENTO PLANEADO

**MANTENIMIENTO
PREDICTIVO**

ANÁLISIS DE LABORATORIO.
EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE
VIDA ÚTIL

**MANTENIMIENTO
PREVENTIVO**

INSPECCIÓN DE EQUIPO
SERVICIOS DE CONSERVACION
DETECCIÓN Y CORRECCIÓN DE
FALLAS
SUPERVISIÓN DE OPERACION
REPARACIONES MAYORES PRO-
GRAMADAS
INTERCAMBIO DE CONJUNTOS

**MANTENIMIENTO
RUTINA**

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

A) OBJETIVOS.

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

EN TERMINOS SIMPLIFICADOS.

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

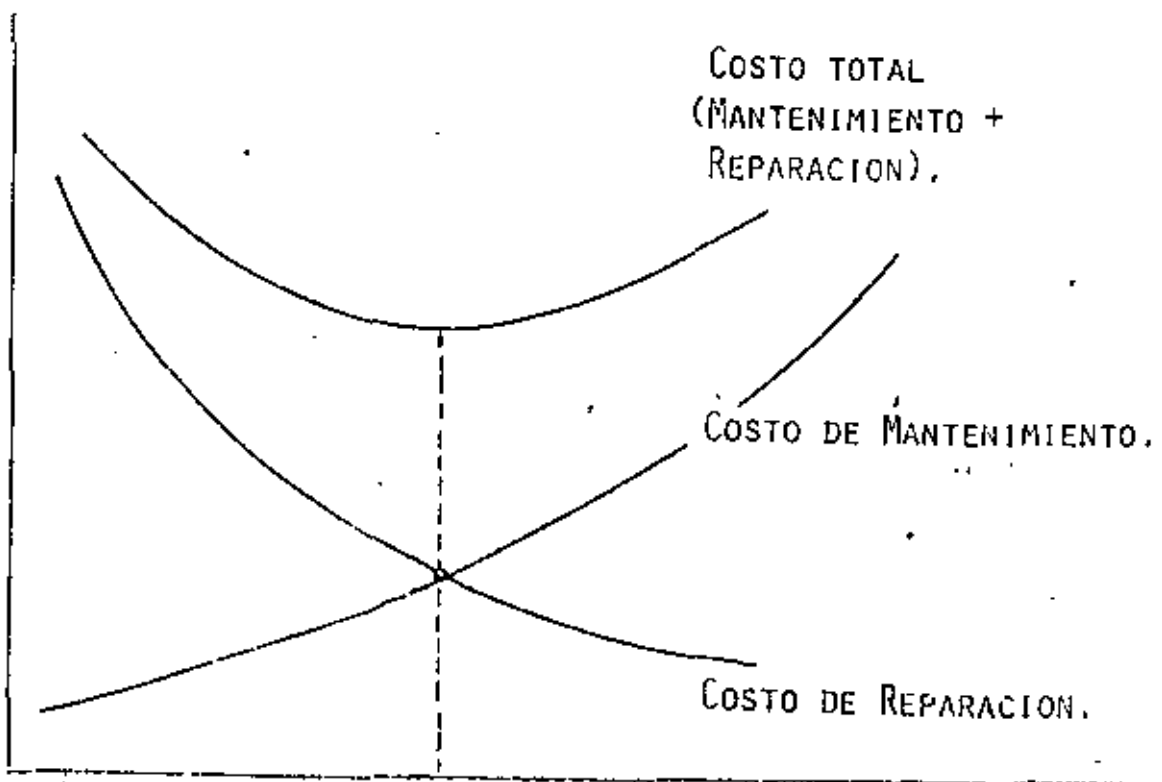
UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO ORIENTADO HACIA ESTE OBJETIVO- TRATARA DE MAXIMIZAR PRODUCCION Y MINIMIZAR COSTO.

- MAXIMIZARA PRODUCCION.

ALCANZANDO EN FORMA OPTIMA LOS FACTORES MENCIONADOS EN I-B.

- MINIMIZARA COSTO :

PROPORCIONANDO EL MANTENIMIENTO AL NIVEL OPTIMO.



B) ANALISIS DE LA INFORMACION.

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

POR LO QUE SE NECESITA CONSIDERAR:

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

LOCALIZACION.

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION.

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

MAGNITUD Y CLASE DE OBRA.

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

LOCALIZACION DE LA OBRA.

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

PROGRAMA GENERAL DE EJECUCION

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

PROGRAMA DE UTILIZACION DEL EQUIPO.

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

PROGRAMACION Y ASIGNACION DE RECURSOS.

- HUMANOS.
- EQUIPO AUXILIAR.
- HERRAMIENTA.
- INSTALACIONES.
- RECURSOS HUMANOS.
- SELECCION.
- CAPACITACION.
- DISTRIBUCION.

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

SE DEBE CONSIDERAR:

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

DISTRIBUCION DE PERSONAL.

SE DISTRIBUYE DE ACUERDO CON:

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

CAPACITACION.

PROMOVER CONTINUOS CURSOS DE ACTUALIZACION.

CAPACITAR PERSONAL SIN EXPERIENCIA.

CALIFICAR AL PERSONAL PERIODICAMENTE.

EQUIPO AUXILIAR

A.- EQUIPO ESPECIALIZADO.

DE LABORATORIO

ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

DE CAMPO.

*SS

- EQUIPO DE DIAGNOSTICO Y PRUEBAS.

EQUIPO DE MANTENIMIENTO

FIJO.

INSTALACIONES DE TALLER.

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

17

HERRAMIENTA.

FIJA:

HERRAMIENTA PARA TALLER.

ESMERIL - TORNILLO DE BANCO, PRENSA HIDRAULICA,
PULIDORA.

CAJA DE HERRAMIENTA PARA TALLER.

HERRAMIENTA PNEUMATICA Y ELECTRICA.

HERRAMIENTAS DE MEDICION.

MOVIL.:

HERRAMIENTA PARA CAMPO.

HERRAMIENTA PARA MANIOBRAS.

HERRAMIENTA PARA LLANTAS.

HERRAMIENTA DE MEDICION.

HERRAMIENTAS PARA CALIBRACIONES.

INSTALACIONES.

LAS INSTALACIONES EN OBRAS DE CONSTRUCCION SON:

A) INSTALACIONES DE SERVICIO.

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

B) INSTALACIONES DE GENERACION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA.

- ELECTRICAS.
- AIRE COMPRIMIDO.
- VENTILACION.
- HIDRAULICAS.

C) INSTALACIONES DE PRODUCCION.

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

A) AREA DE INSTALACION.

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

B) DIMENSIONES.

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

ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.

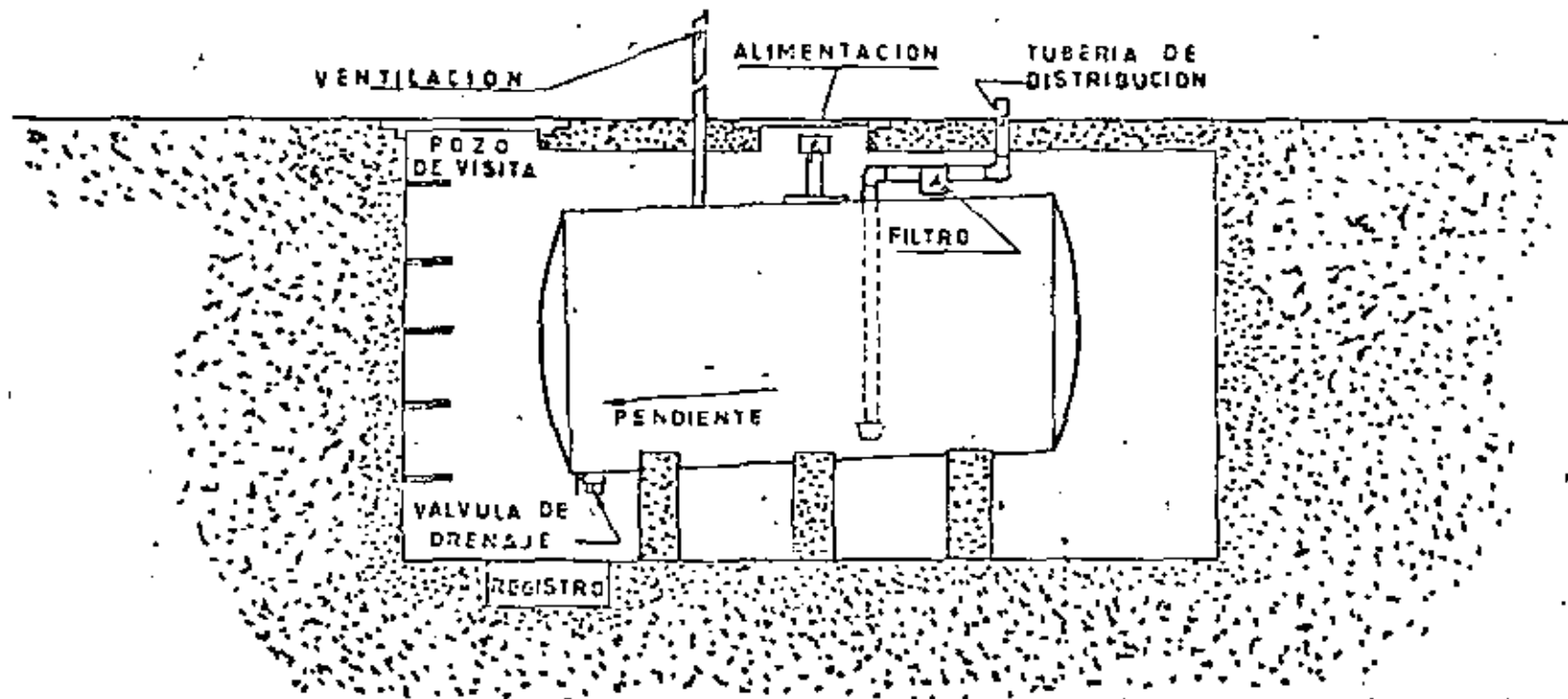
SE CONSIDERA BASICO PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS SISTEMAS DE INYECCION DE LOS MOTORES.

SE REQUIERE:

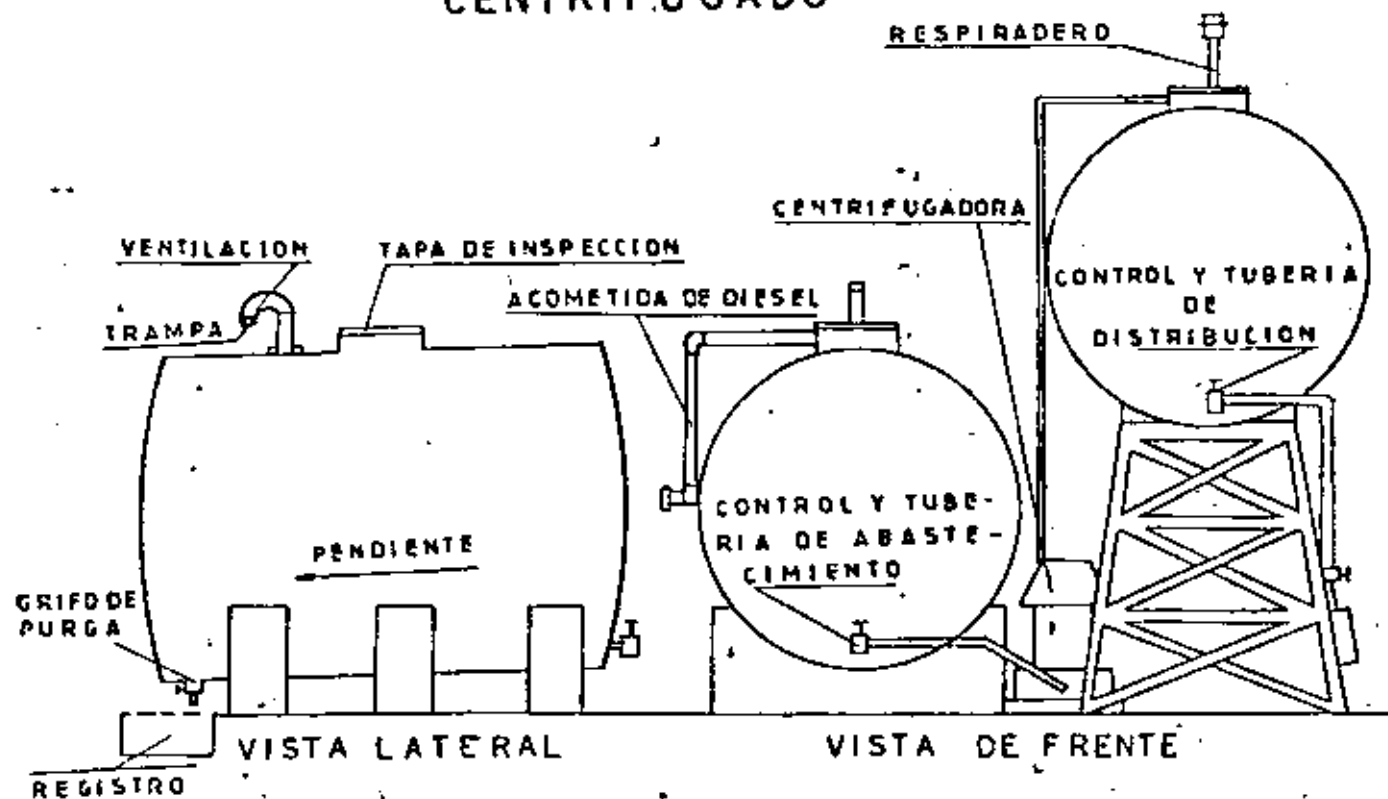
- TANQUE PARA RECEPCION Y ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE.
- TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE CENTRIFUGADO O FILTRADO.
- CENTRIFUGADORA O FILTROS.

LOS TANQUES DEBEN TENER INCLINACION PARA ASENTAMIENTOS Y LIMPIEZA PERIODICA.

INSTALACION SUBTERRANEA



INSTALACION DE COMBUSTIBLE DIESEL CENTRIFUGADO



A) ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL.

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

B) SISTEMA DE ADMINISTRACION.

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

C) SISTEMAS DE MANTENIMIENTO.

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

D) SISTEMAS DE INFORMACION.

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

E) SISTEMAS DE CONTROL.

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

- INVENTARIO DE ALMACEN.
- ORDENES DE TRABAJO.

RECURSOS COMPLEMENTARIOS.

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

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

ANALISIS DE PARAMETROS DE INFORMACION PARA PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

PARAMETROS:	PORQUE ES NECESARIO
INVENTARIO FISICO DE EQUIPO	SE TIENE CONTROL DEL EQUIPO QUE SE ENCUENTRA EN OBRA. PARA FORMAR GRUPOS DE EQUIPOS CON LAS MISMAS CARACTERISTICAS. PARA ESTABLECER LAS DIFERENCIAS DE COMPORTAMIENTO Y COSTOS ENTRE LOS MISMOS TIPOS DE EQUIPO. PARA FACILITAR EL CONTROL DE REQUISICIONES. PARA AGRUPAR LAS DIFERENTES CATEGORIAS DE EQUIPO.
SISTEMA DE COSTOS.	PARA IDENTIFICAR LOS COSTOS POR CADA MAQUINA. PARA LLEVAR UN COMPORTAMIENTO ECONOMICO DE LAS MAQUINAS. PARA TOMAR DECISIONES DE REEMPLAZO. PARA IDENTIFICAR SI EL RENDIMIENTO DEL EQUIPO ESTA DE ACUERDO CON SUS COSTOS.
TIPO DE TRABAJO EN QUE SE ESTA USANDO EL EQUIPO.	PARA EVALUAR SI EL TRABAJO DESARROLLADO ESTA DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO. PARA DETERMINAR POLITICAS ESPECIALES DE MANTENIMIENTO. PARA SELECCIONAR LA OPERACION ADECUADA. PARA EVALUAR EL EFECTO DEL TRABAJO EN LA VIDA UTIL DE LA MAQUINA DE ALGUNOS DE SUS CONJUNTOS.
HORAS TRABAJADAS EN LAS MAQUINAS.	SIRVE PARA DETERMINAR EL PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO. PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE MAQUINARIA. PARA EVALUAR LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO. PARA DETERMINAR SI EL MANTENIMIENTO SE REALIZA CON EL PROCEDIMIENTO CORRECTO.

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

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

V.- TEMAS ESPECIFICOS.

B) LIMPIEZA, LUBRICACION, CONTROL DE ACEITES.

- LIMPIEZA COMO FACTOR DE MANTENIMIENTO.

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

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

C) OPERACION, - SE MENCIONA LA ACTIVIDAD, CONTRATACION Y ENTRENAMIENTO.

- LUBRICACION ELEMENTO BASICO DE MANTENIMIENTO.

A) PROGRAMACION DE LA LUBRICACION,

- SU IMPORTANCIA.

- SU RELACION CON LA PRODUCCION.

B) EFECTOS PRODUCIDOS POR FALTA O INADECUADA LUBRICACION.

C) EQUIPOS DE LUBRICACION.

D) PERSONAL DE LUBRICACION.

- CONTROL DE ACEITES Y LUBRICACION .

A) ESTANDARIZACION.

B) IDENTIFICACION DEL ACEITE ADECUADO, PROPIEDADES.

C) TABLAS DE LUBRICACION.

D) EXISTENCIAS EN ALMACEN.

E) NOMENCLATURA.

F) ALMACENAJE, Y MANEJO.

g) EXISTENCIAS.

c) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

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

A) PROTECCION (CONTRA-INTEMPERIE),

B) LIMPIEZA Y LUBRICACION (ACEITES PRESERVADORES),

C) FUNCIONAMIENTO PROGRAMADO.

V.- TEMAS ESPECIFICOS

C) MANTENIMIENTO DE EQUIPO DISPONIBLE.

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

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

----- 0 -----

V.- TEMAS ESPECIFICOS

D) PRINCIPALES PROBLEMAS PRACTICOS..

1º HUMANOS,

- PREPARACION.
- COMUNICACION.

2º LOCALIZACION,

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

3º TIPO DE TRABAJO.

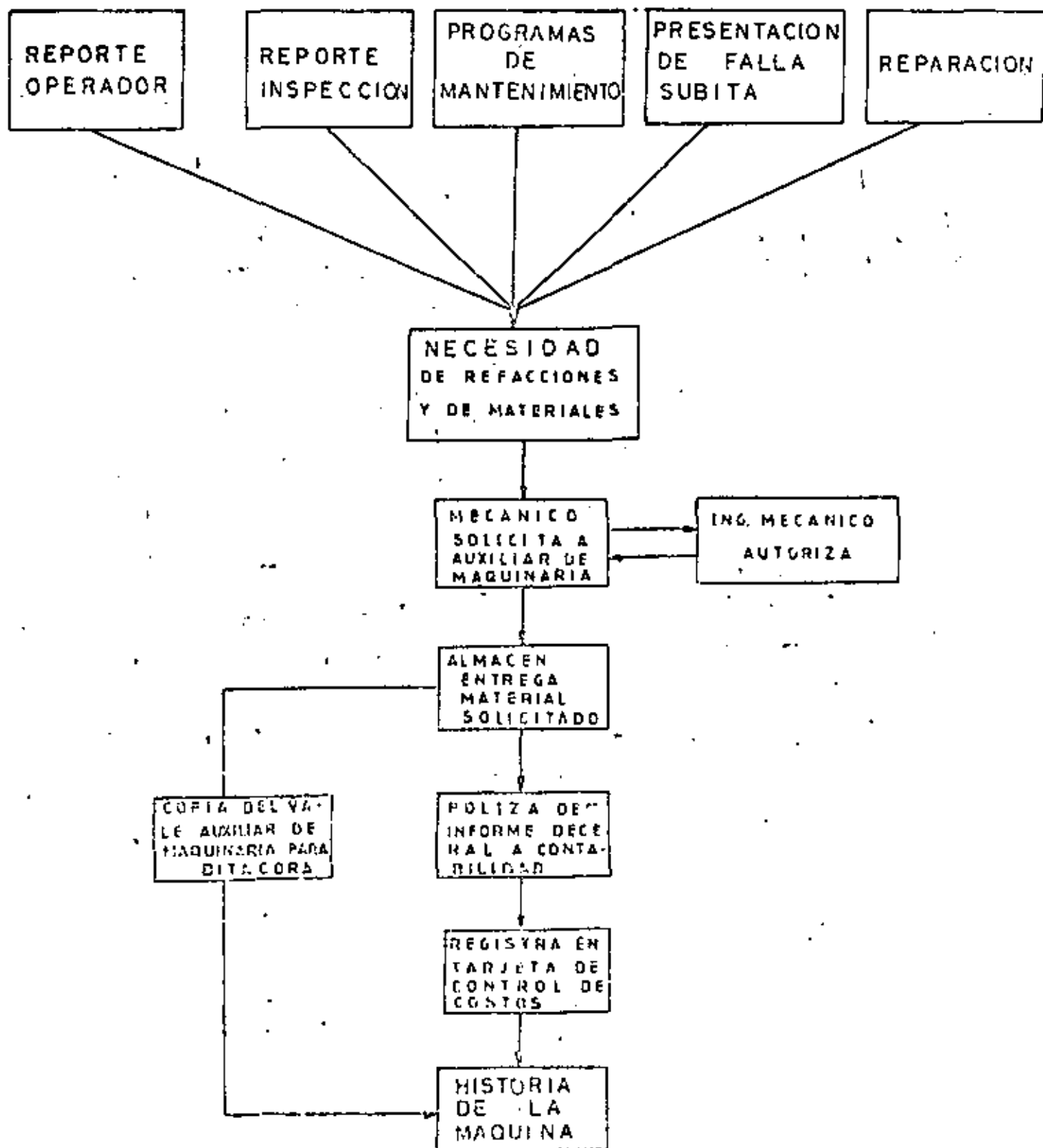
- RITMO MUY ACELERADO (A PRESION).
- FECHAS DE TERMINACION AGRESIVAS.
- NECESIDAD DE ALTOS PROCENTAJES DE UTILIZACION.

4º INSTALACIONES.

- MOVILES.
- RUDIMENTARIAS.
- DE BAJO COSTO.

DIAGRAMA DE FLUJO

VALES DE SALIDA DE ALMACEN



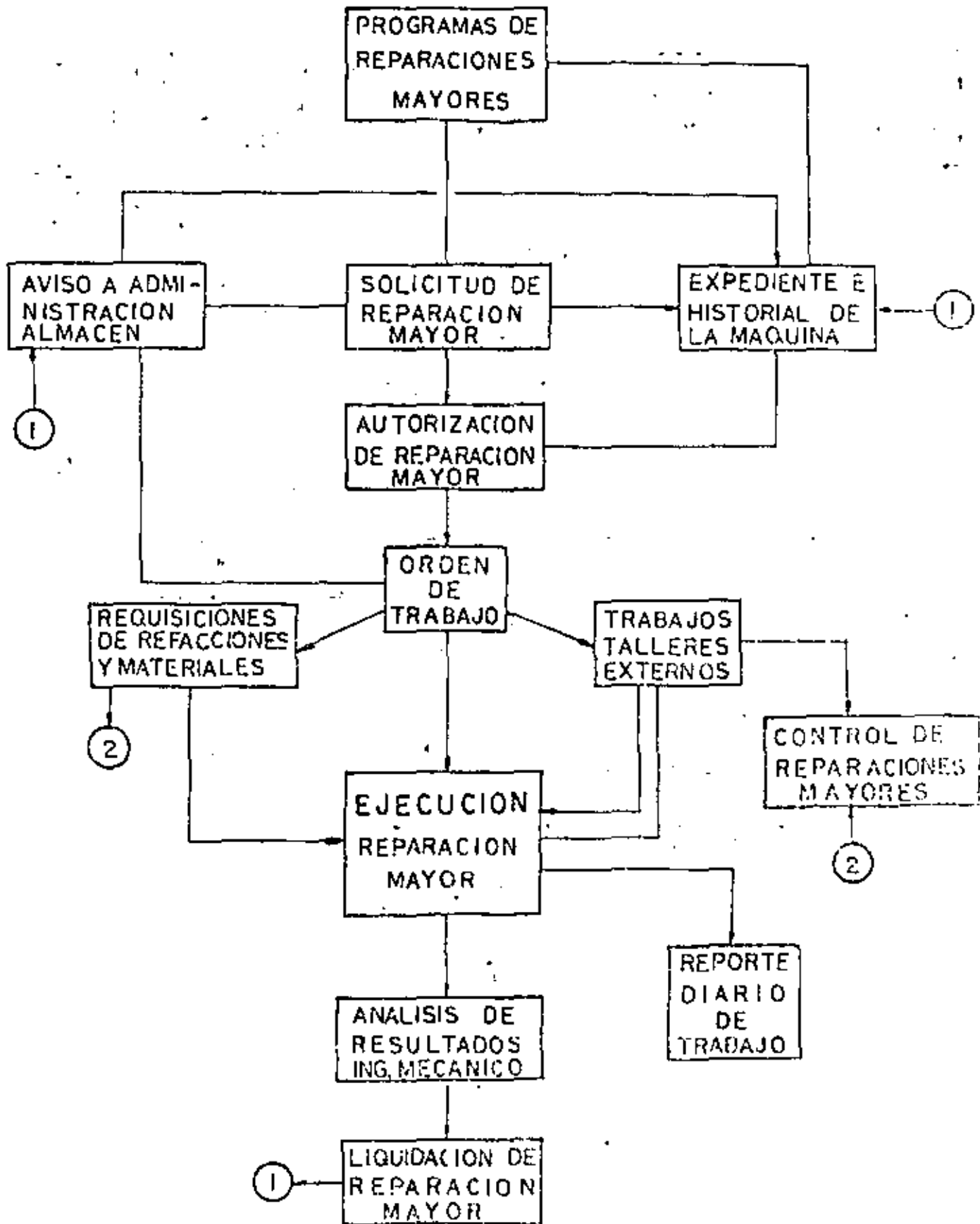
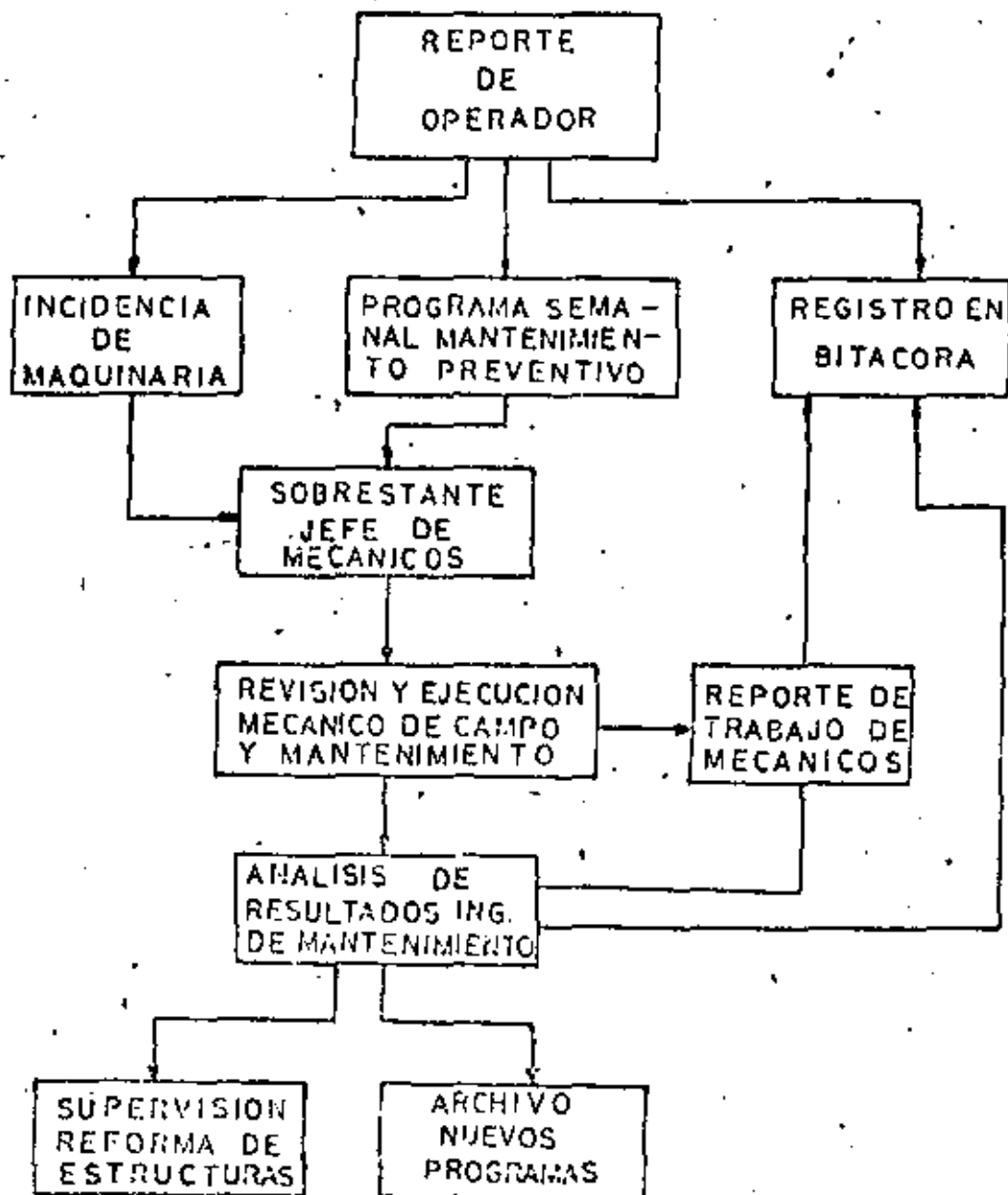
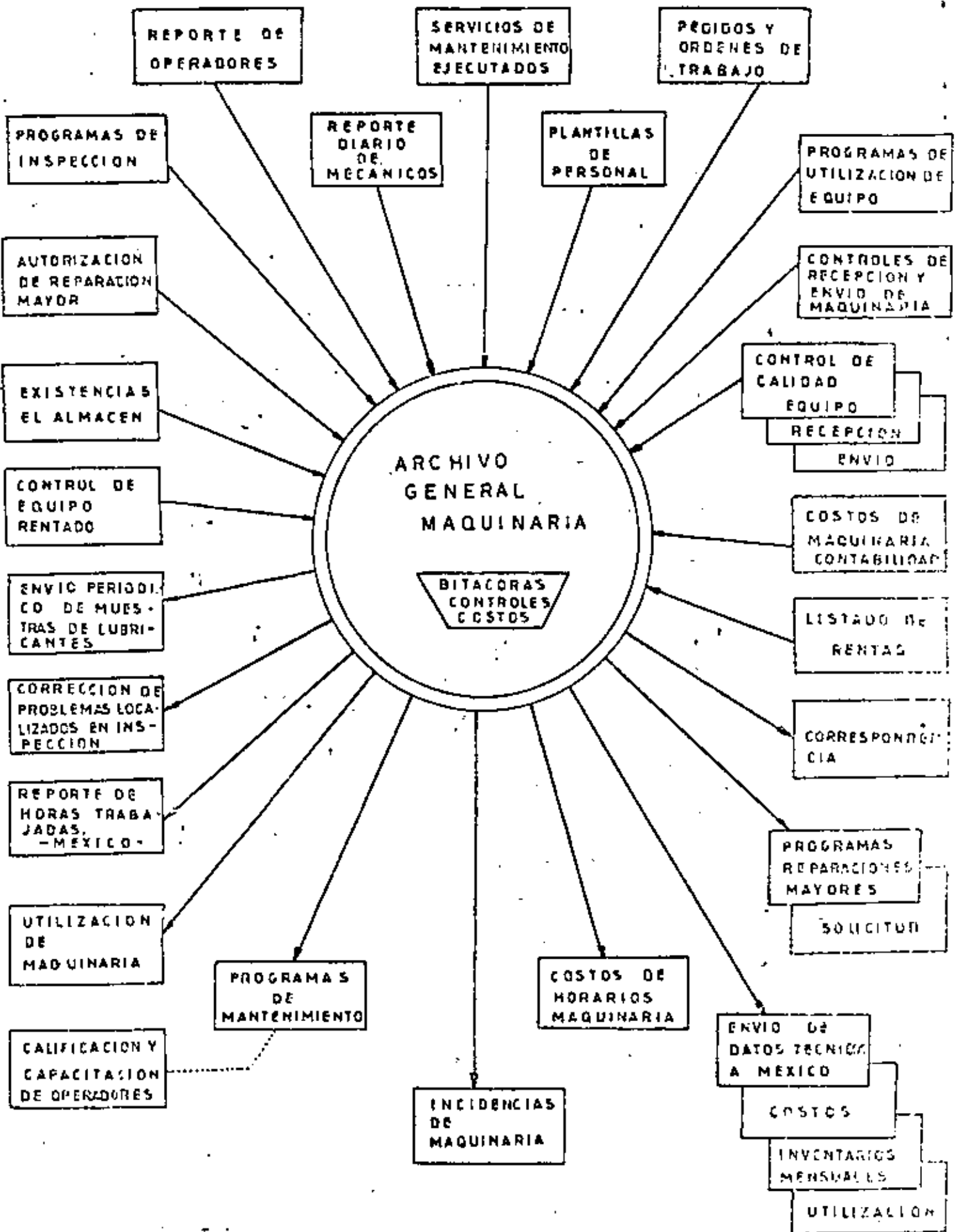


DIAGRAMA DE FLUJO REPORTE DE OPERADORES





CAPACITACION

- 1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.
- 2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.
- 3.- EXAMEN PREVIO PARA DETERMINAR EL GRADO DE CAPACITACION.
- 4.- DISTINTAS FORMAS DE CAPACITAR.

1.- EL PORQUE DE LA CAPACITACION.

Uno de los factores que mayor importancia tienen para lograr una productividad adecuada en el mantenimiento, cuidado y operación de la maquinaria es el de contar con el personal mecánico y de operación con los conocimientos suficientes para que pueda desarrollar su trabajo con eficacia. Para lograr esto se tiene que "CAPACITAR" a ese personal para que pueda cumplir cabalmente con los requerimientos.

En la actualidad, en México y en el área Maquinaria de Construcción se adolece de grandes deficiencias en la capacidad del personal mecánico y de operación; Las razones son muy sencillas, no existe ningún lugar donde el personal obrero pueda adquirir conocimientos en relación a los campos de construcción. El sistema escolar formal no tiene ningún centro de enseñanza para maquinaria de construcción, excepción hecha del CAO, que a partir de 1978, pasó a formar parte del ICIC; Sin embargo su capacidad de enseñanza es del orden de 60 egresados por año y la Industria de la Construcción sola, tiene de 40 a 50 mil personas en estos trabajos, la mayoría ejerciendo sus funciones con grandes defectos por falta de oportunidad de mejorar su preparación.

En la construcción, el 80 % del capital de las empresas se invierte en la compra de activos fijos en maquinaria, equipos y herramientas y la cifra invertida supera los \$ 20,000 millones de pesos. A pesar del valor tan alto de las inversiones el constructor enfrenta con indolencia y apatía el problema de la capacitación, teniendo la mayoría la idea de que la mejor solución es el "PIRATEO" de personal ya capacitado y que generalmente sale de los Distribuidores de maquinaria y empresas que por su organización están en mejores condiciones para capacitar. Sin embargo esta solución no es suficiente ó completa, pues el distribuidor maneja 1 ó 2 marcas de equipos y el constructor 8 ó 10.

Por tanto hay que dar un énfasis muy fuerte a los aspectos de capacitación en este campo, si queremos que nuestras inversiones de capital nos redituen adecuadamente.

2.- DESCRIPCION DEL PUESTO.

Uno de los principales obstáculos para poder juzgar la capacidad del personal es que no existe un criterio uniforme en cuanto a los requisitos de conocimientos que debe tener una persona para ocupar un puesto, y que se basa en una técnica de la administración científica que nos indica que cada puesto de una organización debe tener una descripción por escrito de: Sus funciones, requisitos de conocimientos previos y actitud hacia el trabajo. Este se conoce como descripción del puesto.

En la actualidad la Srio. del T. y P.S., está tratando de elaborar lo que llaman el catálogo de empleos, pero como se supone debe abarcar todas las actividades productivas del país, pues será a un plazo largo cuando este elaborado.

Sin embargo cada empresa debiera tener descripciones de puestos acordes a sus necesidades con el fin de conocer las características que deberán reunir las personas que los vayan a ocupar. Si en la empresa no se sabe que funciones y responsabilidades se van a delegar en una persona, los criterios para contratarla tampoco estarán definidos y por tanto quedará al criterio (bueno ó malo) del encargado de llevar a cabo la contratación, el que se tomen bases reales ó no y por tanto la contratación será un acto de azar. Existen ejemplos grotescos en relación a las formas de contratación para operadores de maquinaria pesada.

Por tanto hay que recalcar en qué es de suma importancia que la empresa sepa los requisitos que debe reunir una persona para cubrir un puesto.

3.- EXAMEN PREVIO.

El método más sencillo para seleccionar al personal es que basados en la descripción del puesto elaboremos un examen de conocimientos para determinar si los candidatos reúnen un mínimo de conocimientos. Es muy posible que con la aplicación de estos exámenes previos podamos mejorar en un alto porcentaje nuestros sistemas de contratación y seleccionar más afinadamente a los futuros técnicos y obreros.

Por desgracia hay poco material al respecto y por tanto dificultad en contar con él.

La capacitación deberá entonces ser planeada para que sea útil y apoyarse en el sistema escolar, que se lleva el 25.% de los impuestos que pagamos y que por tanto por conveniencia propia debemos cuidar.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

COMPLEMENTO A LOS APUNTES DEL ING. VICENTE SAISO SEMPERE

JUNIO, 1984

(1)

~~El 80% de los activos de las empresas constructoras~~ lo consti-
tuyen las ~~máquinas y equipos~~, ya sean pesados o ligeros y por
tanto representan el renglón más importante en inversiones --
que tienen las constructoras. Es ilógico que esa inversión, --
que además es el pilar de la producción de la empresa no cuen-
te con el personal seleccionado y capacitado para que se en-
cargue de su operación y mantenimiento.

La mayoría de las empresas de construcción no se preocupan --
por cuidar su equipo sino hasta que ya tienen entre sus manos
15 ó 20 máquinas y una inversión que sobrepasa los \$ 20 millo-
nes de pesos. Entonces se dan cuenta que tienen una inver-
sión altísima y que nunca han cuidado su productividad y mante-
nimiento. Para ello deciden que lo mejor es contratar a una-
persona, de preferencia ingeniero mecánico, que tenga experien-
cia en éste trabajo y al cual le van a confiar la labor de --
que en corto plazo haga que toda esa maquinaria quede en per-
fectas condiciones, sin tomar en cuenta que:

1. ~~Hay muy poco personal especializado~~ en ese campo y por --
tanto será difícil encontrarlo.
2. Que las ~~máquinas~~ que le quieren entregar a esa persona ~~no~~
~~tienen historia escrita~~ de los cuidados, reparaciones y --
uso, y que por tanto no será posible en poco tiempo ente-
rarse de cual es el comportamiento que se puede esperar --
de ellos.
3. Que esa persona ~~no puede cambiar la mentalidad de todo el~~
personal de la empresa que por años ha descuidado las má-
quinas y que por tanto la solución del problema no se re-
duce a contratar un ingeniero, sino que deberán estructu-
rarse un conjunto de políticas que permitan que permitan-
que la acción con la maquinaria sea positiva.
4. Que al crear el ~~departamento de Maquinaria~~, automáticamen-
te se generan ~~problemas de autoridad~~ con los superinten-
dentes de obra que deberán preverse, y que solo con un --
programa bien estructurado, su difusión adecuada y el con-
vencimiento a los superintendentes para que actúen apoyan-
do la nueva estructura, podrán obtener resultados positi-
vos.

En México todos los problemas relacionados con la organización de las empresas tienen como primer obstáculo el escaso interés de los empresarios en mejorar sus sistemas de organización, que se apoyan en la tesis simplista de que si en la forma en que trabajan los ha ido bien no hay necesidad de sofisticar y complicar a la empresa, sin darse cuenta de que los resultados que han obtenido podían haber sido mejores si hubieran implementado sistemas de trabajo, selección y capacitación adecuados a las necesidades de la empresa.

PLAN PARA SELECCIONAR Y CAPACITAR AL PERSONAL DE MAQUINARIA

Lo más importante, antes de querer implantar sistemas de selección y capacitación, es llevar a cabo una campaña de sensibilización y motivación entre los ejecutivos, ya sean gerentes ó superintendentes que se verán involucrados en la aplicación del sistema. Por otra parte debe hacerse la presentación del plan sin entrar en aspectos concretos con el fin de que los responsables puedan intervenir en su elaboración, pues al tener el plan ideas suyas pondrán más interés en que resulte satisfactorio.

Por lo general (~~y aquí me hablo de Bufete Industrial, que tiene una organización profesional en todos sus niveles~~), en las ~~Obras el amo y señor es el Superintendente~~ y en la mayoría de las ocasiones sus conocimientos mecánicos dejan mucho que desear, pues su profesión, la ingeniería civil en la mayoría de los casos, no le dá conocimientos en el área mecánica.

Sin embargo, él es el que toma las ~~decisiones en todos los aspectos de la obra, sean administrativos, de producción ó de mecánica~~. Si éste Superintendente no cuenta con el ~~respaldo de un Intendente de Maquinaria~~ competente y a un nivel dentro de la obra adecuado, sus decisiones serán siempre influidas por los residentes de frente. Esto quiere decir que, si el ~~Intendente de Maquinaria~~ opina que una máquina debe pararse de inmediato, y el ~~residente de frente~~ desea a toda costa seguirla trabajando, por lo general decidirá que la máquina trabaje, porque al no tener conocimientos mecánicos suficientes, los argumentos de producción le parecerán más convincentes.

Esto nos lleva a la necesidad de que, para poder aplicar un sistema de selección y capacitación, ~~debemos empezar por capacitar a los responsables de llevarlo a la práctica~~, pues si no fracasaremos, como ya dijimos antes.

La capacitación de gerentes y superintendentes no tendrá como objetivo el que aprendan a reparar el equipo, sino que separar las decisiones adecuadas a su nivel y a las políticas que la empresa considera más convenientes.

La mayoría de las empresas constructoras establecen como política general que los talleres de campo se dediquen exclusivamente a labores de mantenimiento preventivo y de intercambio de piezas o componentes dañados. Esto es lógico, pues por lo general los talleres en las obras no cuentan con instalaciones herméticas que aislen del polvo, enemigo número uno de las máquinas, y por tanto una reparación en campo corre riesgos de que el polvo se infiltre entre las piezas, provocando daños a corto plazo; tampoco se cuenta por lo general en estos talleres con la herramienta, el equipo de medición y los manuales de servicio que permitan garantizar la calidad y la duración de la reparación, lo que acarrea que una reparación hecha en el campo sin contar con estos elementos no se puede asegurar que dure el tiempo que debería. Por ejemplo, el overhaul de un motor, que hecho en un taller con todos los elementos, deberá durar 6000 horas, si se hace en el campo es muy posible que a las 300 ó 500 horas tenga problemas, lo que hace que el costo de la reparación se eleve a 20 veces sobre lo debido.

Por tanto la obra debe estar organizada para dar el mantenimiento preventivo y hacer el cambio de las piezas o componentes que se dañen, sea por accidente o porque llegaron al término de su vida normal.

Para ello el superintendente deberá saber con certeza que es mantenimiento, que es intercambio y que es reparación y cuáles son los trabajos mecánicos que no se deben llevar a cabo en la obra. En todo caso, debe solicitar la intervención del Taller Central para decidir que se debe hacer cuando hay duda. Es muy frecuente que en la obra se sobrevalore la capacidad técnica de los elementos con que se cuenta y se desarrollen trabajos mecánicos que son antieconómicos y hasta contraproducentes.

Si la Intendencia de Maquinaria de la Obra actuara con firmeza en los aspectos de mantenimiento y supervisión de operación, se lograría una mejoría notable en la productividad y disponibilidad de los equipos. Si las cuadrillas de mantenimiento en sus revisiones diarias vigilaran que todos los manómetros y medidores de la máquina funcionan bien; que los tapones de gasolina, agua y aceite se limpien y estén en buenas condiciones; que los niveles de aceite se chequeen antes de cada turno; que los operadores reporten las fugas o fallas que detecten, etc; los problemas con las máquinas disminuirían mucho y si a eso aunamos el control por escrito de todas las intervenciones de los mecánicos en cada máquina para contar con su historia, pues entonces la disponibilidad de los equipos se incrementaría notablemente.

Alguien puede decir, todo esto se ve muy fácil, pero a la hora de ponerlo en práctica es muy difícil, porque no se cuenta con el personal idóneo. El que diga esto tiene razón, si partimos de la base del elemento humano con que contamos y los sistemas arcaicos de contratación que usamos, pero si cambiamos esto los resultados serán espectaculares.

~~Para seleccionar al personal tanto mecánico como de operación~~ deberemos tomar en cuenta los siguientes factores que son los que mayor influencia tienen en la problemática del equipo:

- 1) La maquinaria de construcción tiene una ~~tecnología compleja y sofisticada~~ y por tanto debe hacerse cargo de ella personal con una ~~escolaridad y conocimientos~~ acordes a complejidad
- 2) La ~~productividad~~, combinada con el ~~cuidado de la máquina~~ solo pueden lograrse con ~~personal capacitado y responsable~~.
- 3) La ~~mínima escolaridad~~ que debiera requerirse, pues es la que permitirá la comprensión de los problemas es la ~~secundaria, tanto para mecánicos como operadores y la preparatoria para sobrestantes y otros niveles similares~~.
- 4) Por lo general el personal que tiene estos niveles de escolaridad, ~~no se interesa en estos trabajos~~ debido a que tienen un ~~bajo prestigio social~~ y sobre todo porque desconoce -- las posibilidades de ingresos que se pueden lograr.

Por ello es tarea inaplazable el llevar a cabo una campaña -- permanente para prestigiar socialmente estos trabajos y pugnar por contratar a las personas que tengan la escolaridad adecuada.

Para seleccionar al personal deberán además hacerse exámenes previos por escrito y luego pruebas en el trabajo con la supervisión del Intendente de Maquinaria, que deberá poder vetar operadores cuando vea que su forma de trabajar es nociva al equipo.

En cuanto a la capacitación, lo ideal es formular programas sencillos que, se puedan exponer previamente al inicio del -- trabajo y que sean recalcados durante el trabajo mismo por un instructor, que los mostrará las formas de trabajo, de usar -- las herramientas y equipos y supervisará el trabajo individual.

En una obra con maquinaria no debe ~~escatimarse un sueldo y~~ -- por ello es que se recomienda ~~que las constructoras tengan~~ -- ~~instructores en el trabajo~~, que según la magnitud de las --

obras puede estar ~~de planta en una,~~ o ~~servir a varias obras de~~ la empresa.

Así mismo ~~deberá haber un supervisor que certifique~~ la operación de las maquinas y de los talleres de las obras y valore la calidad de trabajo de todos.

El personal mecánico y obrero deberá estar participando en -- cursos de capacitación en la empresa o fuera, así como todo -- el demás personal.

Se considera que hay ~~3 niveles de trabajo, el obrero, el técnico y el especialista:~~

- 1° El ~~obrero~~ deberá tener ~~de 100 a 150 horas~~ al año de cursos de capacitación o actualizaciones.
- 2° El ~~técnico, como ingenieros o administradores,~~ tendrá hasta ~~15%~~ de su tiempo de trabajo ocupado en cursos.
- 3° El ~~especialista~~ puede llegar a tener ~~hasta el 30%~~ de su tiempo en estudio, porque cuando se le necesite resolverá problemas de gran envergadura.

Como se verá la labor que tenemos por delante no es fácil, -- pues implica entre otras cosas hacer cambios en las estructuras de trabajo y dedicar tiempo a promover entre personas que actualmente no se interesan en la maquinaria, el que cambien su actitud mental, esto puede ser una tarea que rendirá frutos a largo plazo, pero para México y para la Industria de la Construcción el tomar cartas en el asunto es ya inaplazable, -- pues si no el déficit de personal calificado crecerá en la medida en que crezca la industria.

De inmediato las medidas más adecuadas serán las de tener supervisores e instructores y el tratar que en el área de maquinaria el personal tenga como mínimo la primaria terminada, -- que aunque este nivel de escolaridad no es el ideal por lo menos es un nivel mejor que los que en la actualidad tenemos.

Tratar de exponer ó explicar todo lo concerniente a "MANTENIMIENTO" en un resúmen como el presente es tarea muy difícil, y temeraria, quizás hasta imposible por los grandes alcances que el tema tiene y las derivaciones que de él emanan.

Por lo tanto, al tratar éste tópicó, lo haremos concretamente sobre el "Mantenimiento de la Maquinaria y Equipo de Construcción" en todos sus aspectos. (Maquinaria Mayor, Menor y Vehículos, Etc.).- Tratando de lograr interesar a todos los que en forma directa o indirecta se ven involucrados en las múltiples actividades de la Maquinaria y Equipos de Construcción - en LA IMPORTANCIA ACTUAL DEL MANTENIMIENTO.

Al fijar nuestra atención en la Maquinaria, nos daremos cuenta de ciertos "Síntomas de degradación" de sus componentes y de los factores que incrementan la importancia y necesidad del Mantenimiento. En consecuencia de lo anterior, al conocer los factores que se deban controlar, éstos se convierten en los OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO.

Es importante anticipar que el Mantenimiento tiene un COSTO que se debe analizar buscando el equilibrio con los COSTOS DE OPERACION.. Esto quiere decir que el Mantenimiento, requiere CONTROL Y PLANEACION, con diferentes técnicas de aplicación y programación.

Otra consecuencia del Mantenimiento es la instalación, operación y Administración de Talleres de reparación y reconstrucción, así como las instalaciones de apoyo necesarias como las de lubricación, almacenes, etc. En fin, sería muy largo discutir o tan solo mencionar todas las operaciones ligadas con éste tema, tales como la medición del tiempo, y la eficiencia del mantenimiento, control de trabajos, clasificaciones, notificaciones y reportes; por lo tanto esperamos que quienes asisten a éste curso puedan posteriormente motivados por las dudas o curiosidad que de éste se desprendan, puedan hacer un estudio más concienzudo de los diferentes aspectos que el Mantenimiento involucra.

Agregaremos por último, que las actividades del Mantenimiento son "dinámicas"; es decir que están en constante cambio, por lo que es posible que alguna o algunas de las cosas que en el

I.- MANTENIMIENTO EN GENERAL

1. GENERALIDADES ②

Con la introducción de la Maquinaria Pesada dentro de los métodos modernos de Construcción, ha sido necesario catalogar ciertas actividades involucradas íntimamente al uso y aprovechamiento del equipo; éstas actividades se conocen generalmente como:

MANTENIMIENTO:

Se denomina mantenimiento, a aquella serie de actividades que dirigida por una persona o grupo de personas, tiene como fin lograr y asegurar el aprovechamiento más ventajoso de las máquinas y equipo que otros elementos de una organización necesitan para el desempeño de sus funciones y obtener la óptima recuperación de la inversión. Esta inversión puede ser maquinaria, materiales o mano de obra.

Visto el mantenimiento como se definió anteriormente, se entiende que debe ser una función integral o parte muy importante de cualquier organización pues maneja una fase de las operaciones de dicha organización.

El campo de acción de las actividades de mantenimiento difiere en la práctica para cada tipo de actividad y de empresa y es influenciado por el tamaño de la empresa y la política de la misma.

No obstante, es posible agrupar las principales actividades y clasificarlas en la siguiente forma:

- A. Funciones primarias, que son la justificación misma del mantenimiento y
- B. Funciones secundarias, que son aquellas que por conveniencia, experiencias anteriores, ó porque no hay otra división lógica dentro de la empresa, se delegan también en el departamento de servicio o mantenimiento.

Para los fines que nos ocupan analizaremos únicamente las funciones primarias que podemos agrupar en la siguiente forma:

FUNCIONES PRIMARIAS:

~~1. Mantenimiento del equipo y maquinaria de la empresa.~~

- a) ~~Mantenimiento preventivo~~
- b) Mantenimiento predictivo
- c) Mantenimiento correctivo.- Reparaciones menores y reparaciones mayores.
- d) Mantenimiento por conjuntos o componentes.

- 2. Lubricación e inspección del equipo
- 3. Servicios de generación y distribución
- 4. Reforma al equipo existente
- 5. Nuevas instalaciones de equipos

C. Administración de servicio

- a) Control de equipo
- b) Recuperación
- c) Control de personal, etc.
- d) Programas

MANTENIMIENTO PREVENTIVO:

Entendemos por "Mantenimiento Preventivo". Todas las operaciones de ajuste, comprobación, reemplazo de partes o conjuntos, lubricación y limpieza, que como rutina y a intervalos definidos, son necesarios para asegurar al usuario que la maquinaria y equipo que necesita están en condiciones apropiadas para su uso inmediato.

También se dice que "MANTENIMIENTO PREVENTIVO" es la serie de actividades cuyo fin es evitar el desgaste excesivo o prematuro que hacen necesarias las reparaciones costosas y originan los tiempos muertos.

Por lo anterior se deduce que el Mantenimiento Preventivo logra considerables ahorros y baja los costos de operación.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La característica principal de éste tipo de mantenimiento es-

que es teórico, es decir es la planeación del mantenimiento, - es más una filosofía que un método de trabajo; se basa fundamentalmente en detectar una falla antes de que suceda, para dar tiempo a corregir sin perjuicio al servicio.

Se basa en el análisis estadístico de vidas útiles, de piezas y conjuntos; el análisis físico de piezas de desgaste; el análisis de laboratorio y diagnóstico de campo.

Este mantenimiento predictivo nos proporciona: el Programa de Mantenimiento Preventivo; pronóstico de cambios y reposiciones; datos para el reemplazo económico. Esto significa pues que con el Mantenimiento Predictivo de aplicarse adecuadamente se han acabado los siguientes problemas:

- a) Sustituir en forma rutinaria partes costosas sólo para estar del lado seguro.
- b) Adivinar qué tiempo le quedan de vida a baleros, aislamientos, recipientes, engranes, motores, transmisiones, - etc.
- c) Suspender el servicio fuera del programa por fallas imprevistas.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Este es el mantenimiento realizado después de la falla, ya sea por síntomas claros y avanzados ó por falla total. Es el mantenimiento fuera de programa y origina cargas de trabajo - incontrolables que causan actividad intensa y lapsos sin trabajo; su ejecución inmediata es imperativa, es decir nos obliga al pago de horas extras, se interrumpe el servicio y la producción, hay necesidad de comprar todos los materiales en un momento dado. En resumen son las consecuencias lógicas -- cuando se sufre un accidente inesperado.

Esta forma de aplicar mantenimiento impide el diagnóstico - exacto de las causas que provocaron la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento de manejo, por tener que depender del reporte de una persona para proceder a la reparación, por desgaste natural, etc.

Son muchos los aspectos negativos que trae consigo éste sistema y sólo debe aplicarse como emergencia.

MANTENIMIENTO POR CONJUNTOS O COMPONENTES.

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

Este tipo de mantenimiento es el verdadero mantenimiento planeado o programado, cuando se cuenta con flotillas de maquinaria del mismo tipo y marca y debe coordinarse con un buen manejo de partes y reparaciones en taller.

Tiene además la ventaja de que pueden hacerse las reparaciones fuera de obra y con mucha anticipación. Igualmente permite hacer pedidos de partes anticipadamente y a máquina abierta, lo cual se traduce en economía y eficiencia.

Día a día, tiene más adeptos éste sistema en las grandes constructoras con la colaboración de los distribuidores de maquinaria y talleres especializados.

Los componentes de principal movimiento son:

Motores Diesel

Transmisiones hidráulicas (automáticos y semi-automáticos)

Embragues de dirección

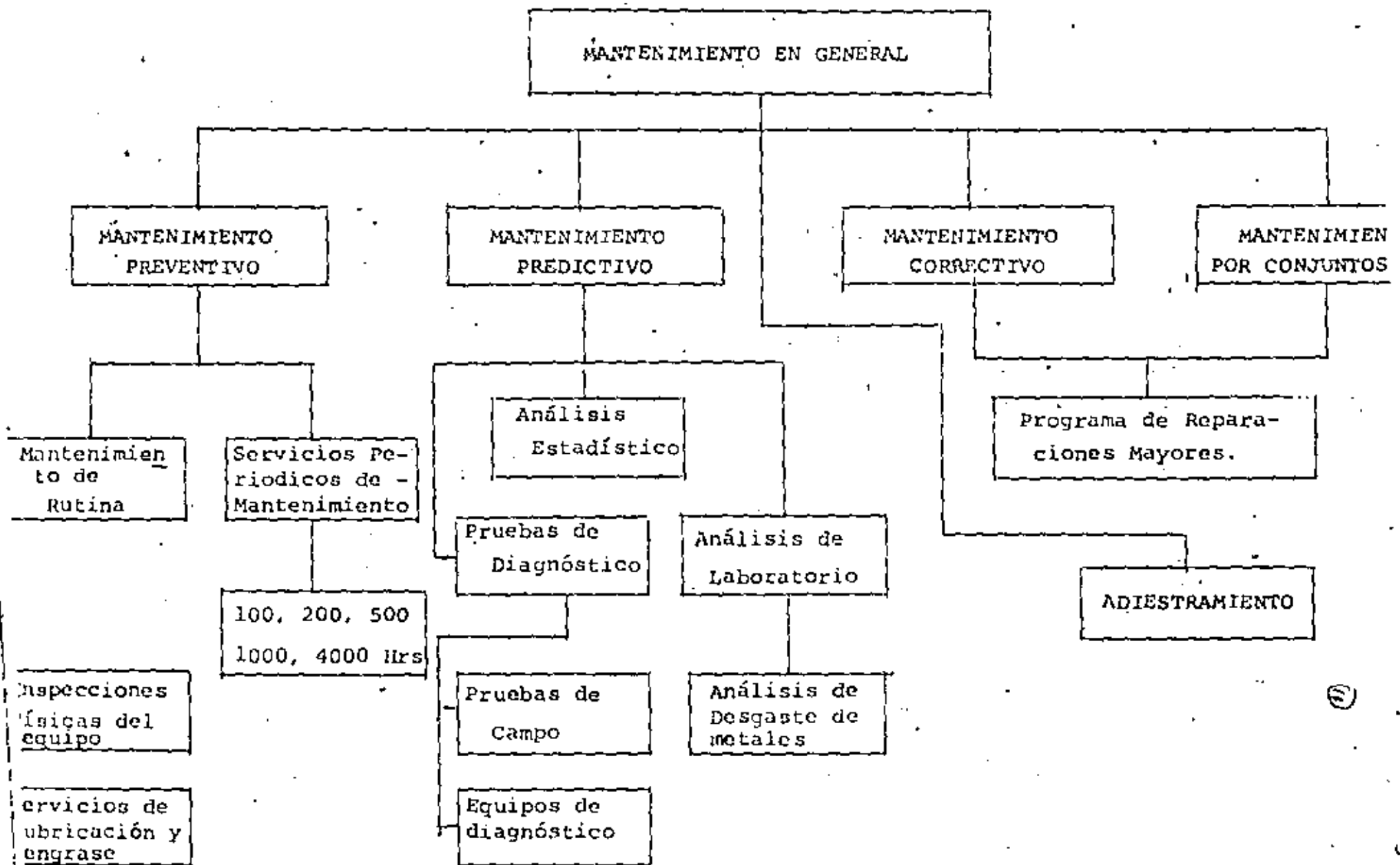
Motores de arranque (marchas)

Alternadores y Generadores, etc.

Objetivos de un Sistema de Mantenimiento.

Ya mencionamos que de las ventajas fundamentales del mantenimiento es aumentar la productividad, y es así el objetivo básico de la planeación del mantenimiento es decir maximizar la productividad, lo cual nos hace pensar en la relación producción-costos.

De modo que un sistema de mantenimiento orientado hacia este objetivo tratará de maximizar producción y minimizar costo.



MANTENIMIENTO EN GENERAL

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

MANTENIMIENTO POR CONJUNTOS

Mantenimiento de Rutina

Servicios Periódicos de Mantenimiento

100, 200, 500
1000, 4000 Hrs

Inspecciones físicas del equipo

Servicios de lubricación y engrase

Análisis Estadístico

Pruebas de Diagnóstico

Pruebas de Campo

Equipos de diagnóstico

Análisis de Laboratorio

Análisis de Desgaste de metales

Programa de Reparaciones Mayores.

ADIESTRAMIENTO

Métodos

Métodos de Mantenimiento Predictivo.

Ya mencionamos que para el Mantenimiento Predictivo se disponen de los siguientes métodos:

- Análisis Estadístico
- Análisis Físico
- Análisis de Laboratorio y Diagnóstico de Campo.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO. Este consiste en recopilar toda la información posible sobre el equipo e instalaciones que vamos a proteger. En nuestro caso queremos pensar en máquinas mayores para la construcción.

Si damos a la máquina-tractor la identificación como un sistema, mientras que sus diferentes conjuntos como motor, transmisión, mandos finales la identificación como subsistemas; es posible controlar y predecir estadísticamente la vida útil de cada uno de éstos conjuntos y se tratará de determinar las probabilidades de falla.

	Vida Promedio Nueva	Vida Promedio des pues de Manteni- miento Mayor.
Motor	6000	5000
Transmisión	6000	5000
Tránsito	3000*	3000
Mandos finales	6000	5000

* Reconstrucción Cadenas, Zapatas y rodillos.

Hemos tomado estos cuatro conjuntos básicos del tractor como ejemplo de las partes que requieren más atención del mantenimiento y se ha encontrado que en el caso del motor se tiene una vida promedio desde nueva de 6000 hrs. de trabajo; tiempo en que se realiza el cambio de éste conjunto o se procede a su reparación. Después de su reparación la vida promedio de éste motor es sobre 5000 hrs., tiempo en que nuevamente debe programarse su mantenimiento mayor ó reemplazo del conjunto.

Estas horas promedio en lo que se refiere al motor, transmisión y mandos finales son datos puramente estadísticos; lo cual nos obliga a hacer una reparación ó cambio de conjunto -

como parte del Mantenimiento Preventivo.

Pero no existe la seguridad de que en realidad ésta reparación o reemplazo sea necesaria en ese tiempo para cada máquina; es decir no sabemos el desgaste interno de sus piezas; posteriormente veremos que ya existe un sistema de análisis de laboratorio el cual eficazmente nos ayudará a predecir el tiempo -- exacto de reemplazo ó reparación.

En el caso del subsistema tránsito se ha encontrado que la vida promedio desde nuevo de éste conjunto es sobre 3000 hrs. -- Algunos reacondicionan después de las 3000 hrs. los tránsitos cambiando bujes, pernos y zapatas, y reconstruyendo las cadenas, y rodillos; los cuales después de reconstruídos tienen -- en conjunto una vida promedio de 2500 hrs.

ANALISIS FISICO. Este análisis nos ayuda a controlar la velocidad de desgaste de piezas y/o conjuntos mediante la medición directa de los mismos y así poder pronosticar su durabilidad. Así por ejemplo en nuestro caso podemos realizar -- esas mediciones directamente sobre los conjuntos de tránsitos y llantas del equipo móvil.

ANALISIS DE LABORATORIOS Y DIAGNOSTICOS DE CAMPO. Ya mencionamos para el caso de análisis estadísticos que es posible -- formar la estadística y probabilidades de desgaste y establecer vidas útiles promedios de piezas y conjuntos, sin embargo al llegarse el tiempo estadísticamente aceptado, no contamos con la certeza de que sea indispensable en ese momento realizar la reparación o cambio del conjunto.

Oportunamente algunos fabricantes de equipo pesado para la -- construcción han ideado un SERVICIO DE MUESTREO PERIODICO DEL LUBRICANTE, con el fin de preveer y minimizar las fallas de -- motores, transmisiones y mandos finales.

Así, gracias a éste exámen del interior de la máquina se podrán corregir las irregularidades antes de que se conviertan -- en problemas graves.

Algunas de las ventajas del muestreo periodico del lubricante son las siguientes:

1. Al obtener datos MAS EXACTOS sobre la condición del equipo se podrá decidir si deben comenzar una nueva obra con las máquinas en el estado en que se hallan.

- (17)
2. Advierte cualquier deficiencia en el mantenimiento. Es decir se puede estar haciendo algo erróneo en lo que tiene que ver con los cambios y el tipo de lubricantes a usar en el mencionado conjunto y consiguientemente, hacer las mejoras necesarias al sistema.
 3. Eleva la vida útil de los componentes, pues percibe los primeros indicios de desgaste excesivo. De modo que podemos programar un cambio inmediatamente y evitar paros en el servicio de la máquina; en caso contrario, aunque el análisis estadístico nos indique que ya es el tiempo de reparación pero el análisis de muestreo no detecta desgaste de consideración, entonces el componente sigue funcionando.
 4. Se pueden planear los períodos de inactividad basada en datos que revela la tasa de desgaste. Este a su vez tiene las siguientes ventajas:
 - a) Mayor disponibilidad de las máquinas y reducción de costos de posesión y operación.
 - b) Los costos de operación se mantienen bajos debido a que se pueden hacer las reparaciones antes de que hayan serios desperfectos.

Brevemente indicaremos la forma en que se efectúa el muestreo periódico del lubricante:

Cada pieza móvil de una máquina tiene un índice normal de desgaste, a medida que se desgastan los componentes, las partículas microscópicas de metal que no retienen los filtros se mezclan con el lubricante. La medición de la cantidad relativa de estas partículas microscópicas revela el índice de desgaste de la máquina. La cantidad relativa de estas partículas provenientes del desgaste es posible medirlas mediante un espectrofotómetro de absorción atómica, el cual se basa en el principio de que los átomos de cada elemento absorben luz tan sólo de una longitud de onda específica. El instrumento se regula para que emita y detecte luz de la longitud de onda de cada uno de los cinco elementos que se estudian: cobre, aluminio, hierro y silicio.

Se sitúa un quemador entre la fuente de luz y el dispositivo detector y, mediante un tubo, se somete la muestra a la acción de la llama y se produce la separación de los átomos.

(15)

Los átomos libres pasan al rayo de luz, y entonces se mide la luz que absorben. La cantidad de luz que absorben es proporcional al número de átomos en la llama, y esto depende, a su vez de la cantidad de cada uno de los elementos en la muestra del lubricante.

~~El hierro, generalmente revela desgaste en la bomba del lubricante, en el cigüeñal y en las cámaras de los cilindros.~~

El cromo muestra el desgaste de los anillos, de los pistones, de los cojinetes y en algunos motores, de los vástagos de las válvulas.

El cobre indica el desgaste de los cojinetes de empuje, la entrada del agua de los enfriadores y el desgaste de la transmisión, y de los discos de la dirección.

El aluminio indica el desgaste de los pistones ó de los cojinetes.

El silicio evalúa la entrada de tierra.

Dentro de los diagnósticos de campo uno de los más confiables ~~es la prueba de gota.~~ Esta prueba es una forma práctica para determinar el comportamiento de operación de un motor de combustión interna y también de establecer el período de cambio del aceite con el fin de obtener el rendimiento del mismo. Es decir tener un aceite y mantenerlo sin perder sus características propias como lubricante.

Esta prueba consiste sencillamente en obtener una muestra, -- después de equis horas de operación a partir del último cambio de aceite, se saca la bayoneta de medición y se deja caer una gota del aceite en el centro del papel especial.

Siempre se debe sacar la muestra con el motor operando, ó inmediatamente después que se haya parado. Es muy importante -- que al depositar la gota de aceite en el papel especial, éste esté sostenido por los extremos, sin ningún objeto de apoyo -- en la cara inferior, lo cual evitaría la absorción correcta -- de la gota.

Con ésta muestra podemos observar cuatro aspectos:

1. Si hay detergente en el aceite.

2. Acumulación de contaminantes en el aceite (16)
3. Dilución por combustible
4. El estado mecánico del motor.

La base de la evaluación de este tipo de prueba es la comparación de los resultados obtenidos en las pruebas anteriores -- del mismo tipo de aceite, y del mismo motor, contra los resultados de la prueba que se está efectuando.

Entre dos pruebas consecutivas que difieren grandemente entre sí, son aviso de que la operación es anormal y las causas de ésta deberán investigarse y corregirse de inmediato para evitar problemas posteriores.

Es difícil tratar de establecer una guía fija para las manchas de aceite obtenidas por la prueba de gota, ya que cada tipo de motor tiene características propias, aún dentro de la misma marca. Influyen también grandemente las condiciones -- del motor, el tipo de trabajo que está efectuando y los hábitos del operador.

Ventajas que se obtienen con la prueba de gota:

1. Una de las ventajas es que el Departamento de Mantenimiento puede llevar un registro de cada motor, así comparando la última prueba con pruebas anteriores, se puede determinar el estado mecánico en que se encuentra el motor pudiendo planear la revisión y/o reparación de los mecanismos con toda oportunidad.
2. Otra ventaja es establecer el control de períodos de cambio de aceite, cualesquiera que sean las condiciones de trabajo de la máquina.
3. También se determina si hay dilución en el aceite -- que se está utilizando para poder investigar las causas y corregirlas de inmediato.

GUIA PARA PROGRAMAR REPARACIONES MAYORES (HORAS-HOROMETRO)

	Vida Util	(1) Motor	(2) Tránsito	(3) Mandos Finales*	(4) Trans. Hid. 6 Hidrostá- ticas.	(5) Dif.	(6) Rec. Lev. y Viraje	(7) Otros	Nombre del Mecanismo.
Tractores de Orugas	12000 hrs.	6000	3000	6000	6000			6000	Sist. Hidrául
Tractores Ruedas	12000 "	6000		6000	6000	6000			
Cargadoras de Orugas	14000 "	6000	3500	6000	6000			6000	Sist. Hidrául:
Cargador S/Neumáticos	14000 "	6000		6000	6000	6000		6000	Sist. Hidrául:
Aplanadoras Estáticas	16000 "	7000			7000				
Compactadores Vibratorios	12000 "	6000			6000				
Motoconformadoras	14000 "	7000			7000			7000	Tándem
Grúas sobre Ruedas	14000 "	7000		7000	7000	7000	7000	7000	Sist. Hidrául
Excavadoras de Orugas	12000 "	6000	6000				6000	6000	Sist. Hidrául
Camiones Volteo Pesado	15000 "	5000		5000	5000	5000		5000	Sist. Hidrául
Motoescrapas autopropulsadas	15000	5000		5000	5000	5000		5000	Sist. Hidrául
Plantas Eléctricas	16000	8000						6000	Generador
Compresores Rotatorios	14000	7000						7000	Unidad Comp.
Compresores Recíprocantes	16000	8000						8000	Unidad Comp.

NOTA: Estas recomendaciones se hicieron considerando un uso normal del equipo, en condiciones extremas, la duración de los componentes se reducirá hasta en un 25%.

III.- TALLERES

(18)

I INTRODUCCION

Anteriormente se consideraba que el Taller era el lugar - en donde se llevaba a cabo un mantenimiento rudimentario - y las reparaciones obligadas por paro de maquinaria, era - un mal inevitable al cuál había que hacerle frente de la - manera menos costosa posible.

Por lo anterior, para escoger un Taller se seleccionaba - cualquier tipo de bodega, la que medio se adaptaba para - protegerse de las inclemencias del tiempo. En ella se - contaba con escasas herramientas de mano, por lo que los - mecánicos siempre tenían que recurrir a su ingenio para - poder llevar a cabo los trabajos más variados.

A medida que los adelantos técnicos han avanzado, mecani - zando en forma notoria los trabajos de construcción y per - mitiendo mayor volumen de obra, también han mejorado los - programas de servicio por parte de los proveedores y como - consecuencia natural, la mayoría de las empresas construc - toras se han dado cuenta de la importancia que tiene el - conservar sus equipos en condiciones de trabajo el mayor - tiempo posible, mediante un eficaz mantenimiento preventi - vo y reparaciones oportunas.

Las empresas constructoras actualmente están concientes - de que sus equipos necesitan atención ininterrumpida des - de el momento de su adquisición. Se puede decir que es - tán obligadas a disponer de instalaciones y sobre todo de - talleres apropiados y previamente estudiados, que resuel - van en cualquier circunstancia los problemas de maquina - ría en forma efectiva.

Para la reparación de la maquinaria, las empresas cons - tructoras normalmente se apoyan en tres tipos de talleres

- Talleres Centrales
- Talleres de Campo
- Talleres Externos (Ajenos a la Empresa)

TALLERES DE CAMPO

Podemos decir que existen dos tipos, que son:

- Talleres móviles
- Talleres Semipermanentes.

TALLERES MOVILES

(19)

Descripción.- Este tipo de talleres, son de gran ayuda en la conservación y mantenimiento del equipo.

Básicamente consiste en una adaptación de un vehículo a las necesidades propias de cada empresa, debe de estar dotado de las herramientas adecuadas e incluso llegar a disponer de --- equipos propios de un taller semi-permanente, puesto que de otra forma resultaría difícil transportarlos al sitio de operación de la máquina.

A continuación mencionamos los componentes de éstas unidades:

- 1 Vehículo
- 1 Planta luz 5 KVA
- 1 Equipo de oxiacetileno
- 1 Tornillo banco
- 1 Juego de autocle - 1-1/4 a 2-3/8 entrada 3/4
- 1 Juego de autocle - 3/8 a 1-1/4 - 1/2
- 1 Esmeril
- 1 Juego extractores mecánicos.
- 1 Taladro
- 1 Tablero de presiones (manómetro y vacuómetro)
- 1 Estretoscopio
- 1 Compresómetro
- 1 Juego de llaves de impacto
- 1 Garrucha
- 1 Banco de trabajo.

VENTAJAS DEL TALLER MOVIL

Elimina el inconveniente de trasladar el equipo averiado al taller más cercano.

Ahorro en tiempo y gastos de fletes, desplazamiento de personal, refacciones, etc.

La ejecución de su mantenimiento en el mismo lugar de operación es posible con su empleo.

Su instalación requiere del empleo de un vehículo de uso común como camión ó camioneta.

Puede operar a grandes y cortas distancias según sean las condiciones existentes.

Su uso es recomendable para todo tipo de equipos, pero en especial al montado sobre orugas.

Pueden ser empleados en varias ocasiones y obras.

TALLERES SEMIPERMANENTES

Descripción.- Son locales fijos que se adaptan con anticipa-

ción, de manera que no se podrá desalojar antes de terminar -
cierta etapa constructiva ó profijada de antemano.

Una vez terminada ésta, el taller semipermanente podrá trans-
ladarse a otra obra u otro frente de trabajo en donde propor-
cione atención a los equipos que lo requieran. Entre mayor -
sea la maquinaria pesada que requiera atención, mejor equipa-
do deberá estar, llegando a un momento que sean autosuficien-
tes para poder resolver los problemas ó reparaciones que se -
presenten.

También deberemos separarlo por áreas, siendo las siguientes:

- Lavado
- Reparaciones Diesel
- Reparaciones Gasolina Soldadura
- Electricidad
- Soldadura
- Engrase
- Pintura

Este tipo de talleres debe ser montado en donde se considere-
el centro geográfico, por así decirlo, de los diferentes - --
frentes de trabajo de la obra.

APLICACION DEL TALLER SEMIPERMANENTE.

Será en la concentración de los equipos en la realización de-
trabajo tales como presas, minas, bancos de materiales, plan-
tas de producción, etc. Mientras la movilidad influye en las
obras en que los equipos se puedan desplazar con facilidad, ó
bien de equipos montados sobre neumáticos.

Su labor se puede resumir en dos aspectos:

- a) Se puede dedicar a efectuar todo tipo de reparaciones a-
los equipos, ó bien reacondicionar los equipos..
- b) El mantenimiento en sí de los equipos que nos recomienda
el fabricante de los equipos en los períodos que por su-
experiencia ellos recomiendan.

En éste tipo de taller, cuando se dispone de un número consi-
derable de equipo en donde la Gerencia de una empresa demues-
tra si está ó no dando todo su apoyo a la conservación y man-
tenimiento de sus máquinas.

TALLERES EXTERNOS

(21)

Son todos aquellos talleres que existen en México y que no pertenecen a la Empresa.

Es importante conocerlos puesto que estos talleres auxilian a la empresa para reparar todo aquello que en los talleres propios no es posible atacar, ya sea por carecer de equipo para hacerlo ó por no tener suficiente capacidad en determinado momento.

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

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

IV.- CONTROL DE MANTENIMIENTO EN OBRA

El control de mantenimiento que se efectúa a la maquinaria y equipo de construcción en obra, tiene tanta ó más importancia que el mismo mantenimiento.

Tiene como objetivo, optimizar los recursos utilizados para llevar a cabo la función propia al mantenimiento; es decir, - que dichos recursos no sean malgastados. Teniendo en cuenta que se puede estar gastando por arriba o por debajo del nivel óptimo.

Siendo el mantenimiento indispensable para conservar en condiciones óptimas de trabajo a todas y cada una de las máquinas que se encuentran en Obra, se debe proceder a estudiar cómo - coordinar la producción con los períodos en que debe parar cada máquina.

Lo anterior se basa principalmente en el programa de la obra a ejecutar; programa que sirve a su vez para elaborar uno que relaciona el trabajo a realizar en cada área de la obra con el equipo adecuado para ejecutar dicho trabajo, este se denomina "Programa de Utilización" (Ver anexo de Formas de Control).

Este programa es afinado por el departamento de Maquinaria -- llegando a ser el Programa maestro de utilización. (Es el mismo programa de utilización, pero adecuado al equipo requerido en la obra).

Maquinaria se encarga de surtir el equipo programado en la fecha prevista; cuando exista algún cambio en los programas y se requiera otra máquina, se utilizará la forma "Solicitud de Equipo"

Para efectos de control, cualquier envío de maquinaria irá -- acompañado con la Forma de Envío, de Control de Calidad, de Avalúo de Llantas, y al ser recibida se formula la de Recepción de Equipo.

Todas éstas formas se envían a la obra destinataria, quedando se copia en la obra consignataria. (Obra ú Oficina Matriz, según sea el caso).

Cada máquina debe llegar a obra con sus documentos:

1. Bitácora de Mantenimiento, Catálogo de Partes y Manuales de Operación.

En caso de ser zona libre ó fronteriza:

2. Factura ó Pedimento Aduanal.

(23)

El control de Mantenimiento empieza al conocerse el plan general de la obra. Un paso importante constituye el tener el -- programa Maestro de Utilización, pero esto nada significa si no conocemos o sabemos a qué y a cuál equipo se le debe dar -- mantenimiento.

Cuando se conocen las condiciones de arriba a obra de una máquina, se pueden planear eficazmente los servicios y cambios de los elementos de desgaste, prevenir el mantenimiento correctivo menor, que según experiencia, sea necesario y programar el mantenimiento correctivo mayor que será efectuado en -- el Taller Central.

Este mantenimiento correctivo mayor es programado y discutido con Oficina Matríz para su aprobación (Programa de Reparaciones Mayores). La obra se encargará de utilizar bien la máquina hasta la fecha programada de su reparación mayor. Cual--- quier adelante a ésta fecha se considerará como responsabilidad de Obra.

Cuando se acerque la fecha de una reparación mayor, será solicitada a oficina matríz por medio de la forma correspondiente. La solicitud es tomada como una confirmación del envío a Taller Central de dicha máquina y será liquidada (uso de la reserva de mantenimiento).

Los conceptos que deben ser controlados exhaustivamente por -- Obra son el Mantenimiento Correctivo Menor (Taller Mecánico) -- y el Mantenimiento Preventivo. Dado que las reparaciones mayores son efectuadas en el Taller central no es tan importante su control por Obra.

Los conceptos anteriores, Taller Mecánico y Mantenimiento Preventivo, nos proporcionan la seguridad y continuidad en la -- producción de cada máquina.

Es importante hacer incapié sobre el punto de optimizar los -- esfuerzos, ya que si no se le dan importancia debida a estos -- conceptos, la obra puede sufrir de "Máquinas Paradas" y su -- costo respectivo.

Todos los costos en que se incurren son controlados en un -- "Cuaderno Mensual de Maquinaria" (Se anexa el Índice de dicho cuaderno).

CUADERNO MENSUAL DE MAQUINARIA C.P.CONTENIDOI. PROGRAMA DE UTILIZACION DE EQUIPO

- a) Solicitudes
- b) Rentas

II. REPORTE DE HORAS

- a) Trabajadas
- b) Reparación
- c) Ociosas

III. ANALISIS DE COSTOS HORARIOS DEL EQUIPO

NOTA: Favor de pasar los siguientes datos en el costo del taller.

- a) Operación (Obra de mano) *
- b) Consumos *
- c) Herramientas
- d) Equipo Auxiliar

IV. INVENTARIOS FISICOS DE MAQUINARIAV. REPARACIONES MAYORES : (CUADERNO RESUMEN) *

- a) Programas
- b) Solicitudes
- c) Liquidaciones

VI. REPORTES DE LABORATORIO, ANALISIS DE ACEITE *VII. ALMACEN DE REFACCIONES *

- a) Saldos Mensuales
- b) Pedidos pendientes
- c) Inventarios (cada 6 meses: Sep., Marzo, Septiembre)

VIII CONTROLES DE CALIDAD *

(25)

- a) Equipo enviado
- b) Equipo recibido

IX INFORMACION TECNICA FALTANTE *

- a) Catálogos y Manuales
- b) Bitácoras
- c) Varios

* Conceptos que son usados para controlar el manteni-
miento.

Fase importante es el mantenimiento preventivo, el cual tiene su mejor representación por las Camionetas de Mantenimiento.- Estas camionetas están equipadas con todo lo necesario para realizar un ajuste en el campo: herramienta, compresor de aire y planta de generación de energía eléctrica.

Se tienen además otros apoyos tales como el taller móvil, que es lo mismo que una camioneta de mantenimiento, pero con el espacio suficiente para reparar sobre el camión, ya que generalmente se utiliza un camión de plataforma para adaptarlo como taller móvil; y como las camionetas de engrase y lubricación las que efectúan su trabajo en el sitio en que se encuentran la máquina.

El Mantenimiento Predictivo resulta tan interesante o más que el preventivo, ya que se lleva a cabo con una tecnología más desarrollada.

Se tienen dos métodos para la realización de éste tipo de trabajo; el primero es el LABORATORIO DE DIAGNOSTICO en el cual se analizan los elementos en suspensión en los aceites lubricantes, mediante un Espectro-Fotómetro de absorción atómica, siendo necesarias las pruebas de dilución de combustible y agua y la viscosidad del aceite.

Por estas pruebas es posible predecir el grado de desgaste de una pieza determinada del conjunto al cual se analizó el aceite lubricante.

El otro renglón, lo forma el personal, el equipo y las camionetas de diagnóstico. El equipo está compuesto por una serie de aparatos montados en una camioneta con la que se va al lugar donde se encuentra trabajando una máquina y ahí mismo se le analizan sus presiones, temperaturas y otros factores que indican el estado general de la máquina.

Este tipo de gentes (Ingenieros y Mecánicos) elaboran un programa de atención a todas las obras y cuando se encuentran en la obra programada, en una fecha dada se juntan con los Ingenieros de obra para programar, máquina por máquina, la atención a ésta obra.

Cada máquina es analizada en su turno y se elabora un reporte de dicho análisis el cual, sirve para confirmar el estado físico y mecánico en que se encuentra cada máquina. Este reporte será información importante para los coordinadores de maquinaria, para los ingenieros de obra y para afirmar o desmentir el chequeo que se lleva a cabo por medio del análisis del aceite por el Laboratorio de Diagnóstico

Se anexan a continuación las formas utilizadas en el sistema del Control del Mantenimiento; además, ejemplos de Manuales de Operación, de Mantenimiento y de Catálogo de Partes.

Se anexa también una serie de diagramas que explican el funcionamiento del sistema siendo:

- | | |
|----------------|--|
| Diagrama No. 1 | Programación del Mantenimiento . |
| 2 | Control del Mantenimiento; Conceptos y-Relaciones |
| 3 | Formación del Cuaderno Mensual de Maqui-
naria. |
| 4 | Laboratorio de Diagnóstico |
| 5 | Diagnóstico por Aparatos-Camionetas |
| 6 | Las formas y sus relaciones. |

V.- BÍTACORAS DE MANTENIMIENTO

(28)

Las bitácoras de mantenimiento son cuadernos o libros de registro donde se anotan todos aquellos datos o información importante por cada máquina, cuyo objetivo es conocer las características, (Marca, Modelo, Serie, Tipo, Capacidad, Dimensiones, etc.) Servicios Efectuados, Incidentes de Operación o Mantenimiento, Síntomas, Horas Trabajadas, Tiempos de Ocio, Tiempos de Reparación y Observaciones Diversas.

La hoja de control de servicios, cubre la operación de un año como mínimo y nos sirve para registrar diariamente la lectura del horómetro y el tipo de servicio realizado.

La hoja de Control General de Horas por máquina por mes, muestra en sus columnas el nombre de la obra el mes, la lectura del Horómetro Inicial y Final, las horas trabajadas durante el mes, las acumuladas en obra y el total de las horas trabajadas.

Se incluyen Hojas para Servicios de Mantenimiento cada 100, - 500, 1000..... etc./Horas y en cada uno de los períodos señalados, se consignan las operaciones de revisión y ajuste por efectuar a cada mecanismo de la máquina.

Generalmente son las mismas operaciones que recomiendan los fabricantes pero algunos las modifican o adicionan con la información o estadísticas que posean experimentalmente. Por último se incluye una forma de Control Mensual que nos muestra en sus columnas las horas trabajadas por turno, horas totales y tiempos improductivos o perdidos, ya sea por reparaciones o en ocio por diferentes causas, que se anotarán en la columna de observaciones.

Todos los registros mencionados tienen como finalidad el control del mantenimiento, operación del equipo, calidad de fabricación de máquina, calidad de mano de obra y modificaciones necesarias, que podemos denominar como Objetivo Técnico. Además proporcionan datos sobre costo de mano de obra, materiales y refacciones involucradas en las distintas operaciones de mantenimiento que sirve para evaluar la ventaja o desventaja del sistema empleado, así como para estudios de rentabilidad, Costos de Operación, o Reposición del Equipo, esto último podemos llamarlo el Objetivo Económico. Existen cartas de mantenimiento ("Bitácoras"), para algunas máquinas que son proporcionadas por el mismo Fabricante; desgraciadamente, la mayoría están en Inglés o en el idioma del fabricante.

A N E X O
" B I T A C O R A "
D E
M A N T E N I M I E N T O

Por tal razón es necesario que la Gerencia de Maquinaria de la Empresa, en combinación con el fabricante o distribuidor de maquinaria correspondiente, elabore las Bitácoras de Mantenimiento adecuadas a su maquinaria, medio y tipo de control que necesite.

A continuación se da un ejemplo de una Bitácora de tipo general que se adapta a la mayoría de las máquinas de construcción. Para casos especiales, es mejor diseñar o utilizar cartas de mantenimiento específicas para el tipo de maquinaria en uso, (Tractores de Oruga, Motoescrapas, Malacates, Locomotoras, etc)

Algunas sugerencias especiales hemos de hacer referente a las Bitácoras de Mantenimiento.

- 1.- Deben poseer información actual y verdadera.
- 2.- Debe haber un responsable de la actualización uso y conservación de las mismas.
- 3.- Deben acompañar, siempre a cualquier máquina.

(Ver Anexo "Bitacora")

BITACORA DE

(31)

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

NUMERO ECONOMICO:

CARACTERISTICAS	MAQUINA	MOTOR	ADITAMENTOS
CLASE			
MARCA			
MODELO			
TIPO			
SEÑAL			
CAPACIDAD			
VELOCIDAD R.P.M.			
ANOS DE SERVICIO	CARGO _____	ANCHO _____	ALTO: _____ MTS.

PESO DE LA UNIDAD COMPLETA EN KGS.: _____

DEPTO. DE MANTENIMIENTO GENERAL

INSTRUCTIVO PARA LA APLICACION DE LAS
CARTAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

- 1.- "Reporte del operador" (forma MP 1): Este reporte debe contener el informe acerca del estado físico de la máquina y lectura de norómetro, datos indispensables para la realización del mantenimiento preventivo.
- 2.- "Control de Servicios" (forma MP2): El secretario encargado del Departamento de Mantenimiento Preventivo, en la obra deberá vaciar diariamente en esta hoja de Control, las lecturas de horómetros que contiene el "Reporte del Operador"

Con base en esta hoja de control, el secretario deberá formular el "Programa de Mantenimiento Preventivo" (forma MP 3), mismo que entregará al jefe de Maquinaria y al Jefe de Servicio, para su ejecución.

- 3.- "Programa Diario de Mantenimiento Preventivo" (forma MP 3): Como se dijo anteriormente esta hoja la formulará el secretario quien se encargará de ver con el Jefe de Servicio, que se lleve a cabo de acuerdo con la Carta de Mantenimiento correspondiente, la cual deberá ser llenada y firmada por el Jefe de Servicio y Vo. Bo. del Ing. de Mantenimiento correspondiente.
- 4.- "Carta de Mantenimiento" (El número de la forma varía de acuerdo con los tipos de máquinas a que corresponde).

En estas cartas se especifican todas las operaciones que es necesario realizar para darle a la máquina el Servicio que le corresponde.

A la derecha de cada hoja aparecen cuadros que deberán llenarse con la clave siguiente:

Servicio Ejecutado

Servicio NO Ejecutado (Anotaciones al Reverso)

El reverso de cada carta se deberá llenar con anotaciones importantes referidas al servicio efectuado, como por ejemplo: Medida de compresión del motor en los diferentes cilindros, puezas o partes que requieren cambio - ajuste o reparación, servicio que no se ejecutó y motivo o causa por lo que no se hizo, etc.

- 5.- "Control Mensual" (forma MP 4). Esta hoja deberá de --
llenarla el Secretario y prácticamente servirá como au- 33
xiliar en el mantenimiento.

SERVICIO DIARIO

(34)

- A.- Revisar Reporte del Operador
- B.- Motor
 - 1.- Revisar nivel de Aceite del Motor
 - 2.- Localizar fugas de aceite y corregir
 - 3.- Revisar temperatura de operación
 - 4.- Revisar tensión de las bandas.
- C.- Convertidor de Par y Transmisión
 - 1.- Revisar nivel de Aceite
 - 2.- Localizar fugas y corregir
 - 3.- Revisar temperatura y presión de operación
- D.- Sistema de Enfriamiento
 - 1.- Revisar mangueras y accesorios
 - 2.- Revisar nivel de agua
 - 3.- Revisar radiador y ventilador
- E.- Sistema de Combustible
 - 1.- Drenar tanque de combustible
 - 2.- Drenar filtros
 - 3.- Revisar y corregir fugas en el sistema
- F.- Sistema de Aire
 - 1.- Limpiar filtro de aire
 - 2.- Checar abrasaderas y apretar si se requiere
 - 3.- Revisar fugas de aire en el sistema
 - 4.- Checar indicador (vacuometro)
- G.- Sistema Eléctrico
 - 1.- Revisar nivel de agua en baterías
 - 2.- Revisar funcionamiento del sistema generador, indicadores, luces, alambrado, motor de arranque, etc.
- H.- Sistema Hidráulico
 - 1.- Revisar nivel de aceite
 - 2.- Revisar fugas en el sistema
 - 3.- Checar su funcionamiento.

I.- Motor Auxiliar, (Los que traigan) (35)

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

J.- Mandos Finales y Carriles

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

SERVICIO DE 100 HRS.

(36)

- A.- Revisar Reportes de Operación () () () ()
- B.- Motor
- 1.- Cambiar filtros y aceite () () () ()
 - 2.- Corregir fugas () () () ()
 - 3.- Lubrique baleros del ventilador () () () ()
- C.- Convertidor de par y Transmisión
- 1.- Checar nivel de aceite () () () ()
 - 2.- Cambiar filtros y aceite a las 300 Hrs. () () () ()
 - 3.- Revisar tapón magnético (ver si tiene rebaba) () () () ()
- D.- Sistemas de Aire
- 1.- Revisar condiciones de elementos () () () ()
 - 2.- Limpiar elementos () () () ()
 - 3.- Revisar mangueras y abrazaderas () () () ()
 - 4.- Checar funcionamiento del indicador () () () ()
- E.- Sistema de Combustible
- 1.- Cambiar elementos de combustible () () () ()
 - 2.- Localizar y corregir fugas () () () ()
 - 3.- Drenar tanque de combustible () () () ()
- F.- Sistema de Enfriamiento
- 1.- Revisar nivel de agua () () () ()
 - 2.- Checar el anticorrosivo (si se usa) () () () ()
 - 3.- Revisar y localizar fugas de agua en: radiador, mangueras y bomba () () () ()
 - 4.- Checar tensión de las bandas () () () ()
- G.- Sistema eléctrico
- 1.- Checar nivel de agua en las baterías () () () ()
 - 2.- Lavar y engrasar terminales () () () ()
 - 3.- Revisar generadores o alternador () () () ()
 - 4.- Checar funcionamiento del motor de arranque, (en caso de tener de este tipo) () () () ()

H.- Motor Auxiliar

(37)

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

I.- Sistema Hidráulico

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

J.- Tránsitos

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

K.- Varios

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

SERVICIO DE 500 HRS.

(38)

- 1.- Revisar reporte del operador. ()
- 2.- Lavar la unidad. ()
- 3.- Cambiar agua del radiador, localizar y corregir fugas en: radiador, bomba de agua, mangueras, etc. ()
- 4.- Lubricar baleros y soportes de ventiladores, revisar tensión de bandas y estado de las mismas reemplazarlas de ser necesario. ()
- 5.- Cambiar elementos de filtros de aire, revisar mangueras y apretar abrazaderas del sistema. ()
- 6.- Cambiar elementos de filtro de combustible, lavar tapones de los tanques, localizar y corregir fugas del mismo. ()
- 7.- Cambiar aceites y elementos de filtros del motor. ()
- 8.- Revisar nivel de agua en la batería, limpiar y engrasar terminales, revisar tensión de bandas del alternado o generador, baleros de los mismos, revisar funcionamiento de motor de arranque. ()
- 9.- Revisar y drenar aceite del convertidor de tensión lavar filtros magnético y metálico del mismo. ()
- 10.- Cambiar aceite de la transmisión y elemento de filtro del mismo, lavar respiradero, cedazo y tapones. ()
- 11.- Revisar tornillería, sellos y mangueras de la transmisión. ()
- 12.- Cambiar aceite de la toma de fuerza, revisar ajuste de la misma, lubricar palancas. ()
- 13.- Revisar embragues direccionales si son de plástico cambiarlos. ()
- 14.- Revisar aceite y elemento de filtro de mandos finales, reemplazar si es necesario. ()
- 15.- Revisar y corregir ajuste de frenos de ser necesario. ()

- (39)
- 16.- Revisar ajuste de embrague de la dirección ()
 - 17.- Revisar puente estabilizador, muelle y tacones ()
 - 18.- Revisar tornillos tensor del tránsito, ajuste de bandas del mismo; ajustar baleros de las catarinas de tránsito ()
 - 19.- Efectuar revisión general del tránsito, elaborar programa de reparación ()
 - 20.- Apretar tornillería y tolvas sueltas ()
 - 21.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar ()
 - 22.- Revisar ajuste del embrague del motor auxiliar ()
 - 23.- Calibrar bujías y platinos del motor auxiliar ()

(40)

SERVICIO DE 1000 HRS.

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

(41)

- 15.- Revisar luces y tablero de instrumentos, localizar cables y conexiones sueltas, reemplazar cables en mal estado. ()
- 16.- Revisar embragues direccionales, cambiar de ser necesario. ()
- 17.- Cambiar aceite y filtro de mandos finales. ()
- 18.- Revisar y corregir de ser necesario ajuste de frenos. ()
- 19.- Revisar ajuste del embrague de la dirección. ()
- 20.- Revisar físicamente puente estabilizador, muelle y tacones ()
- 21.- Revisar tornillo tensor del tránsito, ajustar baleros de las catarinas, revisar ajuste de las bandas del tránsito, formular informe del mismo. ()
- 22.- Revisar chasis, localizando y soldando fracturas, revisar equipo bulldozer y reparar lo necesario. ()
- 23.- Apretar tornillería y tolvas sueltas. ()
- 24.- Limpiar purificador de aire del motor auxiliar, revisar ajuste del embrague, ajustar y calibrar bujías y platinos en el mismo. ()

A) De Operaciones

Un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su control y evaluación.

Así es posible pensar en el Control de Operaciones con la ayuda de:

REPORTE DEL OPERADOR. Este reporte realizado diariamente debe incluir las horas trabajadas, los tiempos perdidos, - indicando sus causas; fallas presentadas, trabajo realizado y el frente de trabajo en que esté operando el equipo, indicándose el comportamiento de la máquina ante la adversidad de materiales que puedan hallarse.

Este reporte del operador a menudo se pasa por alto, no tanto en el hecho de que éste sea llenado, sino en que alguna observación que esta persona esté haciendo, no se le dé la atención que se merezca y entonces pierde su valor como detector de los problemas del equipo, ya que el operador mismo, quién al estar en contacto directo con la máquina puede escuchar ruidos anormales que deben ser analizados cuidadosamente por el Departamento de Mantenimiento y corregir el mal.

REPORTE DE PERSONAL DE MANTENIMIENTO Y PROGRAMACION DE SERVICIOS. Este reporte incluye el Programa de Servicio-Semanal, es decir, el programa en el que van fijadas las fechas ó tiempos previstos de iniciación y de terminación de actividades ó trabajo.

REPORTE DIARIO DE TRABAJO DEL PERSONAL MECANICO. Indicar los tiempos normales y tiempos extras dedicados a una ó varias máquinas durante el día.

REPORTE DE CONSUMO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO. Es la información que controla el personal de mantenimiento y que tiene que ver con lubricantes, combustibles, filtros, partes de desgaste, etc., indicando la máquina que haya consumido éstos.

B) De Costos.

La mayor partida de gastos de operación del equipo de mo-

Costo Total de Mantenimiento

(43)

$$\% \frac{\text{Costo de Mantenimiento del Equipo}}{\text{Costo de Reposición del Equipo}} \times 100$$

Este índice es indispensable para efectos de determinar el tiempo de reposición del equipo.

vimiento de tierra es el costo de mantenimiento y reparaciones.

Durante un período de ocho años se puede gastar una cantidad equivalente al 100% del precio de compra para mantener éste equipo; bajo condiciones severas, esta suma se puede llegar a gastar en sólo tres o cuatro años.

Sin embargo los costos para una máquina en particular pueden mostrar un patrón irregular. Este es el resultado de reparaciones mayores o reparaciones costosas de conjuntos tales como: carriles, motores y transmisiones, lo que ocasiona altos costos en el año en que ocurre. Por ésta razón es importante que los usuarios de maquinaria lleven un registro completo de los costos de cada máquina en particular.

Este control de costos es el elemento básico para operar cerca del nivel óptimo del mantenimiento.

Para llevar un buen control de costos es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

1. Unificación de Criterios. Con esto queremos decir que se necesita definir claramente los conceptos de los costos para poder clasificarlos; a menudo se confunde lo que puede ser un material de consumo con una refacción ó un material simplemente, ejemplo: Filtros, soldaduras, estopa.

El usuario será responsable de definir el criterio.

2. Diseño del sistema contable adecuado al tamaño de la obra. Esto fundamentalmente se aplica al diseño de los reportes ó formas para la integración de los costos, incluyendo los conceptos anteriores.

3. Reportes de Costos a diferentes niveles. El Departamento de Mantenimiento es quién llevará el Control de Costos por máquina, esta información deberá reportarse: Al Departamento de Maquinaria para sus juicios y evaluación del equipo, así como también poder realizar los reemplazos de una manera más tecnicada; al Departamento de Planeación de obras civiles para que éste pueda incluir los resultados de los costos horarios de las máquinas y proceder a los cálculos de costos de producción y considerar ésta información real para los presupuestos de la construcción de obras futuras.

Por último también debe enviarse estos reportes a la Gerencia, para que en función de la política de la compañía sea ésta quién haga los juicios finales en cuanto a la efectividad de los sistemas, tanto de mantenimiento como de utilización del equipo.

C) De Resultados.

Ya decíamos que un sistema de mantenimiento no es completo si no comprende un método para su evaluación; existen métodos empíricos y métodos racionales para la evaluación de un sistema: los primeros se basan en la observación del objetivo inmediato y los segundos en el objetivo básico.

Métodos Empíricos.

Estos métodos son recomendables, pues aquí lo más importante es revisar periódicamente el trabajo de mantenimiento para determinar el tiempo muerto del equipo, instalaciones, etc., comparándolo con el tiempo de utilización en ese período. Se puede agregar el costo de la mano de obra, el costo de materiales, el costo del tiempo muerto del personal de mantenimiento, el porcentaje del trabajo de emergencias en relación con el total.

El registro de los datos tales como tiempo muerto del equipo, tiempo de utilización, tiempo muerto del personal de los diversos departamentos, por causa de mantenimiento, etc., puede hacerse mediante TABLAS ó CUADROS, mediante GRAFICAS ó ambas cosas.

La técnica más eficaz para aplicar los métodos empíricos consiste en llevar el registro de lo indicado anteriormente en forma gráfica, las cuales, analizadas, permiten observar las tendencias y proporcionan información valiosa para la toma de decisiones.

La presentación gráfica tiene la ventaja, sobre la presentación en forma de cuadros, de la objetividad; los hechos o características importantes se advierten con mayor facilidad.

La evaluación del sistema de mantenimiento se hace por comparación es decir tomando como patrón determinado período del tiempo del pasado y midiendo con él los sucesivos períodos.

Cuando durante un período ciertas características del sistema de mantenimiento mejoran mientras que otras empeoran, como sucede generalmente, es necesario establecer un criterio para determinar si al final de cuentas el mantenimiento mejoró ó empeoró; dicho criterio debe ser económico, de carácter estimativo normalmente.

Métodos Racionales.

Este método es el comúnmente llamado Método de Índices, y a continuación daremos algunos de los cuales pueden ser representativos, indicando que algunas empresas han desarrollado sus propios índices:

Eficiencia Administrativa de Mantenimiento.

$$\% \quad \frac{\text{Horas-Hombre Extra}}{\text{Horas-Hombre Total}} \cdot x 100$$

Este índice fácilmente nos detecta la cantidad de tiempo-extra que estamos empleando en el mantenimiento.

Cobertura de Mantenimiento Preventivo

$$\% \quad \frac{\text{Horas empleadas en Mantenimiento Preventivo}}{\text{Horas totales de trabajo de la máquina}} \cdot x 100$$

Este nos informa el tiempo llevado en realizar el mantenimiento preventivo en relación con las horas de producción del equipo

Efectividad de Mantenimiento

$$\% \quad \frac{\text{Horas-Hombre en Mantenimiento Correctivo}}{\text{Horas-Hombre en Mantenimiento Preventivo}} \cdot x 100$$

Este índice refleja la cantidad de tiempo invertido en emergencias, en relación con el total de mantenimiento programado.

Costo de Mantenimiento Correctivo

$$\% \quad \frac{\text{Costo de Mantenimiento Correctivo}}{\text{Costo total de Mantenimiento (Predictivo + Preventivo + Correctivo)}} \cdot x 100$$

Aquí se observa lo que cuestan las emergencias en relación con el costo de mantenimiento.

VII.- PLANTILLAS BASICAS DE PERSONAL

(47),

Se entiende por plantilla básica de personal aquella compuesta por un grupo mínimo de personas cuya actividad y capacidad individual permita que la empresa logre sus objetivos primordiales.

Se entiende además que este personal sirve de base para conseguir y entrenar personal adicional de acuerdo con los requerimientos de trabajo.

En el caso de mantenimiento debemos contar con personal básico de:

1. Supervisión y control
2. Operadores de maquinaria
3. Mecánicos de taller. (Especialidades según se requiera).
4. Lubricación
5. Electricistas corriente continua y alterna
6. Soldadores
7. Mecánicos de campo (Mantenimiento Preventivo)

CLASIFICACIONES:

Es costumbre clasificar al personal calificado de mantenimiento de maquinaria de acuerdo a su especialidad, en la siguiente forma:

1. Superintendente de maquinaria o jefe de maquinaria
2. Intendente, sobrestante de maquinaria o supervisor
3. Mecánico "A" ó Universal
4. Mecánico "B" ó Especializado
5. Mecánico "C"
6. Ayudantes
7. Operador Universal en operador maestro
8. Operador de máquina específica
9. Ayudante.

DEFINICIONES:

1. El Superintendente de maquinaria es generalmente un Ingeniero Mecánico experimentado, cuyas funciones básicas son
 - a) Supervisión de mantenimiento y operación del equipo.
 - b) Administración de mantenimiento
 - c) Planeación de mantenimiento e instalaciones

(48)

- d) Selección de personal
- e) Capacitación del personal

2. Sobrestante ó Supervisor.- Es el contacto entre los operadores y mecánicos, así como con Sobrestantes de construcción y el Superintendente de maquinaria en obra.

Dirige, supervisa y auxilia en las reparaciones y mantenimiento del equipo generalmente es un mecánico especializado, con mucha experiencia, dotes administrativos y de liderazgo con el personal.

De la buena selección y preparación que se haga con ésta persona depende en mucho la eficiencia del equipo en una obra. Debe ser un técnico mecánico con conocimiento en motores diesel, eléctricos, neumáticos, transmisiones hidráulicas e hidrostáticas, plantas de trituración y asfalto, etc. Así como en operación básica de equipo pesado.

No debe ser reacio a programar su trabajo y debe saber elaborar informes y reportes al Superintendente.

3. Mecánico "A".- Un trabajador o empleado clasificado como "A", es aquella persona que está altamente capacitada y experimentada en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción o que cuando menos es especialista en mantenimiento, reparación de equipo de construcción y quien no necesita inmediata supervisión para el funcionamiento exitoso de sus deberes. Generalmente es una persona con más de 15 años de experiencia en el ramo y cuando menos 5 años en el campo, con la empresa actual.
4. Mecánico "B".- Es un mecánico diestro en el mantenimiento, reparación y reconstrucción de la mayoría de los equipos de construcción pero no en forma tan satisfactoria como el de clase "A". Generalmente no necesita supervisión en los trabajos de campo y cuenta con más de 5 años de entrenamiento y práctica en el campo.
5. Mecánico "C".- Es un mecánico técnicamente capaz pero que necesita mucha supervisión por su falta de experiencia.
6. Ayudante.- Puede ser un estudiante de alguna especialidad a fin, o recién egresado de una escuela técnica. Como su nombre lo indica ayudará en todas las labores de lim-

pieza, desensamble, suministro de piezas y armado a los -
mecánicos experimentados que así lo requieran.

NOTA: En las especialidades de electricidad, soldadura
equipos neumáticos, gasolina, etc.

Se puede usar el mismo criterio de calificación.

(50)

CURSO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

50

" D I S C U L P A S "

Noviembre de 1977.

Ing. José R. Lozano

" D I S C U L P A S "

(51)

=====

Desde que se comenzó a utilizar equipo para la construcción, se ha establecido que la correcta conservación de ese equipo marca la diferencia entre el éxito y el fracaso de una empresa. Ésta premisa es particularmente cierta en ésta época en que los precios de los equipos y sus refacciones se elevan día con día en forma y proporciones que nunca llegamos a imaginar en efecto, en el año de 1972 un tractor Caterpillar D8H equipado con cuchilla recta y desgarrador de un diente valía -- \$ 990,000.00 mientras que al 20 de diciembre del año pasado se nos cotizó un tractor D8K con los mismos equipos en -- \$ 3'788,000.00; es decir que en algo menos de cinco años el valor de la máquina aumentó en un trescientos por ciento.

Se me dirá, especialmente si entre el auditorio se encuentra algún vendedor de maquinaria, que no estoy haciendo una comparación correcta ya que no se trata de dos máquinas iguales, puesto que el tractor D8K tiene 30 caballos de fuerza más que el D8H, pesa una tonelada y media más y está equipado con cariles lubricados; sin embargo, la diferencia en potencia y productividad de la máquina nueva no es suficiente para compensar las grandes diferencias en costo de operación pues además de la diferencia en precio, de cinco años a la fecha el salario mínimo y por consiguiente los salarios de los operados, han aumentado en un 160% y el precio de combustibles, lubricantes y en general todo el material de consumo y refacciones há aumentado también muy considerablemente de manera que para que las mejoras de los nuevos modelos llegaran a compensar esas alzas en los costos de operación, sería necesario -- que dichos modelos fueran dos o más veces más eficientes que los modelos de hace cinco años, cosa que desde luego sabemos que no sucede; así pues, para desempeñar un determinado trabajo necesitamos ahora desembolsar dos ó tres veces más que hace cinco años.

No tenemos a la vista nada que nos haga pensar en un cambio de ésta situación; por el contrario, la grave escasez de energéticos y la carencia de materias primas que el mundo está padeciendo no puede dejar otra alternativa que nuevos y mayores aumentos en los precios y en consecuencia no tenemos otro camino que el tratar de compensar tales alzas sacando mayor provecho de nuestros actuales equipos buscando que se conserven en perfecto estado de trabajo por más tiempo, con menos paralizaciones, menor consumo de refacciones y menos desperdicios que tanto inciden en los costos.

En términos generales y como promedio podemos pensar que en la mayoría de los trabajos de construcción pesada, por cada peso de obra estimada, de ochenta a ochenta y cinco centavos se hicieron con equipo y solamente de quince a veinte centavos se hicieron con mano de obra y materiales de construcción. Ante todas éstas consideraciones nos preguntamos ¿A quién corresponde vigilar que a las máquinas se les dé el debido mantenimiento y se operen en forma correcta para aumentar su rendimiento, disminuir paralizaciones, incrementar el tiempo de vida útil y conseguir costos de operación más bajos?

Indiscutiblemente que es en el Superintendente de la obra en quién recae la total responsabilidad de ese cuidado y mantenimiento puesto que si es el equipo la herramienta que le permite ejecutar del 80 al 85% de su trabajo, también debe ser el equipo quién absorba la mayoría de sus cuidados y atenciones, sin embargo, harto frecuente es encontrarnos con Superintendentes "de oficina" que no salen al campo y que si alguna vez lo hacen es tan solo para observar el avance de alguna cuadrilla de albañiles ejecutando obras secundarias que no le representarán nada en los resultados de la obra ¿Cuál puede ser la causa de que nuestros Superintendentes actúen en una forma tan absurda...? . Simplemente el desconocimiento total del equipo que tienen en las manos, no lo conocen, no lo entienden y por consiguiente jamás se acercan a él y procuran evitarlo dejando su manejo y cuidado en manos del sobrestante, mecánicos y engrasadores que no solamente abandonan su mantenimiento sino que incluso lo operan en forma incorrecta acelerando su destrucción.

Esó sí, es denominador común de todos esos Superintendentes -pretender justificarse a base de muy usadas y sabidas "Disculpas".

Si preguntamos la razón por la que una máquina está trabajando tirando el agua del radiador se nos responde de inmediato: "La vamos a arreglar el domingo." tengo establecido el sistema de hacer los servicios de mantenimiento los domingos por que así no se pierde tiempo de trabajo... obviamente ese Superintendente es un iluso si piensa de veras que su mecánico, después de haber trabajado toda la semana va a poder ejecutar las debidas labores, de mantenimiento a toda una flotilla de máquinas en la mañana del domingo y auxiliado solamente por dos o tres ayudantes ignorantes y las más de las veces crudos y desvelados, naturalmente que no puede ni siquiera cambiarles aceite y filtros mucho menos corregir fallas que en la mayoría de las veces ni siquiera le reportan, así que aquella máquina que vimos tirando el agua del radiador habrá de seguir

igual no por unos días como el Superintendente supuso sino - por varias semanas, al estar roto el radiador el sistema de enfriamiento no puede trabajar a mayor presión que la atmosférica, en consecuencia el agua hervirá y se convertirá en vapor que se aloja en las partes altas de las cámaras de enfriamiento formando trampas hidráulicas que impiden la correcta circulación del refrigerante y dando lugar a puntos calientes que acaban por provocar la rotura de las cabezas, es entonces cuando forzosamente habrá que parar la máquina y arreglarla - con todo el disgusto del Superintendente que nos dirá indignado "Todas las máquinas que me mandan son viejas y se descomponen a cada rato...".

Otras veces las máquinas resultan muy aguantadoras y duran mucho tiempo trabajando en adversas condiciones sin "tronarse", el operador se acostumbra a esa situación y simplemente se limita a estar reponiendo el agua perdida "cuando se acuerda" y lo hace utilizando del agua disponible, el charco más cercano aguas sucias, cargadas de sales atacan las camisas y paredes de las cámaras de enfriamiento, además las burbujas de aire contenido en el refrigerante golpean las partes atacadas desprendiendo las costras de óxido hasta la perforación total de la camisa o paredes del block... la reparación es todo un ajuste completo de motor que además de lo muy costoso mantendrá paralizada la máquina quizás por mucho tiempo pues es muy probable que el distribuidor local no tenga todas las piezas requeridas y se necesite importarlas.

Si observamos que la rueda guía o la catarina de un tractor se están gastando incorrectamente y preguntamos "al Superintendente la causa por la que no ha ordenado que se corrija el desalineamiento de los carriles de la máquina nos contestará: No hemos podido revisar la máquina porque ha habido muchísimo trabajo"... es necesario terminar tal parte para cerrar la estimación... pasa el tiempo, se terminan las obras que se requerían y se ejecutan muchas otras sin que nadie se vuelva a acordar del estado en que estaba trabajando aquella máquina - hasta que llega el momento en que se revienta un eslabón de la cadena y la máquina se desbanda... entonces nos damos cuenta de que al trabajar la máquina desalineada se provocaron fricciones extraordinarias y desgastes imprevistos que dieron por resultado la total destrucción de cadena, rodillos, guía y catarina... algo que también habrá de encender la furia del Superintendente al enterarse del costo de reposición de tales piezas tal vez cercano al medio millón de pesos.

Si preguntamos la causa por la que no se ha repuesto la toiva protectora del tornillo tensor de un tractor se nos dirá que-

Como ya se está acabando la obra ya se cortó el personal" y (54)
 por eso no há sido posible hacer esa tolva... es casi seguro
 que esta disculpa provenga de la misma persona que meses an-
 tes, cuando la obra estaba en plena actividad nos argumento -
 la anterior... cuando la obra está en ebullición no queremos
 parar las máquinas ni un solo minuto para atenderlas y cuando
 ya ha llegado la calma e ya se cortó al personal o ya no hay
 dinero y lo único cierto es que a las máquinas nunca se las
 atiende porque el Superintendente no entiende que toda máqui-
 na debe ser objeto de determinadas atenciones mínimas y jamás
 está dispuesto a proporcionárselas; si en ese tornillo tensor
 llega a acuñarse alguna piedra que impida su libre movimiento
 es muy probable que tengamos que padecer la rotura de la cade-
 na, de la rueda guía o de los mecanismos del mando final, lo-
 que dará pie para que el Superintendente vuelva a trinar con-
 tra las máquinas "viejas" que le han mandado.

¿Por qué no se han mandado apretar los tornillos de las zapa-
 tas de esa máquina?... es que "mi obra es muy chica" y no aguan-
 ta tener un mecánico que la atiende"... le voy a pedir al ope-
 rador que él apriete esos tornillos, ... pero el operador ni
 tiene la herramienta necesaria ni tiene idea de cómo y qué --
 tanto debe de apretar esos tornillos que vuelven a aflojarse-
 abocardando los agujeros de la cadena y de la zapata e inutil-
 izándolas... Nada hay más falso que ésta disculpa "mi obra -
 es muy chica"... si se decidió enviar equipo a una obra es -
 porque resulta más económico ejecutar el trabajo con máquinas
 que a mano y el costo de operación de una máquina incluye, --
 desde luego, su mantenimiento o sea los salarios del personal
 encargado de ejecutarlo y los materiales de consumo y refac-
 ciones requeridos... bien triste será la actuación de un Su-
 perintendente que pretenda obtener utilidades a base de negar
 el mantenimiento a su equipo, no obtendrá tales utilidades y-
 si en cambio se acabará torpemente el equipo que se puso a su
 cuidado.

Se observan en la obra máquinas trabajando sin el tapón del
 depósito de combustible y al preguntar la causa se nos infor-
 ma "apenas se perdió en el turno de anoche" y si dos sema-
 nas después volvemos a la obra todavía encontramos esa máqui-
 na trabajando sin tapón porque el Superintendente considera -
 que no es necesario gastar dinero en algo cuya carencia no im-
 pide que la máquina trabaje... no entiende que la falta de --
 ese tapón puede dar lugar a que entre polvo y contamine el --
 combustible, provocando fallas y descomposturas del sistema -
 de inyección muchísimo más costosas que el tapón cuyo costo -
 se pretendió economizar.

Enseñar desde las aulas a los futuros Superintendentes habrá- (5)
de redondear y complementar la magnífica labor de la comisión
de Capacitación y se traducirá en un aumento notable de la --
productividad y desde luego de la remuneración y bienestar de
todo el personal ligado al equipo.

"No lo arreglamos porque sólo iba a trabajar un par de días". sin embargo el trabajo se alargó más de lo previsto y ahora - nos damos cuenta de que el no haber colocado a tiempo un dién - te del bote de un cargador frontal provocó la caída de otros - dientes y la total destrucción del labio y adaptadores, una - intervención a tiempo hubiera costado bien poco dinero y se - hubiera realizado en cinco minutos el no haberlo hecho reque - rirá ahora de mucho tiempo y alto costo para rehacer totalmen - te el bote.

"La máquina está sucia porque no nos han surtido estopas pero siempre se le hacen los servicios de mantenimiento indicados" desgraciadamente este razonamiento es totalmente falso, no es posible que una máquina que a la distancia se ve sucia esté - siendo atendida; una máquina no se ensucia de un día para - - otro, primero, estando originalmente limpia, aparece una pri - mera fuga, si hay mantenimiento, el encargado de llevarlo a - cabo corregirá la causa de la fuga y limpiará la parte sucia, labor que le demandará quizás quince minutos o media hora pe - ro si no hay mantenimiento, si nadie ve la falla, a la vuelta de ocho días toda la máquina estará totalmente sucia y ni si - quiera será fácil distinguir por donde está la fuga.

Al observar una motoescrepa trabajando con un llanta sensible - mente baja preguntamos si se han verificado presiones encon - trando que el operador no tiene medidor de aire y el Superin - tendente nos explica: "esos medidores son muy caros y no se - les puede dar a todo mundo... en el almacén tenemos uno"... - efectivamente, el costo de ese medidor de presión de aire os - cila entre ciento cincuenta y doscientos pesos, cifra que el - Superintendente le parece muy elevada mas no así los cincuen - ta y ocho mil pesos que vale una llanta de esa medida y que - se destruirá al rodarse baja, el total desconocimiento del - equipo que está manejando hace que ese Superintendente actúe - en forma tan absurda.

Las máquinas estacionarias constituyen un problema todavía ma - yor que aquellas que se desplazan debido a que el Superinten - dente considera que las primeras pueden ser operadas por cual - quier persona; no se mueven; no hay por consiguiente peligro - de colisiones o vuelcos, no es posible atropellar a nadie y - en consecuencia el operador no necesita experiencia ni conoci - miento; no tiene que hacer nada... solo vigilar la máquina"... y manda como operador de compresor a una persona totalmente - ignorante y como nadie se preocupa por darle instrucciones de - tallaadas de lo que tiene que hacer y atender simplemente lo - encontramos junto a la máquina en calidad de "velador"... por

supuesto que esa persona no se dará cuenta de ninguna falla - (57)
de la máquina y como además a ésta se le han desconectado los
dispositivos de seguridad porque: dan mucha lata"... cuando -
menos lo esperemos habremos de enfrentarnos a una seria des--
compostura que el Superintendente achacará a que "ya las má--
quinas están muy trabajadas"...

Todos los que nos encontramos en contacto con el equipo escu--
chamos constantemente éstas y muchas otras "Disculpas" que --
nuestros Superintendentes nos ofrecen tratando de justificar--
el abandono en que tienen las máquinas a su cargo, sin embar--
go su actitud, si no se justifica, cuando menos si se explica
ya que nunca nadie les há hablado de lo que es una máquina, --
cómo funciona, cuáles sus ventajas y limitaciones, cuales las
condiciones en que son más eficientes y cuales las hacen in--
costeables, que cuidados requieren y como pueden variar los -
costos al aumentar o disminuir las paralizaciones; al cambiar
el coeficiente de eficiencia en la operación y al variar el -
tiempo de vida útil de una máquina.

La gran mayoría de los equipos que utilizamos en la construc--
ción son de importación y en consecuencia la adquisición tanto
de la máquina como de sus refacciones repercute adversamen--
te en nuestra balanza, por ello es obligatorio que a toda cos--
ta tratemos de aumentar la productividad de esos equipos y pa--
ra lograrlo no creo que exista otro camino que la capacitación
del personal encargado de operar y conservar esos equipos.

Ya se há dado el primer paso, la Cámara Nacional de la Indus--
tria de la Construcción con la Asociación Mexicana de Distri--
buidores de Maquinaria, A.C.; han iniciado conjuntamente un -
programa de capacitación para mecánicos y operadores de maqui--
naria de construcción a través de la "Comisión de Capacita--
ción para Operación y Mantenimiento de Maquinaria" mediante -
dicho programa hábilmente dirigido por el Sr. Ing. Vicente --
Saisó Sempere, se espera mejorar notablemente el promedio de--
conocimientos del personal de maquinaria en todos los niveles
pero dado que mientras que el Superintendente de construcción
no esté convencido de la necesidad de atender sus máquinas po--
co podrán hacer los mecánicos y demás personal a sus órdenes,
quiero decir, que en el Décimo Primer Congreso Mexicano de la
Industria de la Construcción, solicité, que dentro de sus con--
clusiones finales se incluyera el solicitar y obtener de las
Autoridades Universitarias que en los planes de estudio de --
las carreras de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica se in--
cluya, como materia obligatoria, la "operación y Mantenimien--
to del Equipo de Construcción"



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

ING. ERNESTO MENDOZA SANCHEZ

JUNIO, 1984

REEMPLAZO ECONOMICO DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

Ing. Ernesto Mendoza Sánchez.

INTRODUCCION

La reposición o reemplazo de maquinaria en el momento económicamente oportuno, es uno de los problemas con que invariablemente se enfrentan las dependencias oficiales y empresas privadas poseedoras de equipo.

Sin lugar a dudas, la tendencia general de los propietarios de maquinaria, es reemplazarla en función de una serie de circunstancias que, la mayoría de las veces, nada tiene que ver con un estudio cuidadoso sobre la determinación del momento óptimo de reemplazo.

La iniciación de un nuevo trabajo, las oportunidades que se presentan en el mercado de maquinaria y el tener capital extra disponible, son algunos de los factores que pueden influir para que un propietario decida reemplazar el equipo que posee; esto ocasiona, en la mayoría de los casos, una pérdida en la inversión, por reemplazar el equipo antes de haber alcanzado la recuperación máxima. Por otra parte, una política contraria a la anterior; retener la máquina por tiempo indefinido, evidentemente conllevará gastos excesivos de mantenimiento. El problema de reemplazo de equipo ante estas dos

posibilidades, deberá enfocarse hacia la determinación de un punto de equilibrio, donde los costos acumulados sean mínimos ó donde el rendimiento de la inversión sea máxima tomando en consideración la influencia que tienen todos los factores que intervienen durante la vida económica de la maquinaria.

COSTOS

Si, como hemos señalado, un procedimiento para la determinación del tiempo óptimo de reemplazo está en función de los costos que se van teniendo a lo largo de la vida útil del equipo, será fundamental implementar un mecanismo mediante el cual podamos tener la información relacionada con cada una de las máquinas, directamente de la obra.

El establecimiento de un sistema de información de costos, adecuado al tamaño y tipo de la empresa, redundará en análisis de costos muy provechosos: las bitácoras del equipo, el tener formatos estandarizados y fáciles de llenar, adecuados a cada uno de los niveles que manejan la información, desde su inicio hasta los niveles gerenciales y de dirección, son algunos de los elementos que coadyuvarán a tener un registro completo y fidedigno de los costos, asociados a cada una de las máquinas ó grupos de máquinas que la empresa posee.

Una vez integrado el banco de información con los datos de las máquinas, podemos aplicar los métodos que se ejemplifican más adelante y tener con ello un punto de referencia más

concreto que oriente nuestra toma de decisión en relación con el reemplazo de equipo.

Los costos que se generan en obra, conviene clasificarlos de la siguiente manera:

- 2.1 Operación
- 2.2 Consumos,
- 2.3 Mantenimiento menor
- 2.4 Rentas
- 2.5 Llantas
- 2.6 Taller mecánico

2.1 Operación.- Es el costo total derivado de las erogaciones que se hacen por concepto de pago de salarios al personal encargado de la operación de las máquinas. Se determina en base a la listas de raya, identificando a los operadores y ayudantes directamente encargados de cada máquina.

2.2 Consumos.- Son las erogaciones realizadas por concepto de combustibles, lubricantes, filtros y elementos de desgaste de sustitución frecuente como son cuchillas, gavilanes, tornillos, tuercas, etc. Se determina en base al reporte de cargos que acumula mensualmente el almacén en función de los vales de salida.

2.3 Mantenimiento Menor.- Son los costos ocasionados por materiales, refacciones, mano de obra y equipo auxiliar, necesarios para llevar a cabo todas las operaciones de rutina, servicios y mantenimiento que se requieren para conservar en condiciones de trabajo a las máquinas durante su vida útil, y que no están considerados en el punto anterior. Se determinan en la misma forma que los consumos, teniendo

cuidado en la formulación de los vales, para asegurarlos con la máquina correcta y evitar errores en los cargos.

2.4 Rentas.- Son los costos derivados de los conceptos de depreciación, inversión, obsolescencia y reposición del equipo, más los correspondientes al mantenimiento mayor o correctivo, expresados como porcentaje de la depreciación. Se determinan en base a los cargos por rentas estimadas en las oficinas centrales, a las horas de trabajo reportadas para cada equipo mayor y en base al equipo menor y vehículos existentes en obras, según inventario físico.

2.5 Llantas.- Es el costo debido a la disminución del valor original de las llantas como consecuencia del uso, más los cargos por las refacciones, materiales y equipo auxiliar necesario para hacer las reparaciones de las llantas (cámaras, válvulas, corbatas, birlos). Se determina de acuerdo al reporte de horas trabajadas mensualmente por cada equipo mayor, agregándosele los costos de operación, que se reciben como cargos en las pólizas del almacén que contabiliza los vales de salida correspondientes.

2.6 Taller Mecánico.- Los costos originados por este concepto, conviene desglosarlos en: mano de obra, equipo auxiliar y herramientas y mantenimiento.

El costo de mano de obra incluye el personal que trabaja en el taller de maquinaria y cuyo sueldo no puede cargarse directamente a ninguna máquina. Se determina en la misma forma que el costo de operación, y no incluye gastos generales como son salarios de ingenieros mecánicos y auxiliares de maquinaria.

El segundo grupo, incluye los costos originados por rentas de equipo auxiliar, refacciones, materiales, combustibles y lubricantes necesarios para mantener en condiciones de trabajo el equipo auxiliar y vehículos al servicio del taller mecánico, más la amortización de la herramienta al servicio del taller.

Finalmente, debemos tomar en cuenta el costo de los materiales diversos que no pueden cargarse a las máquinas y que son para el servicio del taller. Se obtienen directamente de los reportes de consumos utilizados por el taller de la obra.

Ante la dificultad de asignar con toda exactitud el costo del taller mecánico a cada una de las máquinas que atiende, debe buscarse la manera de prorratearlo; una manera de hacerlo es la siguiente: tomando como base de prorrateo el porcentaje del personal del taller mecánico que se encuentra al servicio de equipo menor y vehículos, se divide el costo total en dos partes: una correspondiente a todo el equipo menor y vehículos, y la restante a todo el equipo mayor. El costo aplicable a su vez al equipo mayor se prorratea entre cada máquina tomando como base su costo horario; esto es, se divide el costo horario de cada máquina entre la suma de los costos horarios de todas las máquinas mayores para obtener el factor de prorrateo. Este factor se multiplica en cada caso por el costo aplicable al equipo mayor, obteniendo el costo mensual que por concepto de taller mecánico le corresponde a cada máquina. En forma similar, se debe asignar la parte proporcional que corresponde al equipo menor.

Los costos anteriormente descritos, tratados a nivel obra, se integran en la empresa para los efectos de análisis de reemplazo de equipo, de la siguiente manera:

COSTOS A NIVEL DE OBRA

COSTOS A NIVEL DE EMPI

OPERACION	}	
CONSUMOS		
MANTENIMIENTO MENOR		MANTENIMIENTO TOTAL
LLANTAS		
TALLER MECANICO		
		MANTENIMIENTO MAYOR
RENTAS	}	DEPRECIACION
		COSTO DE CAPITAL
		INNOVACIONES TECNOLOGICAS
		EQUIPO IMPRODUCTIVO PARADO
		DEPRECIACION
		INVERSION
		OBSOLESCENCIA
		MAQUINA PARADA

METODOS UTILIZADOS

EN EL REEMPLAZO DE EQUIPO

Se presentan a continuación los métodos de análisis frecuente utilizados, haciendo usos de ejemplos de aplicación ellos, por simplificar, utilizaremos exclusivamente los costos de depreciación y mantenimiento; involucrando, posteriormente, los factores restantes: inversión, obsolescencia y quina parada.

METODO DE COMPARACION SIMPLE

Se utiliza en el caso, muy particular, que se presenta cuando nos enfrentamos a la alternativa de invertir una cantidad importante en mantenimiento correctivo para que una máquina siga trabajando, venderla y adquirir una nueva que ejecute el trabajo.

Se ilustra a través del siguiente ejemplo:

DURACION DEL TRABAJO POR EJECUTAR	1 año
MAQUINA USADA	
Costos del mantenimiento mayor	\$ 200,000
Mantenimiento preventivo mensual	50,000
Valor de rescate actual	210,000
Valor de rescate al final del trabajo	130,000

MAQUINA NUEVA	
Valor de adquisición	\$ 800,000
Mantenimiento preventivo mensual	35,000
Valor de rescate al final del trabajo	400,000

SOLUCION

ALTERNATIVA DE CONSERVAR LA MAQUINA USADA

$$\begin{aligned} \text{COSTO MAQUINA USADA} &= 200,000 + 50,000 \times 12 - 130,000 \\ &= 200,000 + 600,000 - 130,000 = 670,000 \end{aligned}$$

ALTERNATIVA DE COMPRAR MAQUINA NUEVA

$$\begin{aligned} \text{COSTO MAQUINA NUEVA} &= (800,000 - 210,000) + 35,000 \times 12 - 400,000 \\ &= 590,000 + 420,000 - 400,000 = 610,000 \end{aligned}$$

La alternativa de comprar una máquina nueva tiene costo menor y por lo tanto es la económicamente más adecuada; sin embargo, debemos observar que la diferencia entre una y otra alternativas es realmente poca, por lo que quizá fuesen otros factores, inherentes a la situación económica y políticas de la empresa o del propietario, los que determinarán la decisión final.

METODO DE LOS COSTOS PROMEDIOS ACUMULADOS

Supongamos que somos propietarios de un camión que costó \$800,000.00 y deseamos determinar el tiempo óptimo de reposición; o sea, al cabo de cuantos años habremos de venderlo para comprar uno nuevo.

Para encontrar la solución al problema consideraremos únicamente, como ya lo habíamos señalado, los costos de depreciación y mantenimiento.

Fijemos primeramente, como ritmo de depreciación, la consideración de que el camión pierde cada año la mitad de su valor, hasta llegar al quinto año en que se presenta un valor de rescate que permanecerá constante para cualquier momento subsecuente en que decidamos venderlo, inclusive como chatarra.

De acuerdo a lo anterior, la depreciación de nuestro camión en función del valor de rescate es:

ASO	Vr	D = Va - Vr	H
0	800,000		0
1	400,000	400,000	
2	200,000	200,000	
3	100,000	100,000	
4	50,000	50,000	
5	25,000	25,000	
6	25,000	0	

Por otra parte, necesitamos determinar los costos de mantenimiento esperados. Es aquí donde debemos utilizar los datos estadísticos correspondientes a los camiones que la empresa haya tenido anteriormente. En nuestro caso, de los reportes e utilización de camiones similares, obtenemos los siguientes costos de mantenimiento.

ASO	COSTO DE MANTENIMIENTO
1	130,000
2	160,000
3	187,000
4	240,000
5	307,000

Con la información anterior, preparamos la tabla 1, (valores en milés de pesos).

AÑO	DEPRECIACION	MANTENIMIENTO	COSTO TOTAL ANUAL	COSTO ACUMULADO	COSTO ANUAL MEDIO
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)+(3)	(5)	(6)=(5) ÷ (1)
1	400	130	530	530	530
2	200	160	360	890	445
3	100	187	287	1,177	392
4	50	240	290	1,467	367
5	25	307	332	1,799	360
6	0	373	373	2,172	362
7	0	450	450	2,622	275
8	0	540	540	3,162	395

TABLA 1

Observando la tabla 1, vemos que el costo anual medio mínimo se presenta en el quinto año; la política óptima de reemplazo en estas condiciones será reemplazar nuestro camión cada cinco años.

No debemos referirnos al costo total mínimo (columna 4) para decidir sobre el reemplazo, ya que este valor corresponde exclusivamente al tercer año, y no tomaren consideración la "historia completa" del camión.

Es interesante observar que en la solución del problema, estamos suponiendo que el costo de adquisición de un camión nuevo es constante en cualquier momento; si esto fuera cierto, en realidad nuestra política óptima de reemplazo estaría determinada por la combinación costo de adquisición-reventa-

-costo de utilización; esto es, en el ejemplo: si compramos un camión con dos años de uso pagaríamos por él \$200,000.00 y lo podríamos vender al final de este mismo año en - - - - \$100,000.00, teniendo un costo de mantenimiento de - - - - \$187,000.00. El costo anual sería.

$(200,000 - 100,000) + 187,000 = \$287,000.00$ valor que, además de ser el mínimo de la columna 4, es inferior a los - - \$360,000.00, obtenidos en la columna 6.

Lo recomendable sería comprar camiones usados de dos años -- y venderlos después de un año de utilización.

Una segunda posibilidad, es la de estudiar, además del momento óptimo de reemplazo, la alternativa de reemplazar por otra máquina de diferentes características a la que se posee; ilustremos lo anterior a través del siguiente ejemplo.

Supongamos que un contratista tiene la necesidad de estar -- utilizando continuamente, camiones de 10 toneladas de capacidad.

Los camiones tipo "A" que actualmente posee, tienen un costo de \$35,000 dls. cada uno y un año de uso.

Sus registros de trabajos anteriores le indican que el mantenimiento y operación anuales son de \$16,000 para el primer -- año, incrementándose después en \$2,000 por cada año subsecuente.

Un nuevo tipo de camiones "B", cuestan \$39,000 y sus costos de operación y mantenimiento son también de \$16,000 para el primer año, pero debido a mejoras tecnológicas, el incremento posterior es de \$1,200 por año.

Si los camiones se deprecian de acuerdo al criterio de cargos decrecientes; (recuérdese que, según el criterio de cargos - decrecientes, el equipo se deprecia cada año el 40% de su valor remanente), planteemos las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuándo deben ser reemplazados los camiones tipo "A"?
2. ¿Qué tipo de camión debemos utilizar en el reemplazo?

La información requerida para resolver el problema, está contenida en las tablas 2 y 3, que muestran los costos anuales medios acumulados para los camiones tipo "A" y tipo "B" respectivamente.

- 15

CAMIONES TIPO "A" (1 AÑO DE USO)

AÑO	AÑOS A PARTIR DEL PRIMERO	DEPRECIACION	RENTA Y OPERACION	COSTO ANUAL	COSTO ACUMULADO	COSTO ANUAL MEDIO
1	-	-	-	-	-	-
2	1	8,400	18,000	26,400	26,400	26,400
3	2	5,040	20,000	25,040	51,440	25,720
4	3	3,024	22,000	25,024	76,464	25,488
5	4	1,814	24,000	25,814	102,278	25,570
6	5	1,089	26,000	27,089	129,367	25,873
7	6	653	28,000	28,653	158,020	26,337

TABLA 2

CAMIONES TIPO "B"

AÑO	DEPRECIACION	MANTENIMIENTO Y OPERACION	COSTO ANUAL	COSTO ACUMULADO	COSTO ANUAL MEDIO
1	15,600	16,000	31,600	31,600	31,600
2	9,360	17,200	26,560	58,160	29,080
3	5,616	18,400	24,016	82,176	27,392
4	3,370	19,600	22,970	105,146	26,286
5	2,022	20,800	22,822	127,968	25,594
6	1,213	22,000	23,213	151,181	25,197
7	728	23,200	23,928	175,109	25,016
8	436	24,400	24,836	199,945	24,993
9	262	25,600	25,862	225,807	25,090

TABLA 3

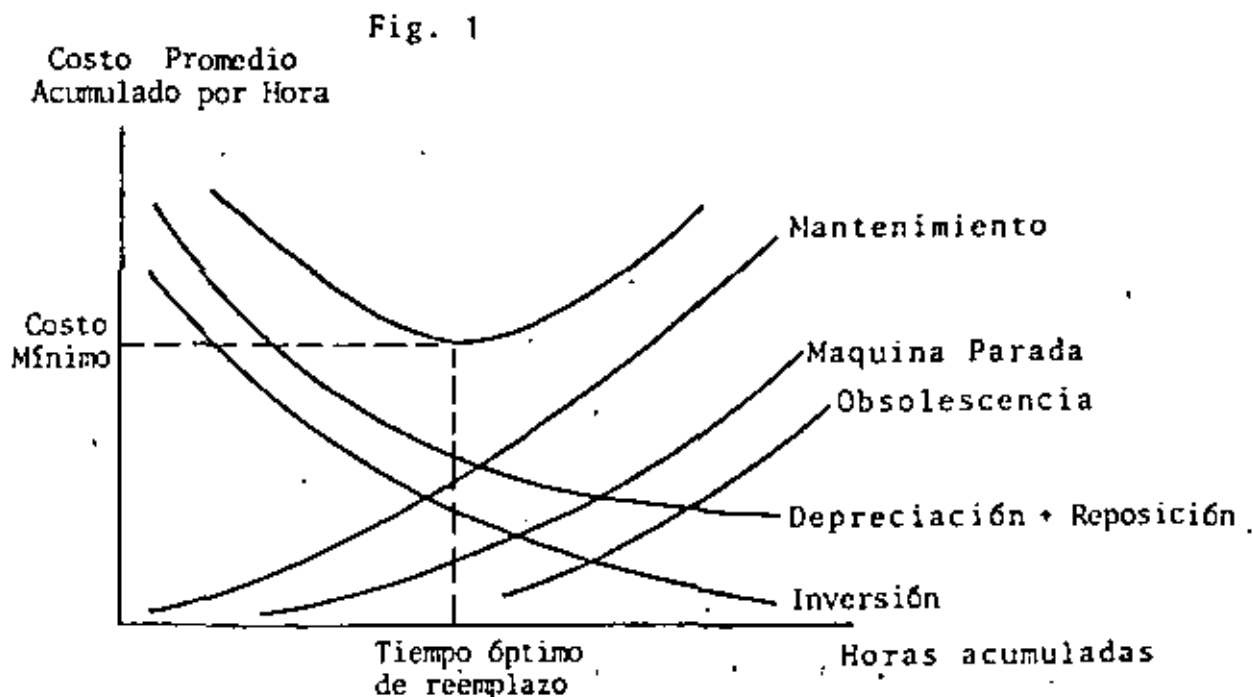
Del análisis de las tablas 2 y 3 y según las consideraciones que hasta aquí se han expuesto, se desprende que lo más conveniente es reemplazar los camiones tipo "A" a la edad de 4 años, empleando para el reemplazo los camiones tipo "B".

COSTO PROMEDIO ACUMULADO POR HORA

Para finalizar con la aplicación de este método, veamos un ejemplo donde intervengan tres factores adicionales que hasta ahora no se han considerado: costo de inversión, máquina parada y obsolescencia, realizando además el análisis por hora acumulativa trabajada. En resumen, consideraremos cinco factores por separado y su influencia en el costo acumulativo por hora:

1. Costo de depreciación y reposición
2. Costo de inversión
3. Costo de mantenimiento y reparación
4. Costo de máquina parada
5. Costo de obsolescencia

El criterio para determinar el tiempo de reposición más económico, consiste en saber si el costo acumulativo por hora se hace progresivamente mayor o menor, agregándole horas-máquina. (fig. 1).



En el ejemplo a desarrollar, vamos a suponer una máquina con precio original de \$200,000 dólares y 2000 horas efectivas de trabajo al año.

Antes de iniciar el análisis recordemos que tanto costo como horas son acumulativas, esto es, si el costo acumulativo por hora fuera de \$11.65 dólares en el cuarto año no significa solamente las horas acumuladas durante el cuarto año han costado \$11.65, sino que todas las horas acumuladas durante el primero, segundo, tercero y cuarto años, han costado dicha cantidad por hora.

1. Costo de depreciación y reposición

El costo de depreciación es la pérdida debida a la baja del valor actual de una máquina causada por el uso y por su antigüedad. Es simplemente la diferencia entre el precio inicial de compra y el precio de reventa o canje (fig. 2).

El costo de reposición a su vez, es el resultado del aumento en precio de la nueva maquinaria.

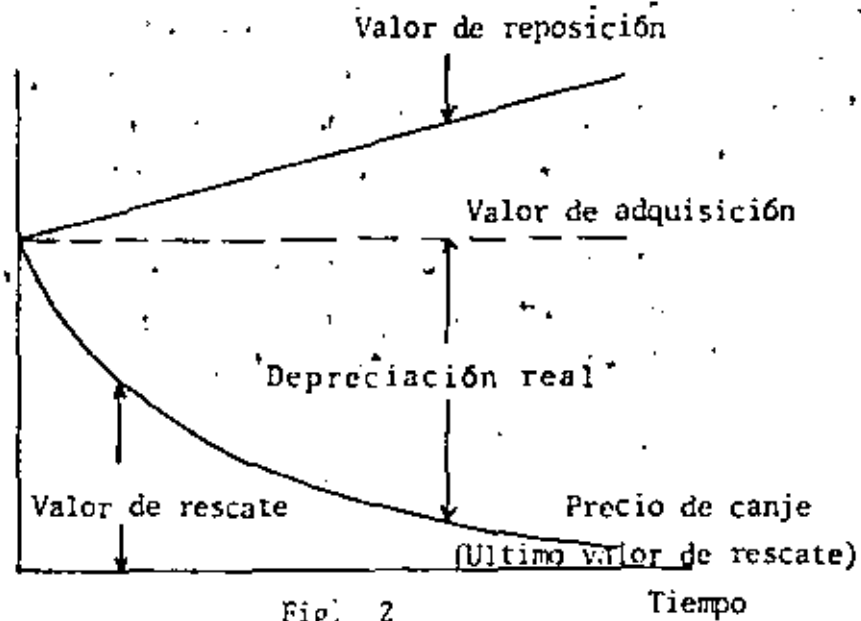


Fig. 2

Tiempo

Examinando el índice de precios de venta de equipo pesado de construcción, podemos determinar el porcentaje aproximado de incremento anual por este concepto, y extrapolar el resultado (en el ejemplo se tomó el 15% de incremento anual).

El cálculo correspondiente a la obtención del costo de depreciación y reposición se muestra en la tabla 4.

En el primer renglón se muestra el ritmo de depreciación seleccionado (depreciación real), expresado como un porcentaje del valor de adquisición; este porcentaje aplicado a una máquina con valor de \$200,000 dólares, nos da los valores que aparecen en el segundo renglón.

Sobre la base de un 15% de incremento anual en los costos de reposición del equipo, obtenemos, a partir de los \$200,000.00 actuales, el costo de reposición esperado en los próximos 8 años (renglón 3).

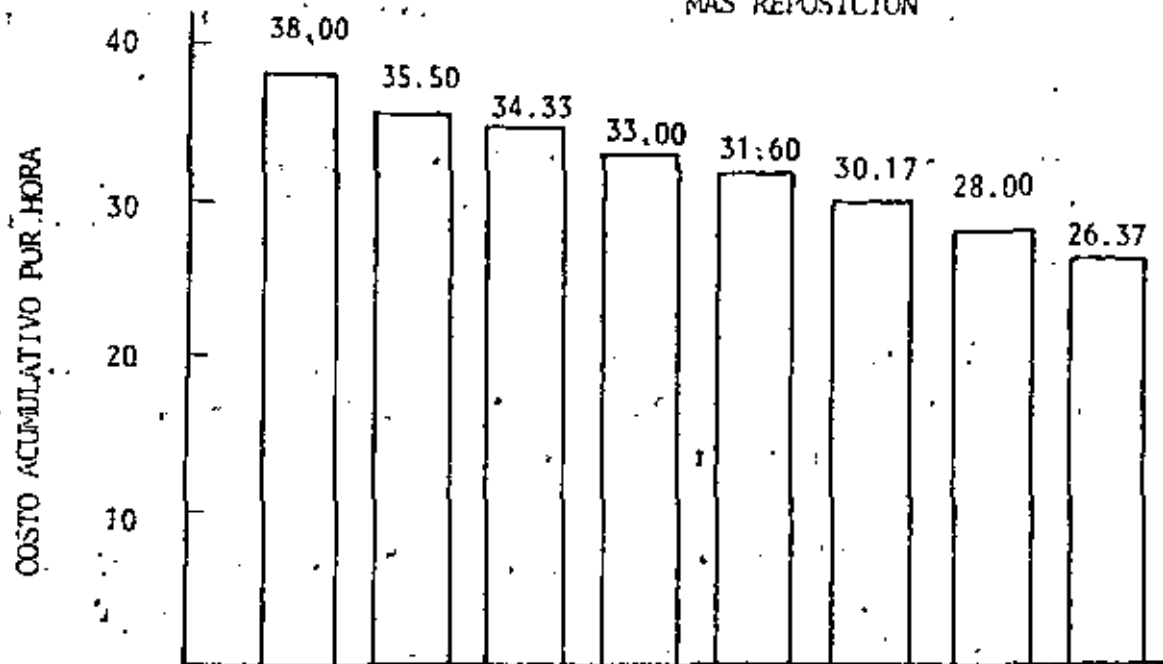
El costo de depreciación más reposición, será simplemente la diferencia de ordenadas entre el costo de reposición y el costo de depreciación, quedando el resultado en el renglón 4, ya acumulado. Este resultado se divide entre las horas acumuladas del renglón 5, obteniéndose el costo de reposición y depreciación por hora acumulada (renglón 6).

Graficando los resultados observamos que si los únicos costos a considerar fueran los de depreciación y reposición, la política a seguir sería retener indefinidamente la máquina (fig. 3).

COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION
(200,000 COSTO INICIAL DE LA MAQUINARIA, 2000 HORAS DE TRABAJO ANUALES)

CONCEPTO	AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
VALOR DE RESCATE (10% DEL VALOR ORIGINAL)	775	595	425	265	175	95	95	95
VALOR DE RESCATE DE UNA MAQUINA DE \$2 000,000 DOLARS.	\$154,000	\$119,000	\$84,000	\$56,000	\$36,000	\$18,000	\$18,000	\$18,000
COSTO DE REPOSICION (15% AUMENTO POR AÑO)	\$230,000	\$260,000	\$290,000	\$320,000	\$350,000	\$380,000	\$410,000	\$440,000
COSTO DE DEPRECIACION + REPOSICION (ACUMULADA)	\$176,000	\$147,000	\$126,000	\$101,000	\$86,000	\$62,000	\$39,000	\$22,000
HORAS DE TRABAJO ACUMULADAS	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000	12 000	14 000	16 000
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION POR HORA ACUMULADA	\$ 88.00	\$ 36.75	\$ 21.00	\$ 12.63	\$ 8.60	\$ 5.17	\$ 2.79	\$ 1.38

TABLA 4.

Fig. 3. COSTO DE DEPRECIACION
MAS REPOSICION

2. Costo de Inversión

Se interpreta como el costo del capital; es el cargo equivalente a los intereses que ocasiona el capital invertido en la compra de equipo.

Se calcula como el promedio del valor de adquisición más el valor de rescate, multiplicado por la tasa de interés considerada, entre el número de horas acumuladas.

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

Los cálculos correspondientes a este concepto, se muestran en la tabla 5.

En el primero y segundo renglones, se han obtenido los valores de la inversión al principio y al final de cada año respectivamente, a partir del ritmo de depreciación considerado.

Con estos valores calculamos la inversión promedio para cada año.

Sobre este valor, se consideró en el ejemplo una tasa de interés del 36% dando por resultado los valores del renglón 4.

Finalmente, este costo de inversión se acumula y se divide entre las horas acumulativas de trabajo, para obtener el costo por inversión por hora acumulada (renglón 7).

Graficando los resultados (fig:4) observamos que el costo de inversión por hora acumulativa disminuye a medida que la máquina envejece, lo que aconseja también, retener indefinidamente la máquina.

COSTO DE INVERSION

CONCEPTO	1	2	3	4	5	6	7	8
INVERSION AL PRINCIPIO DE AÑO	\$200,000	\$154,000	\$118,000	\$84,000	\$56,000	\$34,000	\$18,000	\$18,000
INVERSION AL FIN DE AÑO	154,000	118,000	84,000	56,000	34,000	18,000	18,000	18,000
PROMEDIO ANUAL DE INVERSION	177,000	136,000	101,000	70,000	45,000	26,000	18,000	18,000
COSTO DE INVERSION (36%)	63,720	48,960	36,360	25,200	16,200	9,360	6,480	6,480
COSTO ACUMULATIVO DE LA INVERSION	63,720	112,680	149,040	174,240	190,440	199,800	206,280	212,760
HORAS ACUMULATIVAS DE TRABAJO	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO DE LA INVERSION POR HORA ACUMULADA	31.86	28.17	24.84	21.78	19.04	16.65	14.75	13.30

TABLA 5

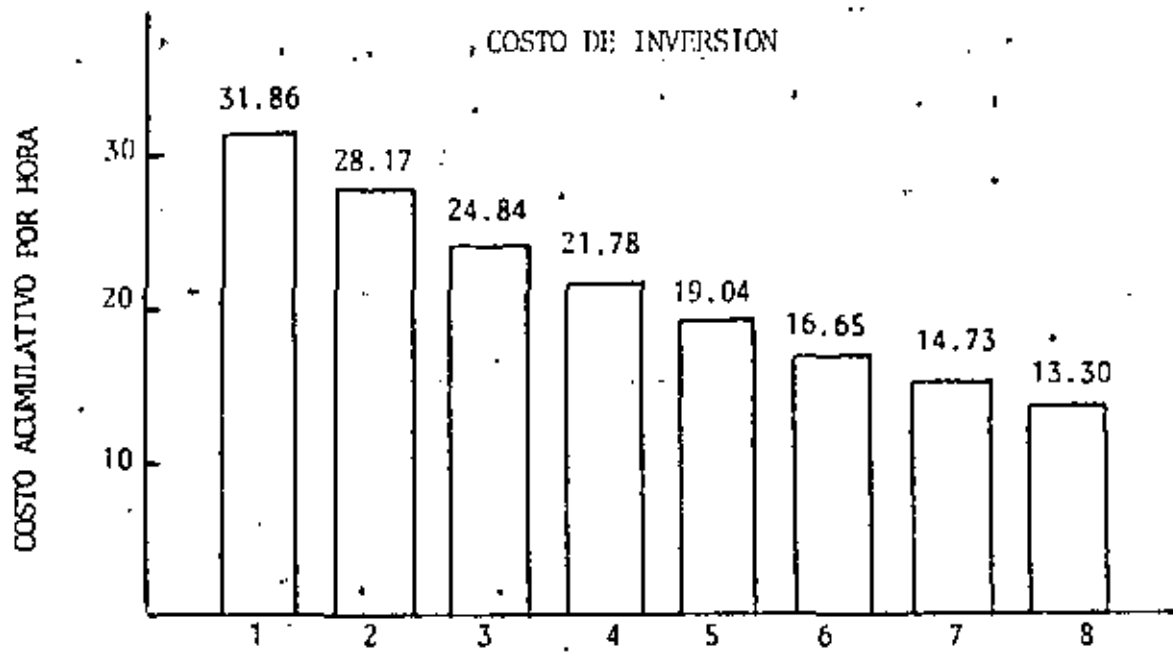


Fig. 4.

3. Costos de Mantenimiento y Reparaciones

Constituyen uno de los costos más significativos, corresponden a las erogaciones realizadas para mantener la maquinaria en condiciones de trabajo.

A falta de información, podemos calcularlas aprovechando la estadística basada en promedios de cientos de máquinas; sin embargo, lo más conveniente es que cada propietario lleve sus propios registros de costos.

Los datos correspondientes a nuestro ejemplo se muestran en la tabla 6, en el renglón 1.

Estos valores se acumulan (renglón 2) y se dividen entre las horas acumulativas de trabajo (renglón 3), para obtener el costo de mantenimiento y reparación por hora acumulada.

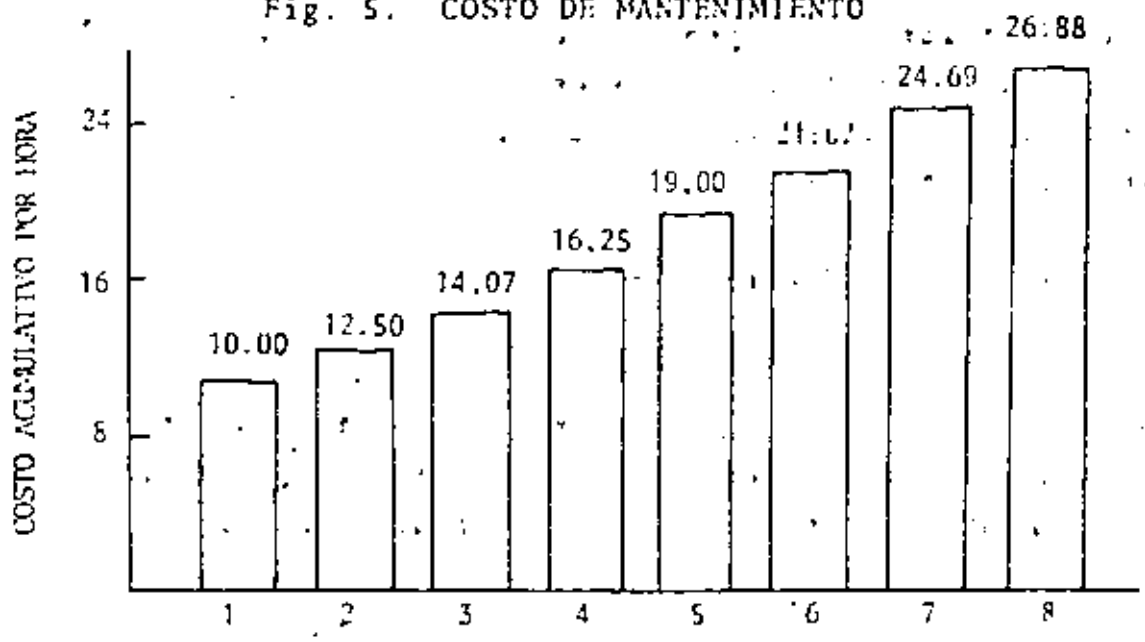
Graficando los resultados vemos que si los únicos costos con siderados fueran los de mantenimiento y reparaciones, habría mos de cambiar cada año nuestras máquinas (fig. 5).

COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION

CONCEPTO	AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	20,000	30,000	35,000	45,000	60,000	70,000	80,000	90,000
COSTOS ACUMULATIVOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	20,000	50,000	85,000	130,000	190,000	260,000	340,000	430,000
DEPRECIACIONES ACUMULATIVAS DEL TANQUE	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO DE MANTENIMIENTO Y REPARACION POR LITRO ACUMULADO	10.00	12.50	14.17	16.25	19.00	21.67	24.79	26.88

TABLA 6.

Fig. 5. COSTO DE MANTENIMIENTO



4. Costo de Máquina Parada

Conservadoramente, podemos considerar el valor de estos costos, como el equivalente al costo horario de una máquina similar que sustituyera a la nuestra en caso de descompostura.

Decimos que es una manera conservadora, porque el hecho de que la máquina se pare por fallas mecánicas, ocasiona la mayoría de los casos que otras máquinas u otros frentes de producción se vean afectados. Por otra parte, es inoperante tener una máquina ociosa, exclusivamente para sustituir a la nuestra cuando esta falle.

No deben considerarse en este concepto, los tiempos en que la máquina se pare por factores ajenos a ella misma, como pueden ser la falta de tramo, ó traslados de un frente a otro, o de una obra a otra.

En términos generales, se considera que la eficiencia de un equipo no es del 100%, y existe una regla empírica de considerar un 3% de diferencia para los dos primeros años y después una disminución del 2% durante seis años:

	1	2	3	4	5
Eficiencia o disponibilidad	97%	94%	92%	90%	88%
100% eficiencia	2000 hr	2000 hr	2000 hr	2000 hr	2000 hr
Disponibilidad	1940	1880	1840	1800	1760

TABLA 7.

Los cálculos para la determinación del costo por máquina parada, se muestran en la tabla 8.

Considerando los porcentajes de disponibilidad descritos -- (renglón 1), se calculan las horas que tendríamos la necesidad de utilizar una máquina sustituto.

El costo de máquina parada, se calcula multiplicando las horas no trabajadas, por el costo de rentar una hora un equipo similar equivalente (renglón 4).

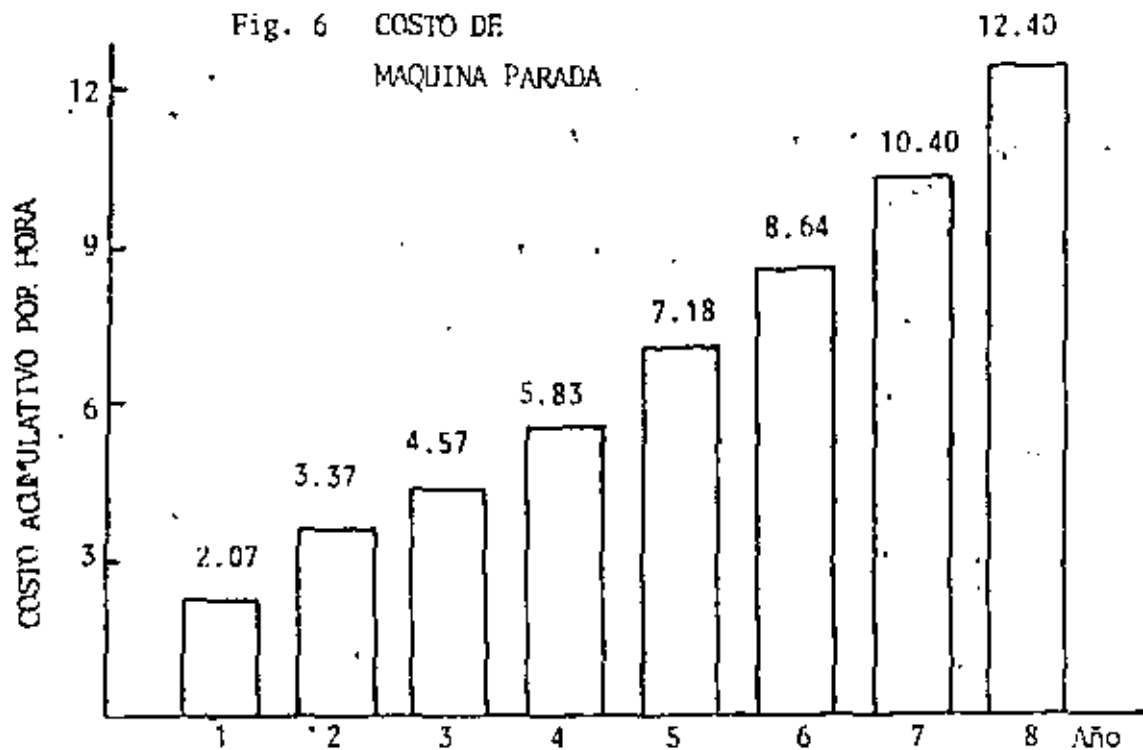
Estos costos se acumulan y se dividen entre las horas acumuladas, obteniendo el costo por hora acumulativa por concepto de máquina parada (renglón 7).

Al graficar los resultados, observamos que la recomendación sería cambiar la máquina cada año, si solamente tomásemos en cuenta este concepto (fig. 6).

COSTO POR MAQUINARIA PARADA

CONCEPTO	AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
DISPONIBILIDAD	97%	94%	92%	90%	88%	86%	83%	80%
HORAS QUE SE TAMBIÉN RECIBIR	60	120	160	200	240	280	340	400
COSTO POR CADA HORA	\$ 69.00	\$ 76.00	\$ 87.00	\$ 96.00	\$105.00	\$114.00	\$123.00	\$132.00
COSTO DE TIEMPO PERDIDO	4,140	9,360	13,920	19,200	25,200	31,920	41,820	52,800
COSTO ADICIONA- L DE TIEMPO PERDIDO	4,140	13,500	27,420	46,620	71,820	103,740	145,560	198,360
TIEMPO ADICIONA- L DE TIEMPO PERDIDO	2,000	4,000	6,000	8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO ADICIONA- L POR TIEMPO PERDIDO	2.07	3.37	4.57	5.83	7.18	8.64	10.40	12.40

Fig. 6 COSTO DE
MAQUINA PARADA



5. Costo por obsolescencia

Se considera en este factor, el efecto que producen las innovaciones tecnológicas; con el consecuente incremento en la capacidad de producción que pueden tener los equipos con mejoras de diseño.

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

Basándonos en lo anterior vamos a considerar que se introduce solamente un nuevo modelo del equipo en cuestión cada tres años, con un 15% de aumento en el potencial productivo.

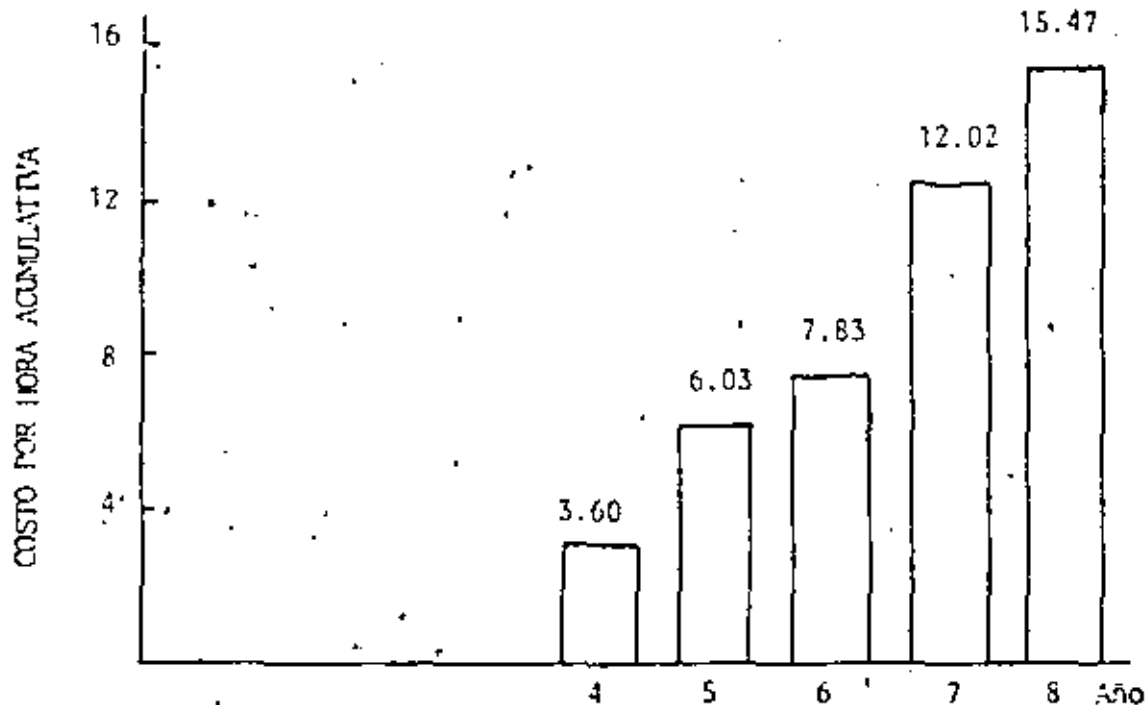
Las horas adicionales de operación requeridas con el equipo obsoleto para producir lo mismo que la máquina nueva, es lo que se considera como costo de obsolescencia (tabla 9).

Los efectos adversos del equipo anticuado, son determinantes, como lo muestra la figura 7, que aconseja reemplazar el equipo año con año.

COSTO DE OBSOLESCENCIA

CONCEPTO	AÑO							
	1	2	3	4	5	6	7	8
INCREMENTO DE LA PREVALACION				15%	15%	15%	30%	30%
HORAS QUE NECESITA PARA TRABAJAR LA PREVALACION DE UNA MAQUINA PLISTO MODOLO				300	300	300	600	600
COSTO POR HORA				\$106.00	\$105.00	\$114.00	\$123.00	\$132.00
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR AÑO				28,800	31,500	34,200	73,800	79,200
COSTO ACUMULATIVO DE OBSOLESCENCIA				28,800	60,300	94,500	168,300	247,500
HORAS DE TRABAJO ACUMULATIVAS				8,000	10,000	12,000	14,000	16,000
COSTO DE OBSOLESCENCIA POR HORA ACUMULATIVA				3.60	6.03	7.87	12.02	15.47

Fig. 7 CUSTO POR OBSOLESCENCIA



S U M A R I O

Analizando el ejemplo, encontramos que algunos factores favorecen retener la máquina, mientras otros aconsejan reemplazarla cada año.

La tabla 10, muestra el resumen correspondiente a cada uno de los factores involucrados, mismos que se han graficado en la figura 8.

Del análisis de la gráfica, y el resumen correspondiente, se concluye que la máquina deberá ser reemplazada al final del tercer año. Esto no significa sino una guía en la política a seguir, pues habrá casos en que cambiar la máquina cada dos años sea más provechoso para la Empresa y otros en los que este plazo pueda extenderse en más de tres.

S U M A R I O

FACTORES	A N O							
	1	2	3	4	5	6	7	8
COSTO DE DEPRECIACION Y REPOSICION	\$38.00	\$35.50	\$34.33	\$33.00	\$31.60	\$30.17	\$28.00	\$26.37
COSTOS DE INVERSION	31.86	28.17	24.84	21.78	19.04	16.65	14.73	13.30
COSTOS DE MANTENIMIENTO Y REPARACIONES	10.00	12.50	14.17	16.25	19.00	21.67	24.29	26.88
COSTO POR TIEMPO PARADO DE LA MAQUINA	2.07	3.37	4.57	5.83	7.18	8.64	10.40	12.40
COSTOS DE ORSO= LUSCENCIA				3.60	6.03	7.87	12.02	15.47
TOTALES, COSTO ACUMULATIVO POR HORA	81.93	79.54	77.91	80.46	82.85	85.00	89.44	94.42

TABLA 10.

SUMARIO

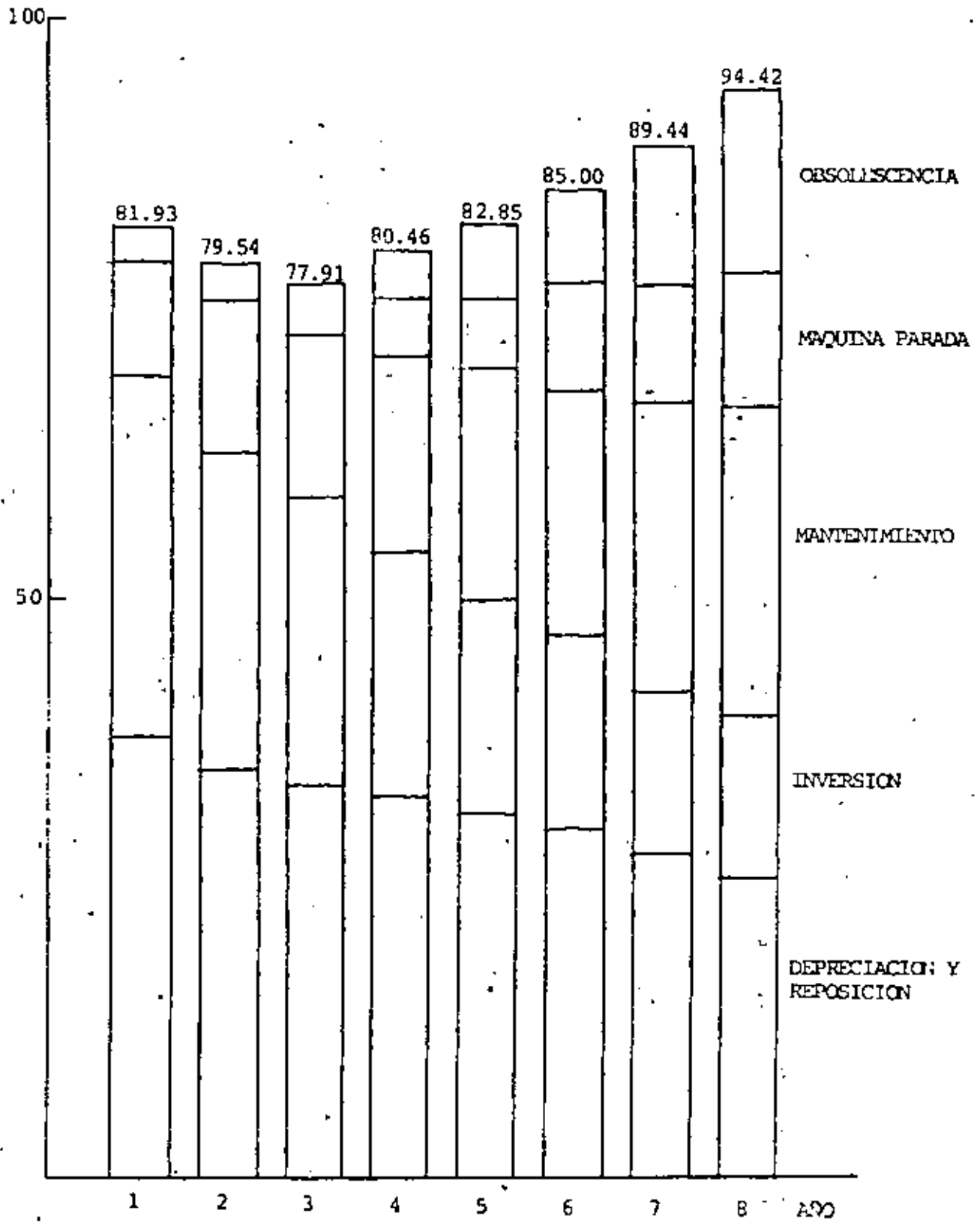


Fig. 8.

AÑO DE REPOSICION	HORAS ACUMULADAS	COSTO ACUMULATIVO POR HORA	DIFERENCIA	PERDIDA
1er. AÑO	2,000 Hrs	81.93	4.02	\$ 8,040
2o. AÑO	4,000 Hrs.	79.54	1.63	6,520
3er. AÑO	6,000 Hrs.	77.91	AÑO MAS ECONOMICO PARA REPONER LA MAQUINA	
4o. AÑO	8,000 Hrs.	80.46	2.55	20,400
5o. AÑO	10,000 Hrs.	82.85	4.94	49,400
6o. AÑO	12,000 Hrs.	85.00	7.09	85,080
7o. AÑO	14,000 Hrs.	89.44	11.53	161,420
8o. AÑO	16,000 Hrs.	94.42	16.51	264,160

TABLA 11.

La tabla 11, muestra las pérdidas que ocasionaría el cambiar la máquina antes o después del año de reposición.

La diferencia en costo por hora de un año a otro puede parecer pequeña, pero debemos recordar que los costos obtenidos son acumulativos, y que se acumulan 2000 horas por cada año de operación; así que por ejemplo, los \$2.55 dls. por hora que se pierden al reemplazar un año más tarde máquina, en realidad significa una pérdida de \$2.55 dls. por 8000 horas acumuladas, que nos dan \$20,400 dls. de pérdida.

Asimismo, es posible incurrir en pérdidas si se reemplaza demasiado pronto, debido al efecto compuesto de los costos acumulativos por hora. Es importante hacer notar, que en términos generales, el propietario de una máquina se verá afectado con pérdidas mayores si cambia su máquina años más tarde que años antes. En conclusión, éstas pérdidas se pueden evitar, llevando un registro de los costos de cada máquina y aplicando los efectos de todos los factores ya descritos, correctamente.

MAXIMO RENDIMIENTO DE LA INVERSION

34

Es importante analizar, basados en los costos promedios acumulados, para qué año se obtiene el rendimiento máximo del capital invertido en Equipo.

Si, en el ejemplo visto anteriormente, fijamos un ingreso promedio de \$100.00 dls. por hora efectiva de trabajo, el rendimiento de la inversión para cada año quedaría determinado por:

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(\text{ingreso horario} - \text{costo acumulado}) \text{horas acumuladas}}{\text{inversión promedio anual} \times \text{número de años acumulados}}$$

Esto es:

Para el 1er año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 81.93)2000}{200\ 000 + 154\ 000} = 0.2042$$

Para el 2º año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 79.54)4000}{\frac{200,000 + 118,000}{2}} = 0.2573$$

Para el 3er. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 77.91)6000}{\frac{200,000 + 84,000}{2}} = 0.3111$$

Para el 4º. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 80.46)8000}{\frac{200,000 + 56,000}{2}} = 0.3053$$

Para el 5º. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 82.85)10,000}{\frac{200,000 + 34,000}{2}} = 0.2932$$

Para el 6º. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 85.00)12,000}{\frac{200,000 + 18,000}{2}} = 0.2752$$

Para el 7º. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 89.44) 14,000}{\frac{200,000 + 18,000}{2}} = 0.1938$$

Finalmente, para el 8º. año

$$\text{Rend. inv.} = \frac{(100 - 94.42)16,000}{\frac{200,000 + 18,000}{2}} = 0.1024$$

Como se ve, el rendimiento máximo de la inversión se obtiene también para el 3er. año, que sería el año en el cual nos -- resultará más económico reemplazar el equipo.

En general, este criterio prevalece sobre el anterior ya que, al fin de cuentas, no tan solo nos interesará trabajar a costo mínimo, sino obtener el máximo beneficio de la inversión realizada.

METODO DEL VALOR ACTUALIZADO

En los ejemplos anteriores, hemos omitido tomar en cuenta el tiempo en que se gasta el dinero; lo cual no es correcto si pensamos que en algunas ocasiones habremos de pedirlo prestado y en otras nos abstendremos de utilizarlo en otro campo de actividad económica; en ambos casos, es necesario considerar un interés que represente "el costo del dinero".

Con el propósito de aplicar el método del valor actualizado al problema de reemplazo de equipo, desarrollemos primeramente las fórmulas que nos permitan actualizar las cantidades que intervienen, ya sea como ingresos o egresos, durante la vida útil del equipo de construcción que estamos analizando.

Es recomendable utilizar, en éste tipo de análisis, un diagrama E-R (egresos y recuperaciones) sobre el cual se señale el flujo de efectivos de una inversión propuesta, siguiendo la convención de asignar signo positivo o flecha ascendente a los ingresos, y signo negativo o flecha descendente a los egresos, (esta consideración en algunos casos puede, por comodidad, invertirse) según se indica.

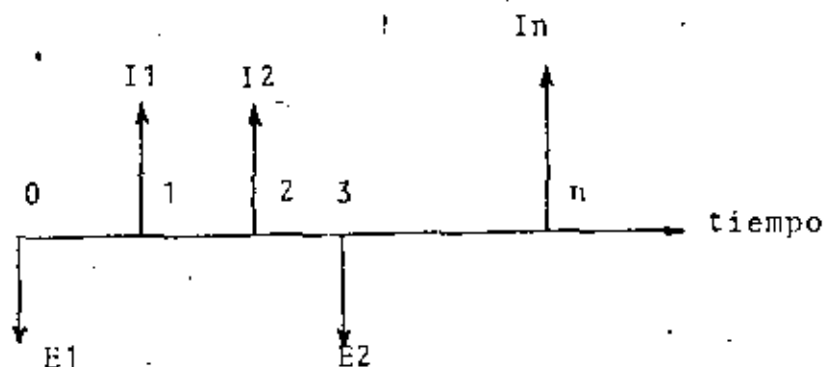


DIAGRAMA E-R

Atendiendo a lo anterior, podemos plantear la siguiente interrogante. ¿Cuál será el valor futuro "F" de una cantidad presente "C", al final de "n" períodos, a interés compuesto "i" ?



El valor cronológico de C, será:

$$\text{Para el primer año} \quad C_1 = C + iC = C(1+i)$$

$$\begin{aligned} \text{Para el segundo año} \quad C_2 &= C_1 + iC_1 = C(1+i) + iC(1+i) \\ &= C + iC + iC + i^2C \\ &= C(1+2i+i^2) = C(1+i)^2 \end{aligned}$$

Por inducción, al final del enésimo período

$$C_n = C(1+i)^n \quad , \quad \text{Si } C_n = F$$

$$F = C(1+i)^n \quad (1)$$

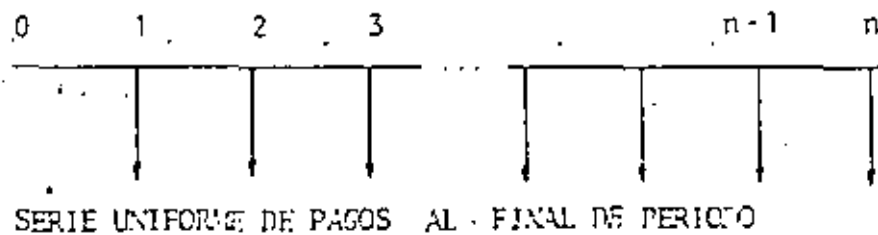
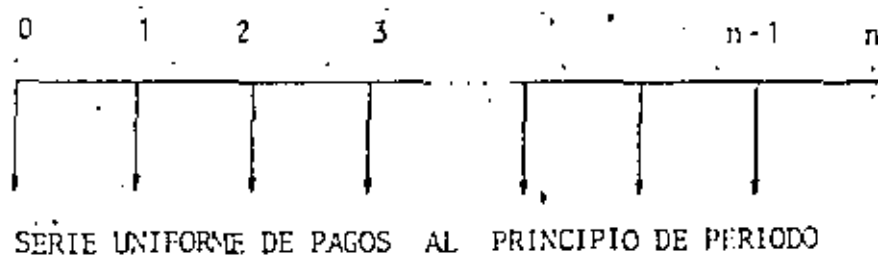
el factor $(1 + i)^n$ recibe el nombre de factor de valor futuro pago simple, y es el factor por el cual se multiplica un pago simple para obtener su monto capitalizado a una fecha futura específica.

Si de la ecuación 1, despejamos C:

$$C = F \frac{1}{(1 + i)^n} \quad (2)$$

El factor $\frac{1}{(1 + i)^n}$ recibe el nombre de factor de valor presente pago simple, y es el factor por el cual hay que multiplicar un pago futuro para obtener su valor actual. Obsérvese que, para tasas de interés mayores que cero, el valor presente siempre será menor que el valor futuro.

En algunos casos, es frecuente considerar lo que se conoce como serie uniforme de pagos; esto es, pagos de la misma magnitud que se realizan regularmente, ya sea el principio, o el final de cada uno de los periodos considerados:



Como veremos adelante, los gastos debido a mantenimiento y operación de la maquinaria, que en realidad se efectúan de manera irregular, pueden considerarse para efectos del estudio que nos ocupa, como realizados al final de cada período. El valor actual de una serie uniforme de pagos de final de período es, de acuerdo con la ecuación 2:

$$VA = X \frac{1}{(1+i)} + X \frac{1}{(1+i)^2} + X \frac{1}{(1+i)^n}$$

Si llamamos $f = \frac{1}{1+i}$

$$VA = X f + X f^2 + X f^3 + \dots + X f^n \quad (3)$$

Dividiendo la ecuación (3) entre f

$$\frac{VA}{f} = X + X f + X f^2 + \dots + X f^{n-1} \quad (4)$$

Restando (4) - (3)

$$\frac{VA}{f} - VA = X - X f^n$$

$$VA \left(\frac{1}{f} - 1 \right) = X (1 - f^n)$$

$$VA \left(\frac{1-f}{f} \right) = X (1 - f^n)$$

$$VA = X \frac{f (1 - f^n)}{1 - f} \quad (5)$$

El factor $\frac{f (1 - f^n)}{1 - f}$, se llama factor de valor actual serie

uniforme, y es el factor por el cual habrá de multiplicarse la serie uniforme de pagos para obtener su valor presente.

Aplicando las consideraciones anteriores al problema de reemplazo de equipo, tenemos que si un equipo nuevo nos cuesta C y sus costos totales de utilización al cabo de 1, 2, 3, n años es M_k , el costo total acumulado es:

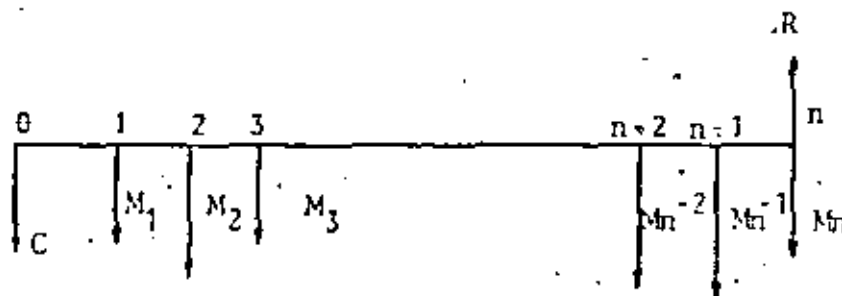
$$C + M_1 \quad \text{para el primer año}$$

$$C + M_1 + M_2 \quad \text{para el segundo año}$$

$$C + M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n \quad \text{para el año } n$$

Si el equipo se vende al cabo de " n " años, obtendremos por él un valor de rescate al que designaremos con R .

Representando lo anterior gráficamente



El valor actualizado de estas cantidades es:

$$VA = C + M_1 f^1 + M_2 f^2 + \dots + M_n f^n - R f^n \quad , \text{ o sea}$$

$$VA = C + \sum_{k=1}^n M_k f^k - R f^n$$

Por otra parte, una vez actualizado el costo total acumulado, el costo medio anual no se puede calcular como en el primer ejemplo, es decir, no se puede dividir el costo total acumulado entre el número de años, pues esto equivaldría a considerar las mismas condiciones para todos los años, situación contraria al principio de actualización que estamos involu-

crando.

Dado que los costos erogados no se efectúan regularmente durante todos los años, sino de una manera irregular, el costo anual medio está dado en realidad por una cantidad X que habría que erogar durante n años para financiar este cargo VA , todo ello al final de cada período.

Esta cantidad X , será igual, según la fórmula (5) desarrollada anteriormente a:

$$X = VA \cdot \frac{1 - f}{f(1 - f^n)}$$

$$\text{Siendo } VA = C + \sum_{k=1}^n M_k f^k - R f^n$$

El valor mínimo de éste cargo anual X es el que nos dará la selección conveniente del año económico de reemplazo.

Una manera práctica de aplicar lo anterior, es tabulando los valores involucrados, lo cual se presenta en la tabla 12, en la cual se ha considerado un interés del 10%. Al analizar los resultados, vemos que aún cuando los datos del ejemplo son semejantes al primer caso presentado en estas notas, el año económico de reemplazo se corre del quinto al sexto. Esto se explica si nos referimos a la figura 1, ya que al aplicar el valor actual del dinero las curvas de depreciación y mantenimiento cambian desplazando el punto de costo mínimo hacia la derecha. Ver también tabla 13 y figura 9.

Extrapolando este razonamiento; si aumentamos la tasa de interés, encontraremos que el año económico de reemplazo o sea la vida económica del equipo, se va alargando. Esto explica entre otras cosas, la situación que se está dando actualmente: "Conservar casi indefinidamente la maquinaria de construcción".

METODO DE VALOR ACTUALIZADO

ASO	C	R	M	f^k	Rf^n	$f^k M$	ΣM^k	VP	1-f	$1-f^n$	$f(1-f^n)$	X
1	800	400	130	0.9091	364	118	118	554	0.0909	0.0909	0.0826	610
2	800	200	160	0.8264	165	132	250	885	0.0909	0.1736	0.1578	510
3	800	100	187	0.7513	75	140	390	1115	0.0909	0.2487	0.2261	448
4	800	50	240	0.6830	34	164	554	1320	0.0909	0.3170	0.2882	416
5	800	25	307	0.6209	15	191	745	1530	0.0909	0.3791	0.3446	403
6	800	25	373	0.5645	14	211	956	1742	0.0909	0.4355	0.3959	400
7	800	25	450	0.5132	13	231	1187	1974	0.0909	0.4868	0.4425	406
8	800	25	540	0.4665	12	247	1434	2222	0.0909	0.5335	0.4850	416

TABLA 12.

	i=20%	i=30%	i=40%
AÑO	X	X	X
1	691	769	850
2	576	644	715
3	507	569	634
4	470	529	590
5	453	509	569
6	445	499	558
7	446	497	553.7
8	452	498	553.4

TABLA 13.

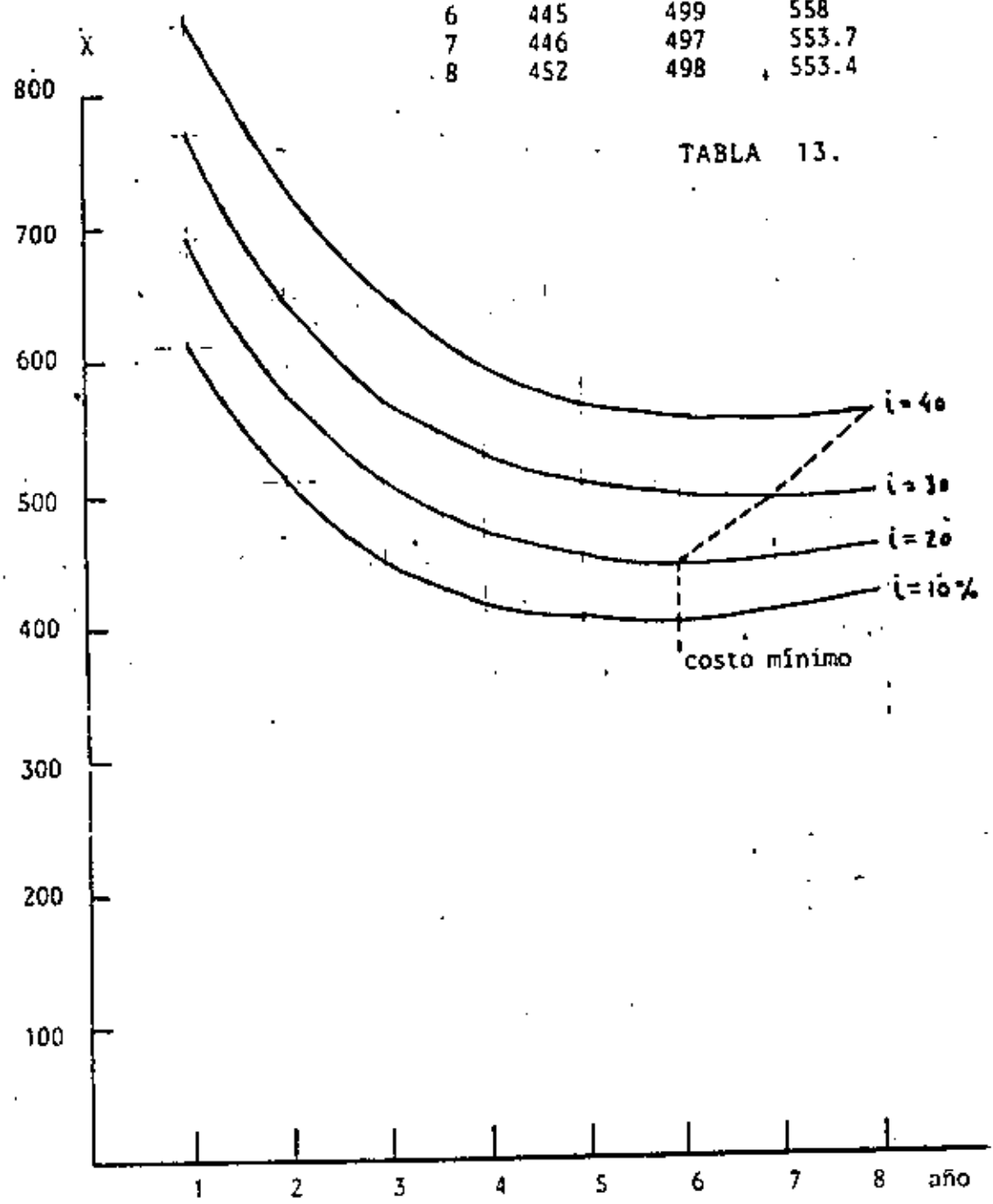


Fig. 9.

COSTOS PROMEDIOS ACUMULADOS
(valor actualizado)



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS

ING. PEDRO LUIS BENITEZ ESPAR

JUNIO, 1984

TECNICAS MODERNAS DE PRODUCCION DE AGREGADOS.

INTRODUCCION.

La correcta selección del equipo de trituración es uno de los factores, que sin lugar a dudas, influyen más en el buen resultado técnico y económico de las obras civiles de construcción pesada, tales como caminos, aeropuertos, presas, vías férreas, etc.

Es por lo tanto muy importante poder contar con toda la información necesaria para poder plantear correctamente el problema de selección del equipo de trituración y complementario respectivo, y así elegir las máquinas que a partir de un material natural o greña, serán capaces de producir en el tiempo requerido, los agregados pétreos necesarios para la ejecución de la obra en cantidad suficiente y con la calidad adecuada.

I. AGREGADOS PETREOS.

Especificaciones Generales.

Los agregados pétreos con fragmentos duros y resistentes, libres de materiales contaminados, conforme a las siguientes especificaciones granulométricas (materiales más utilizados en obras civiles).

Agregados para Concretos Hidráulicos

Arena:	0	-	1/4"
Grava # 1:	1/4"	-	3/4"
Grava # 2:	3/4"	-	1 1/2"
Grava # 3:	1 1/2"	-	3"
Grava # 4:	3"	-	6"

Agregados para caminos

Material de subbase:	0	-	2"
Material de Base:	0	-	1 1/2"
Material de Carpeta:	0	-	3/4"
Material de Sello:	3/16"	-	3/8"

Generalmente es de una tolerancia de $\pm 5\%$ tanto en sobre tamaño como en sub-tamaño, existiendo normas estrictas para la composición granulométrica interna de las arenas para elaborar concretos hidráulicos (norma ASTM C33-61T), como sigue:

Malla	Porcentaje de Material que pasa
3/8"	100
# 4 (4.76 mm)	95 a 100
# 8 (2.38 mm)	80 a 100
# 16 (1.19 mm)	50 a 85
# 30 (0.595 mm)	25 a 60
# 50 (0.297 mm)	10 a 30
# 100 (0.149 mm)	2 a 10

II. OBTENCION DE LOS AGREGADOS.

La materia prima (material en greña) para la producción de agregados pétreos, se obtiene de bancos de roca o de yacimientos de agregados naturales de río o de depósitos de aluvión, conglomerados, etc., fundamentalmente. En mucha menor proporción, de escorias de alto horno, así como de productos sintéticos provenientes de la cocción de horno rotatorio de materiales sílico-aluminosos.

Las rocas se dividen en tres grandes categorías geológicas:

- Rocas Igneas (Basaltos, granitos, riolitas, andesitas).
- Rocas Sedimentarias (caliza, arenisca, dolomitas).
- Rocas Metamórficas (esquistos, gneiss, mármol).

Para la extracción y preparación de los agregados, son los factores de dureza y de grado de abrasividad (medido por el porcentaje de sílice), los que importan principalmente para la selección del equipo.

La extracción de las rocas a cielo abierto, tiene dos series de operaciones:

- a) Trabajos preparatorios.
- b) Extracción propiamente dicha.

En efecto, antes de proceder a la extracción del material, es necesario retirar los terrenos constituidos de tierra vegetal, tepetate, limos y arcillas, etc., realizando las operaciones de despalle y desenraice con escarpas, tractores, arados, etc., hasta dejar abierta a la pedrera con su frente de ataque en uno o varios pisos, con las terrazas respectivas para permitir la evolución de las máquinas de perforación, del equipo de carga y del equipo de evacuación del material extraído.

La extracción puede realizarse manualmente (en desuso), por medios mecánicos y por explosivos.

Los materiales suaves (pizarra, calizas, lignito, etc.), se extraen por medio de equipos análogos a los empleados para las operaciones de despalle.

El caso más general, es la extracción por medio de explosivos, con los cuales se desploman los bancos de roca y se obtiene una fragmentación en bloques de un tamaño tal, que se permite su manejo con los medios de carga y de transporte disponibles, así como su entrada a la boca de la quebradora primaria.

En muchas ocasiones, a pesar de las precauciones tomadas en las tronadas masivas de roca, un porcentaje medio del 20% al 30% de bloques, son demasiado grandes para manejarse con los medios de que se dispone. Es necesario una reducción secundaria de dichos bloques por medio de dinamita (barrenación secundaria o plastas), o por medios mecánicos (pilón o "drop-ball").

La carga se realiza por cargadores frontales sobre neumáticos o sobre orugas y por palas mecánicas y el transporte a la planta de trituración, por camiones de diversas capacidades. En caso de acarreos relativamente cortos, el cargador frontal sobre neumáticos, puede satisfactoriamente realizar la operación de transporte a la planta de trituración.

La preparación de los agregados tiene por objeto transformar el "Material en Greña" proveniente de la pedrera o de un banco de agregados naturales, y compuesto de elementos de todas dimensiones, desde bloques grandes hasta elementos finos e impurezas de arcilla y limo, en materiales limpios, clasificados en las categorías granulométricas requeridas.

Para realizar dichas operaciones, se cuenta con equipo de trituración -- propiamente dicho y equipo complementario, o sea aquellas máquinas que sin -- participar directamente en las operaciones de trituración, son indispensables para realizar los procesos necesarios para transformar el material en greña o natural, en material útil que reúna ciertas especificaciones.

Por lo que respecta al equipo de trituración, desgraciadamente hasta la fecha no se ha diseñado una máquina universal que en un solo paso a etapa, -- convierta el material natural en agregados útiles, sino que dicha transformación se deberá realizar en varios pasos o etapas de acuerdo con el material -- natural disponible y con las especificaciones que deban cumplirse.

Se describirán someramente los siguientes tipos de equipo:

- | | |
|--------------------------|--|
| | 1. Trituradoras Primarias (Quijadas y Giratorias). |
| A: Equipo de Trituración | 2. Trituradoras Secundarias de Cono, Rodillos, Martillos |
| | 3. Trituradoras Terciarias e Impacto. |
| | 4. Molinos (de Barras y de Bolas) |
| | 5. Cribas Vibratorias (Horizontales e Inclínadas) |
| | 6. Alimentadores (de Delantal, de Plato o Reciprocantes, Vibratorios). |
| B: Equipo Complementario | 7. Gusanos Lavadores |
| | 8. Bandas Transportadoras |
| | 9. Elevadores de Cangilones. |

III. EQUIPO DE TRITURACION.

Las máquinas de trituración más utilizadas en las Obras Civiles, emplean los métodos mecánicos de reducción indicados en el siguiente cuadro:





QUEBRADORA	METODOS DE REDUCCION			
↓	 Impacto	 Desgaste	 Corte	 Compresion
IMPACTO	●			
PULVERIZADOR	●			
MARTILLOS	●	●	●	
RODILLOS	●		●	●
GIRATORIAS	●			●
QUIJADAS	●			●
CONO	●			●

Figura No. 1.

Para decidir cual es el equipo de trituración apropiado para resolver un determinado problema de producción de agregados, es necesario tener en consideración tanto la naturaleza de la materia prima por procesar, como el trabajo idóneo para cada tipo de trituración, para poder hacer una selección de -- equipo técnica y económicamente válida.

Dos de los conceptos básicos que definen el comportamiento y campo de -- aplicación de los diferentes tipos de quebradoras son: índice de reducción y -- coeficiente de forma.

1º INDICE DE REDUCCION.

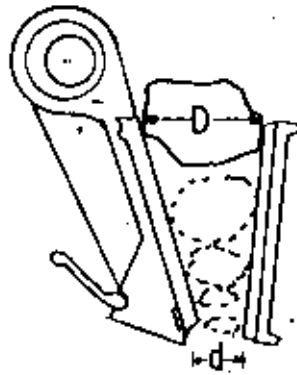


Figura No. 2.

Se define el índice de reducción de una máquina de trituración, a la relación:

$$I_R = \frac{D}{d}$$

entre el tamaño "D" del fragmento de roca a la entrada de la máquina y el tamaño "d" del producto de la trituración a la salida. Dicho índice de reducción varía con cada tipo de trituradora, de acuerdo con la mecánica de su construcción y con los métodos de reducción por ella utilizados.

2º COEFICIENTE DE FORMA.

Sea un fragmento de roca, cuya dimensión mayor sea representada por "L" y sea "v" el volumen de dicho fragmento y "V" el volumen de una esfera cuyo diámetro sea "L".

Se define como "Coeficiente de Forma" de dicho fragmento, a la relación:

$$C_f = \frac{v}{V} = \frac{v}{\frac{\pi L^3}{6}}$$

obteniéndose de la aplicación de dicha fórmula los valores promedio siguientes, en los fragmentos más comunes:

Fórmula de Fragmento	Valores del Coeficiente de Forma:
Esférico	$\frac{1}{1} = 1$
Cúbico	$\frac{2}{\pi \sqrt{3}} = 0.37$
Tetraedro Regular	$\frac{1}{\pi \sqrt{2}} = 0.22$
Canto Rodado	0.34
Grava Triturada	0.22
Lajas	0.07
Agujas	0.01

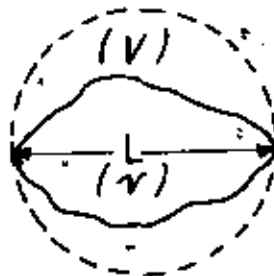


Figura 3.

Los dos últimos tipos de fragmentos (lajas y agujas), generalmente se prohíben por las normas de calidad de control de agregados pétreos, debido a que por su forma, son partículas débiles, con mucha tendencia a fracturarse.

A continuación se expondrán las variedades de equipos de trituración, -- utilizados hoy en día en la construcción de caminos en particular.

IV QUEBRADORAS DE QUIJADA.

a) TRITURACION PRIMARIA.

Definitivamente es la quebradora de quijadas de simple toggle con excéntrico superior (figura 4), la que se utiliza para realizar la primera etapa de reducción de los materiales pétreos, en las plantas móviles camineras, en prácticamente todos los casos, así como en la mayoría de las instalaciones fijas de producción de agregados para la industria de la construcción.

Equipo de mecánica simple, se utiliza en las plantas portátiles, en tamaños que van desde 12" x 36" hasta 42" x 48", con pesos de 5,300 kilogramos hasta 48,000 kilogramos y producciones desde 18 toneladas por hora, de acuerdo con el tamaño de la máquina, su abertura de salida y la naturaleza geológica del material, alcanzando índices de reducción promedio de $8 \div 1$.

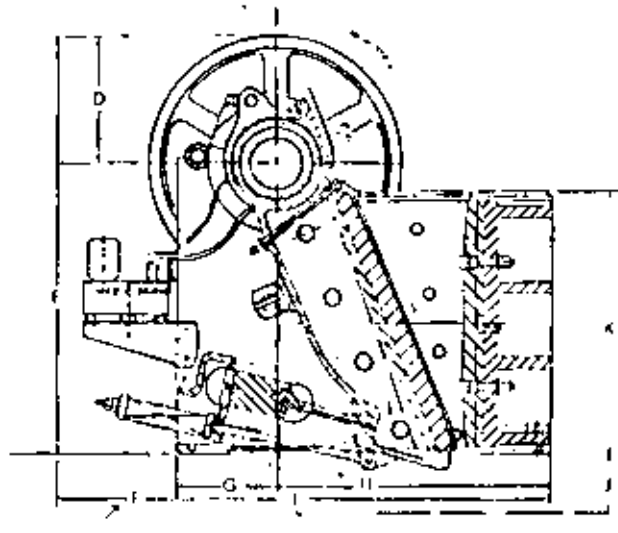


Figura 4.

En algún tiempo se utilizaron quebradoras de quijadas gemelas (figura 5) móviles, pero hoy prácticamente han quedado en desuso debido a su alto costo de adquisición y de operación.

La quebradora de quijadas tipo "Blake" de doble biela y las giratorias, prácticamente no se utilizan en los grupos móviles primarios de trituración, por ser máquinas muy pesadas y de grandes dimensiones, lo cual hace poco práctico instalarlas en chasis remolques, empleándose fundamentalmente instalaciones mineras y cementeras.

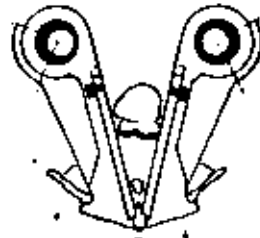


Figura 5.

NOTAS: Las dimensiones de las quebradoras de quijadas se indican por las dimensiones del rectángulo de su boca de admisión (ancho por longitud, generalmente en pulgadas).

Las dimensiones de las quebradoras primarias giratorias se indican por el tamaño de admisión (generalmente en pulgadas) de roca en su alimentación.

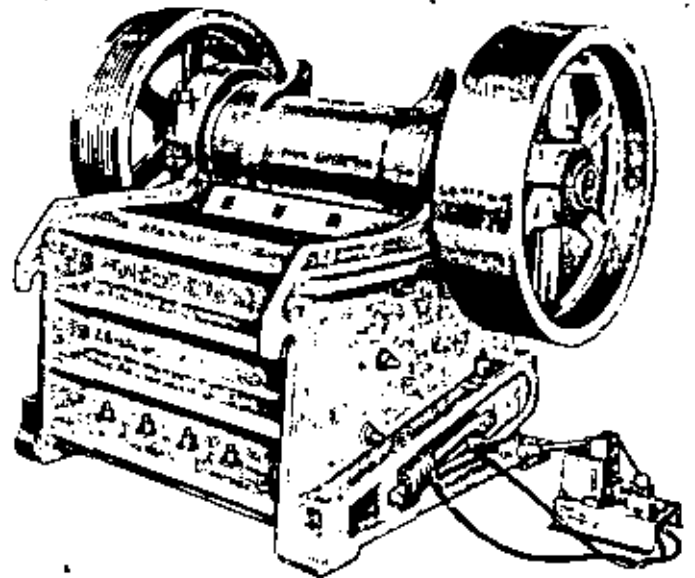
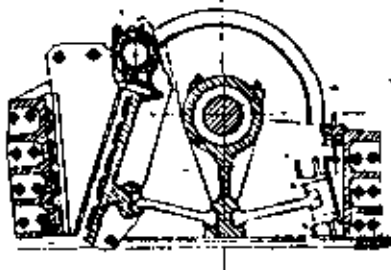


Figura 6.

Quebradoras de quijadas tipo "Blake" o de "doble toggle" o "doble biela", utilizada fundamentalmente para la trituración primaria de minerales extremadamente duros y abrasivos (hematita, taconita, etc.). Muy utilizada en el campo de las obras civiles.

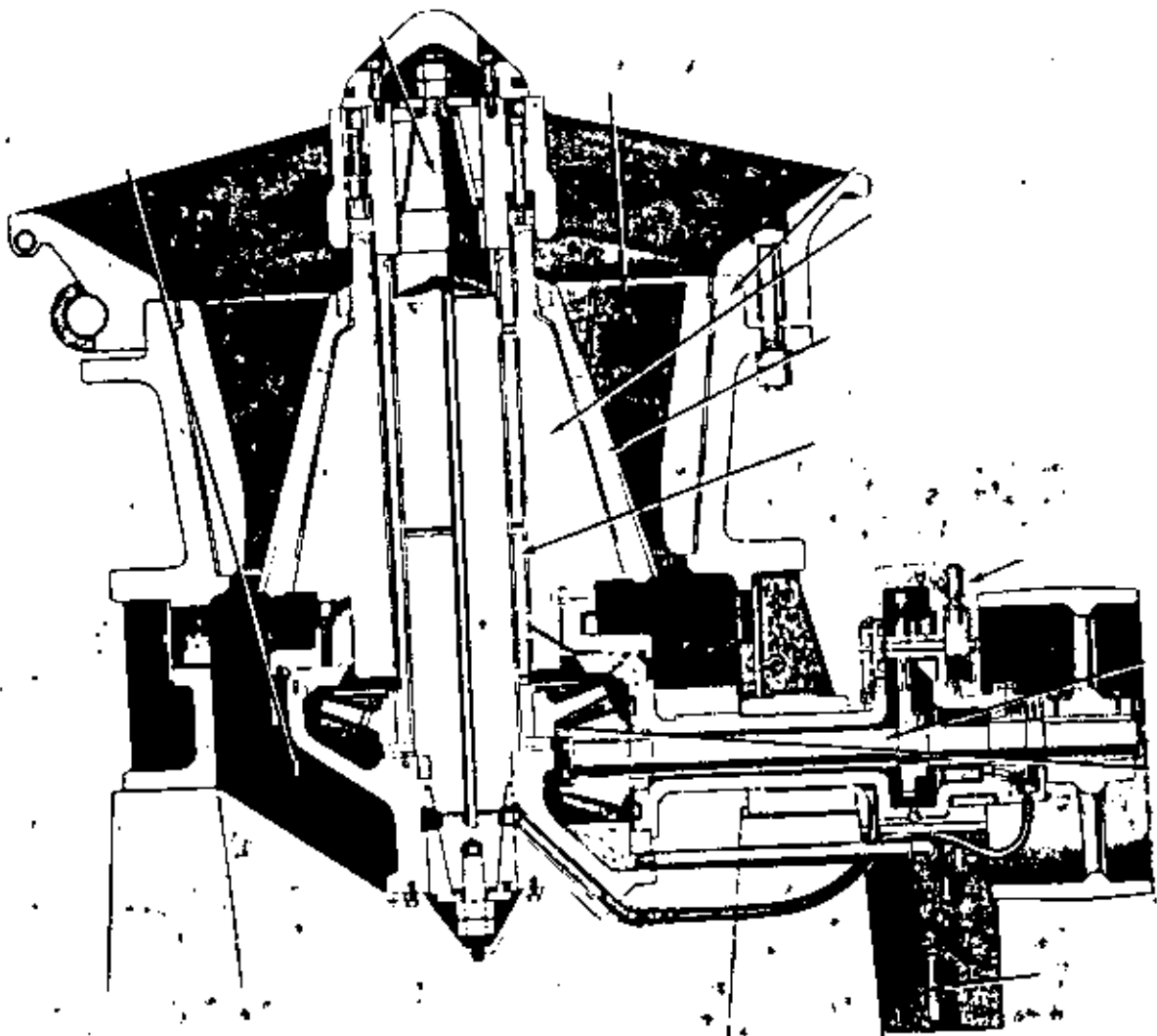


Figura 7.

Quebradora Giratoria Primaria, utilizada fundamentalmente en las Instalaciones Mineras y Cementeras de muy elevadas producciones. Muy poco utilizada en el campo de las obras civiles.

b) TRITURACION SECUNDARIA Y TERCIARIA.

Si bien en la etapa primaria de trituración, desde hace ya muchos años se ha definido a la quebradora de quijadas como el equipo idóneo para las instalaciones de producción de agregados, en lo que respecta a las etapas secunda

rias y terciarias han existido en los últimos tiempos cambios sensibles en la preferencia de los usuarios de dichos equipos, como se verá a continuación.

Las trituradoras tradicionalmente empleadas para realizar las etapas segunda y tercera de la reducción de los materiales pétreos, han sido las de rodillos, impacto y cono.

V TRITURADORAS DE RODILLOS.

Este tipo de trituradoras de mecánica simple, utiliza los efectos de compresión y corte para efectuar la reducción de tamaño del agregado pétreo.

En el pasado, era éste el tipo de máquina más popular para realizar trituraciones secundarias y terciarias en las plantas móviles camineras, y en plantas fijas de producción de agregados para concretos hidráulicos. Hoy en día su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos, como caliza, carbón, yeso, fosfato, etc., debido a que son rocas de alto contenido de sílice, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilíndrica de los rodillos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados, presentando además las limitaciones que se indican en los párrafos siguientes.

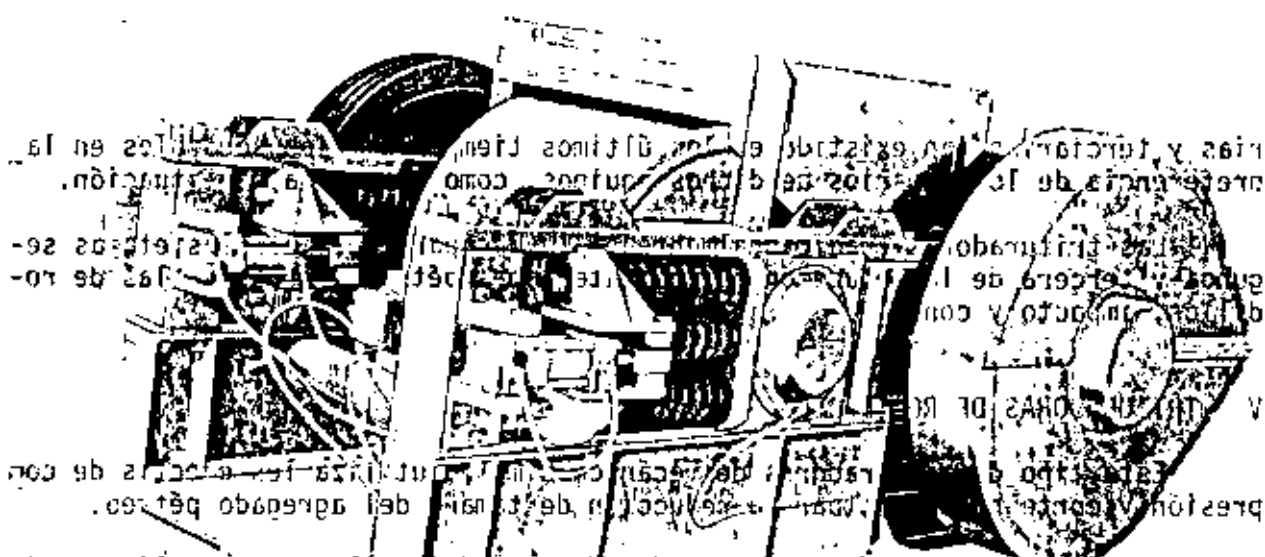
El diámetro de los rodillos debe ser de 20 a 30 veces superior al tamaño de los fragmentos en la alimentación (figura 8), para que pueda aprisionarlos y triturarlos.

La producción es directamente proporcional al ancho de los rodillos (figura 9), sin embargo, un ancho demasiado grande, provoca un desgaste irregular y rápido, más fuerte en el centro que en los extremos.

El índice de reducción que se logra con estas máquinas es relativamente bajo: 3 - 1 como máximo, debido fundamentalmente a las limitaciones que se tienen en los tamaños de alimentación. Se ha procurado disminuir un poco este inconveniente, introduciendo un tercer rodillo, obteniéndose así una máquina que puede trabajar con mayores índices de reducción, aún cuando más costosa en inversión inicial y en operación (figura 10).

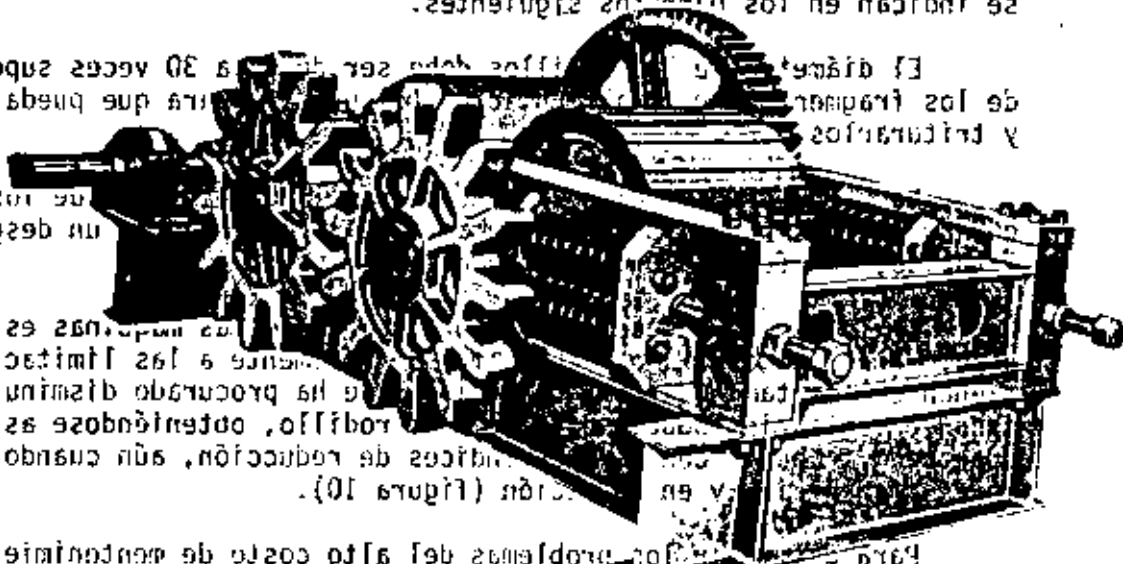
Para disminuir los problemas del alto costo de mantenimiento en dinero y tiempo, en el rectificado de los surcos de desgaste, se han diseñado máquinas de soldadura automática (figura 11) que mitigan un poco estos inconvenientes.

El coeficiente de forma del material triturado en los rodillos, es por regla general bajo, con tendencia a formar muchas lascas en cierto tipo de rocas.



En el pasado, era éste el tipo de máquina que se utilizaba para realizar funciones secundarias y terciarias en las plantas de cemento. Hoy en día su utilización ha quedado reducida al tratamiento de materiales suaves y poco abrasivos, como caliza, carbón, yeso, fosfatos, etc., debido a que son pocas de alto contenido de sílice, el desgaste que se presenta en forma de surcos profundos en la superficie cilindrica de los rodillos, hace que se tengan costos de mantenimiento muy elevados, presentando además las limitaciones que se indican en los puntos siguientes.

El diámetro de los fragmentos y partículas que se debe triturar para que pueda atravesar el tambo



un desgaste irregular de los rodillos (Fig. 10)

La máquina es relativamente sencilla y las limitaciones que se presentan al utilizarla son pocas. La procura disminuir un poco este tipo de desgaste, obteniéndose así una máquina con un costo más bajo cuando más costosa en la reducción, aún cuando más costosa en el mantenimiento (Figura 10).

Para solucionar el alto costo de mantenimiento en dinero y tiempo, en el rectificado de los surcos de desgaste, se han diseñado máquinas de soldadura automática (Figura 19) para que un poco estos inconvenientes.

El coeficiente de fricción del material triturado en los rodillos, es por regla general bajo, con tendencia a formar muchas juntas en cierto tipo de casos.

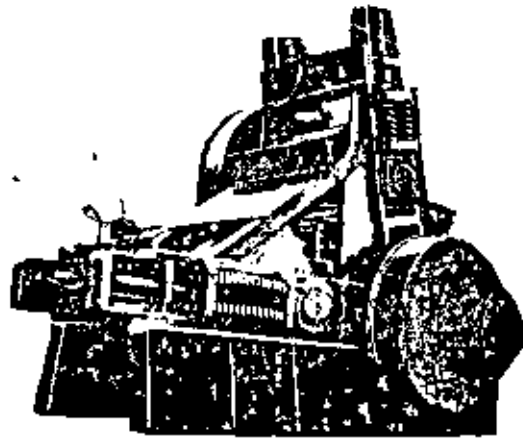


Figura 10.

Por los motivos anteriormente descritos, en muchas instalaciones de producción de agregados, las trituradoras de rodillo han venido siendo substituidas por otro tipo de máquinas, limitándose su campo de acción al proceso de cierto tipo de rocas suaves y poco abrasivas, como ya se dijo.

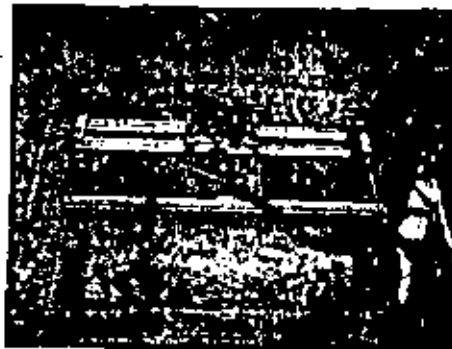


Figura 11.

VI TRITURADORAS DE IMPACTO O DE MARTILLO.

Tanto las trituradoras de impacto (figura 12) como las de martillo (figura 13), utilizan básicamente el efecto de fuertes impactos de la roca contra las placas del bastidor, impulsadas por uno o dos rotores que están girando a elevadas revoluciones por minuto. En las trituradoras de martillo con rojilla inferior (figura 13) existen también los efectos secundarios de corte y desgaste de la roca entre el martillo y la rejilla.

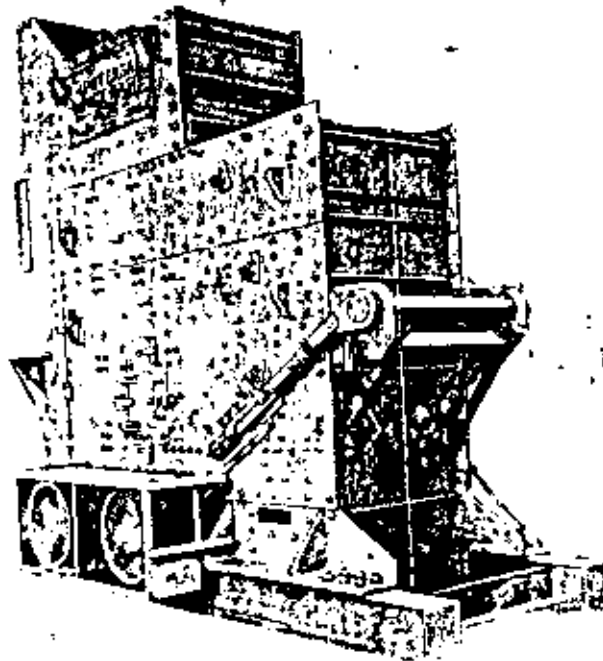


Figura 12A.

Trituradoras de Impacto. Vista exterior.

Con este tipo de máquinas se obtiene un material cúbico de elevado coeficiente de forma, con índices de reducción de $20 \div 1$ y en ocasiones de $30 \div 1$. Desgraciadamente estas máquinas no son adecuadas para procesar rocas con más de 6% de contenido de sílice (SiO_2), por el fuerte desgaste que sufren sus martillos y barras de impacto, con los materiales pétreos abrasivos; siendo aconsejable su empleo para tratar calizas, dolomitas, yesos, asbestos y en general todo tipo de minerales no abrasivos, pues de lo contrario se elevan muy fuertemente sus costos de operación.

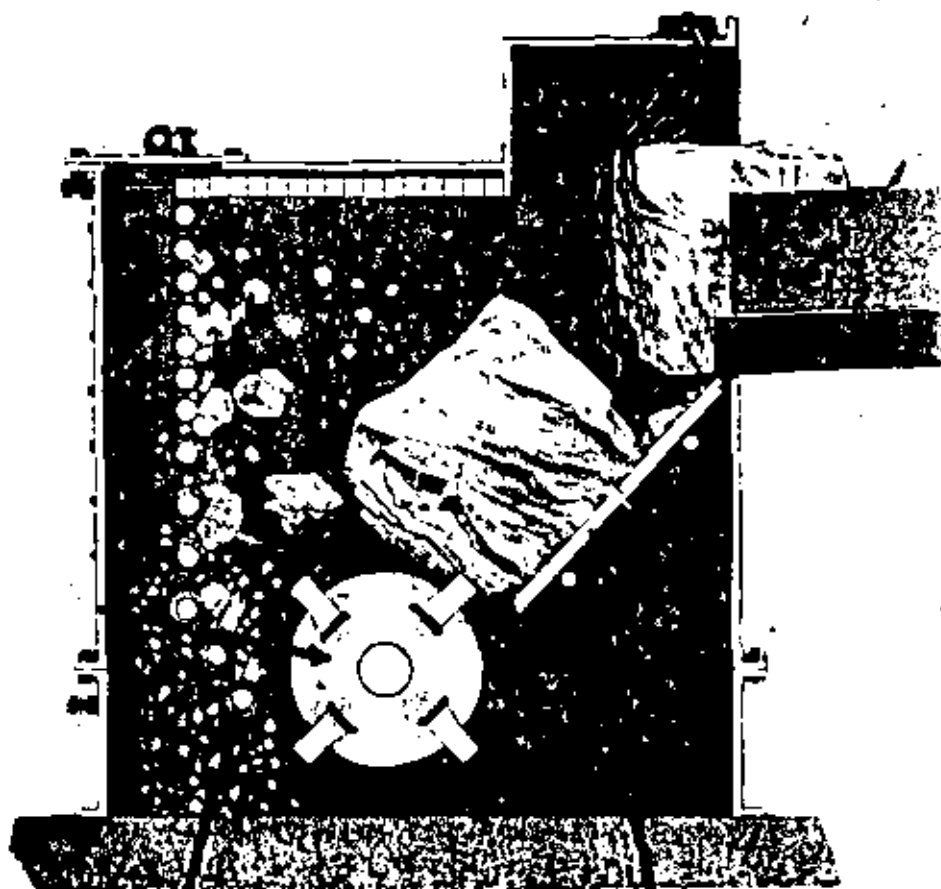


Figura 12B.

Trituradora de Impacto. Corte longitudinal esquemático, mostrando su principio de funcionamiento.

VII TRITURADORAS DE CONO.

Este tipo de trituradoras se ha utilizado en las plantas mineras desde hace más de 40 años. En el campo de las obras públicas se ha generalizado su uso a partir de unos 10 años aproximadamente, pues se tenía que estas máquinas tuvieran una mecánica muy complicada que necesitara cuidados especiales y personal altamente capacitado para operarlas. La realidad ha demostrado que si bien son unidades robustas de mecánica precisa, los cuidados que requieren en su operación y mantenimiento no son mayores que los que necesitan, por ejemplo, una quebradora de quijadas o una trituradora de rodillos en operación normal.

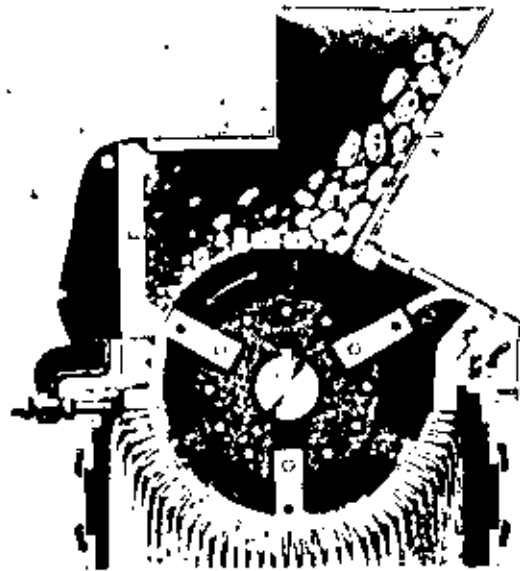
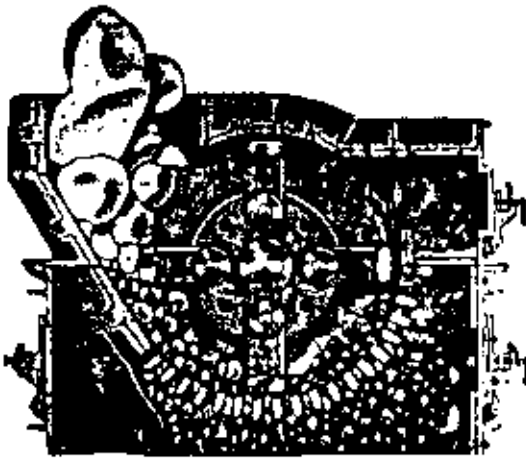


Figura 13.

Trituradoras de Martillo, con rotores de cuatro y seis cabezas de percusión.

Presentan este tipo de máquinas una serie de ventajas adicionales, entre las cuales sobresalen las siguientes:

- a) Producciones relativas elevadas con un alto índice de reducción, que puede llegar a 10 : 1.

- b) Utilización completa y regular de sus elementos de desgaste en la cámara de trituración, utilizándose los efectos combinados de compresiones e impactos (figura 14), dando como resultado poco desgaste por abrasión y un producto con muy buen coeficiente de forma.

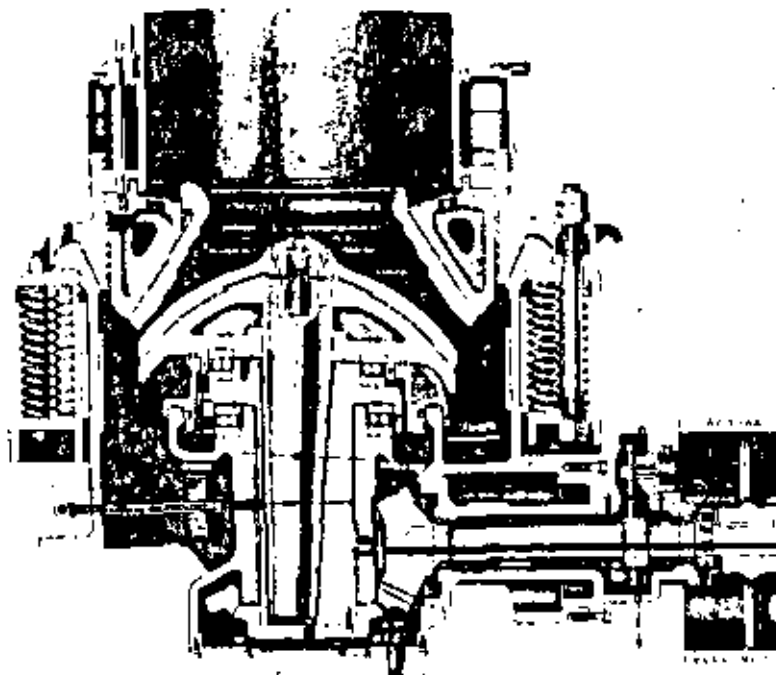


Figura 14.

- c) Protección contra fragmentos metálicos (dientes de cucharón de cargador, cabezas de marro, etc.) no triturables, por un dispositivo a base de resortes en el perímetro de su bastidor (figura 15).
- d) Dimensiones compactas que hacen práctica su instalación en grupos móviles de trituración.
- e) Costos de mantenimiento muy bajos, por la elevada duración de sus piezas de desgaste.

Los constructores de caminos empezaron en unidades portátiles los tamaños de 36" (diámetro inferior del cono), que es una máquina de aproximadamente - - 11,000 kilogramos de peso, con una producción de 60 toneladas a una abertura de salida de 1" (para producir material de 1 1/2"). Posteriormente los grandes volúmenes de materiales requeridos en los nuevos proyectos de autopistas, obligaron a utilizar los tamaños de 48", máquinas de 22,000 kilogramos de peso y -

producciones del orden de 170 toneladas por hora de materiales de 1 1/2" y hoy en día ya los tamaños de 66" (figura 16), máquinas con peso de 42,000 kilogramos y producción de 275 toneladas por hora de material de base, tienen bastante demanda entre los grandes contratistas de caminos.

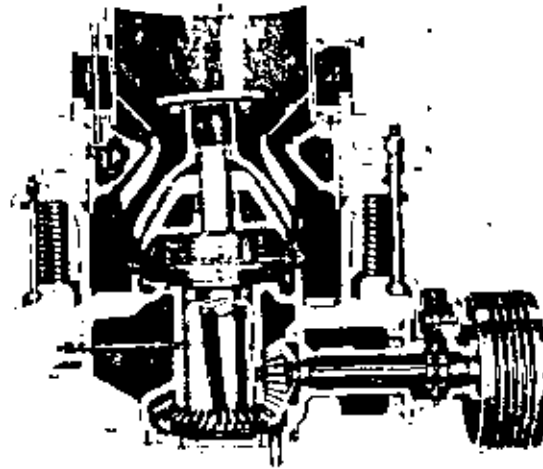


Figura 15.

Las trituradoras de cono se fabrican en modelos especiales para cumplir las etapas secundaria, terciaria y cuaternaria de reducción, modelos que si bien desde el exterior presentan prácticamente el mismo aspecto (figura 17), la geometría de sus cámaras de trituración tiene grandes diferencias, según se trate de una trituradora secundaria (figura 18), terciaria (figura 19) o cuaternaria (figura 20), siendo lógicamente las máquinas que se pueden cerrar a menor dimensión para producir material más pequeño, las que admiten menor tamaño de piedra a la entrada.

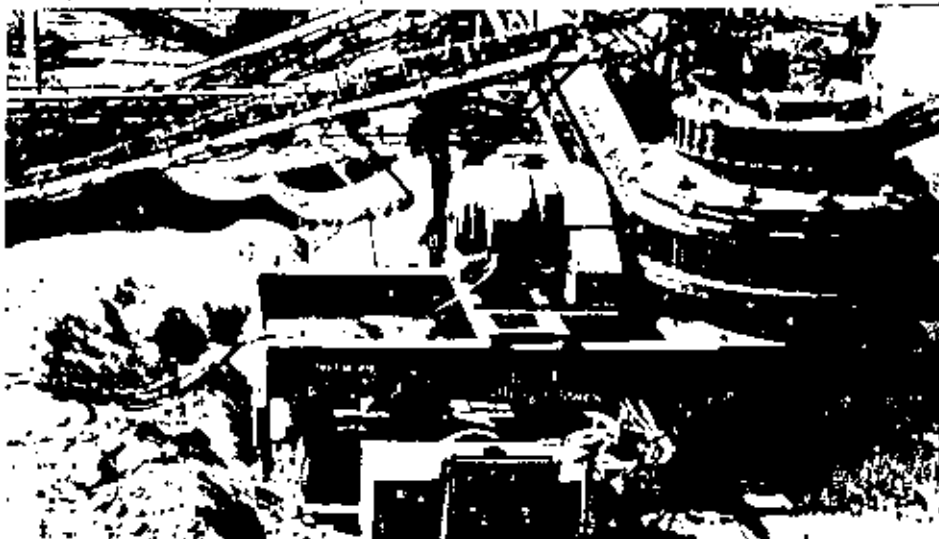


Figura 16.

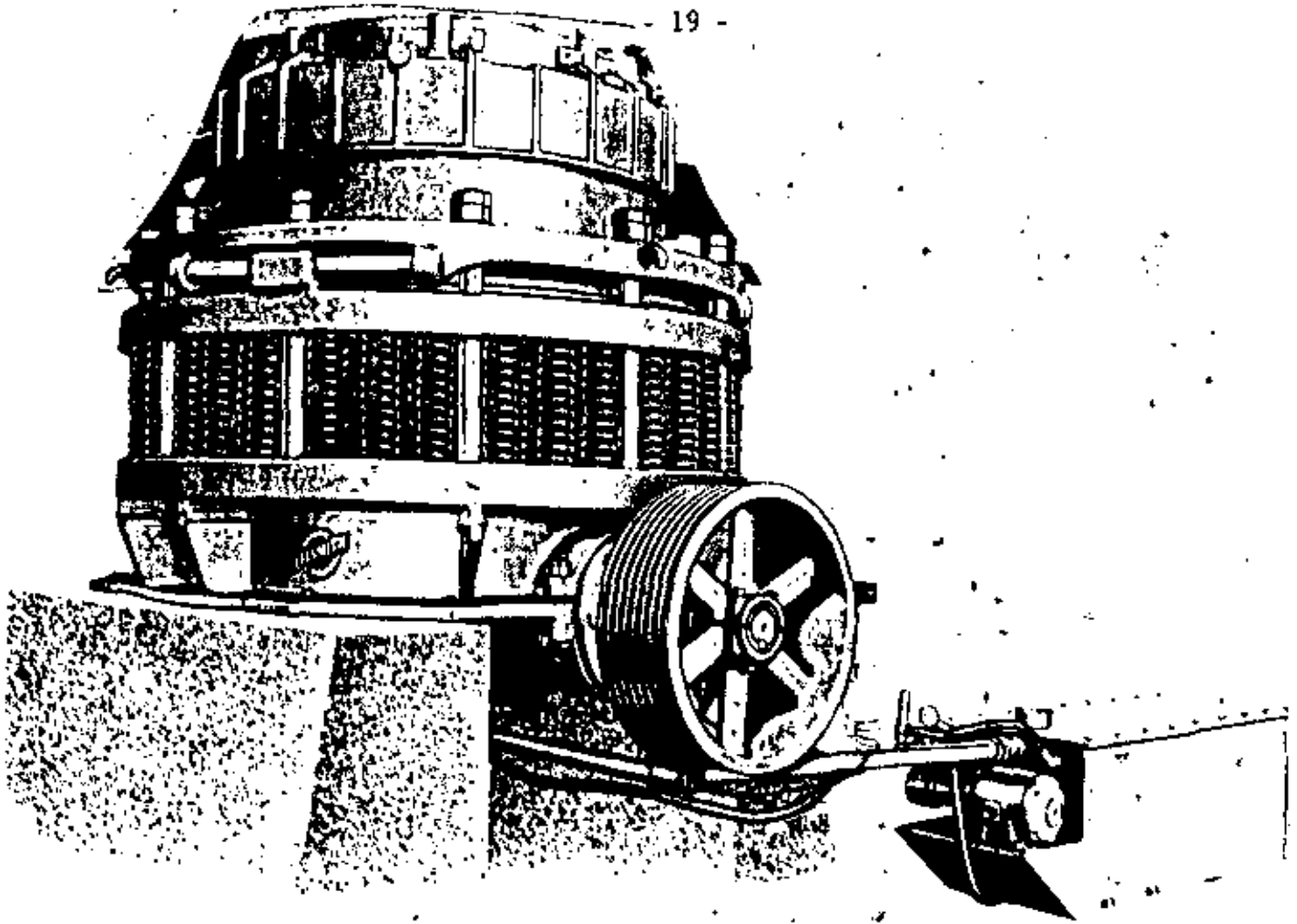


Figura 17.

VIII MOLINOS DE BARRAS.

En algunos casos de producción de arenas calibradas, tanto para la elaboración de concretos hidráulicos, como para corregir las curvas granulométricas de los materiales producto de las trituraciones secundarias y terciarias que - acusan déficits de partículas de 0 a 2 mm para cumplir con las especificaciones de los materiales de base y carpeta asfálticas para la construcción de caminos, es necesario efectuar una cuarta etapa en la reducción de los materiales pétreos, para lo cual se utilizan básicamente los molinos de barras.

Dichas máquinas están constituidas especialmente por un tambor cilíndrico de placa de acer estructural, horizontal, y revestido con placas de acero al - manganeso para su protección interior, estando accionado bien a través de una corona dentada y un piñón, o bien a través de un tren de neumáticos con ejes -

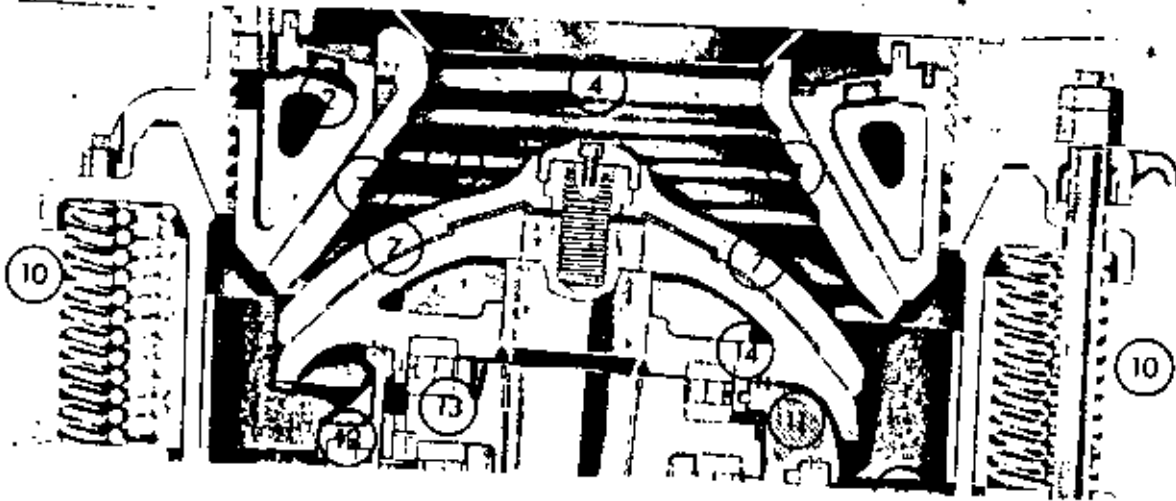


Figura 18.

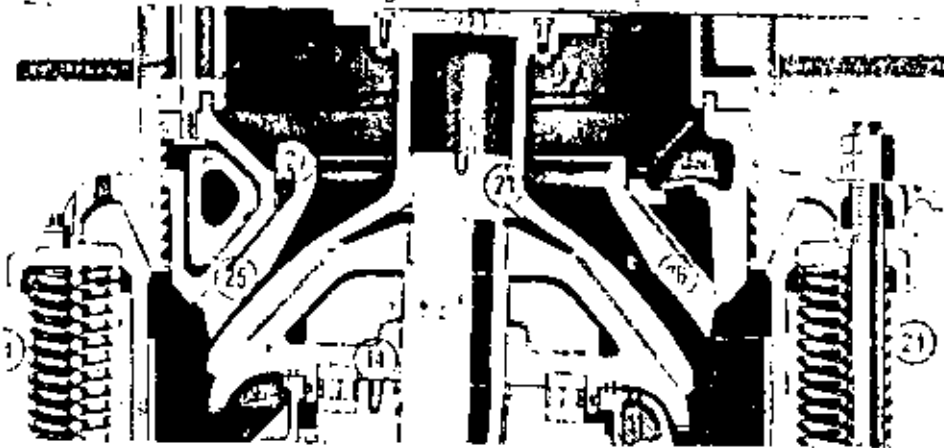


Figura 19.

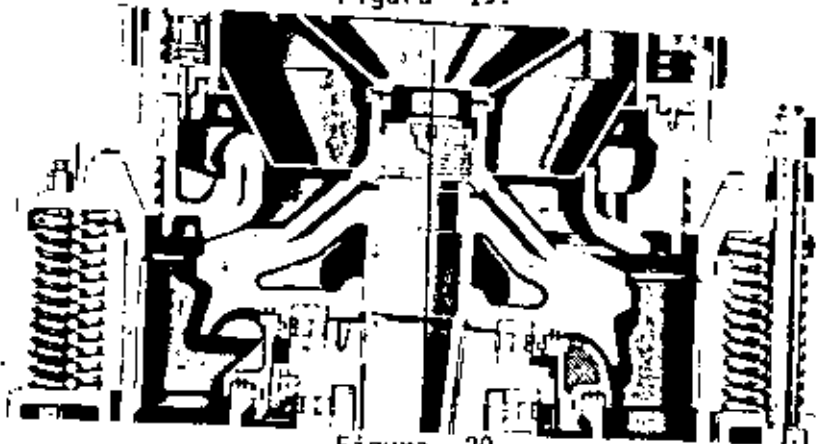


Figura 20.

horizontales. El cilindro está cargado con barras cilíndricas de acero duro de 2" y 3" de diámetro, de longitud ligeramente inferior a la del cilindro.- Estas barras accionadas por la rotación del tubo, ruedan las unas sobre las

otras, y su movimiento relativo genera una acción intensa de molienda. Los molinos pueden trabajar por vía húmeda o por vía seca, y según el grado de finura del producto por obtener, existen tres tipos de alimentación y descarga, los cuales se ilustran en la figura 21.

MOLINOS DE BARRAS

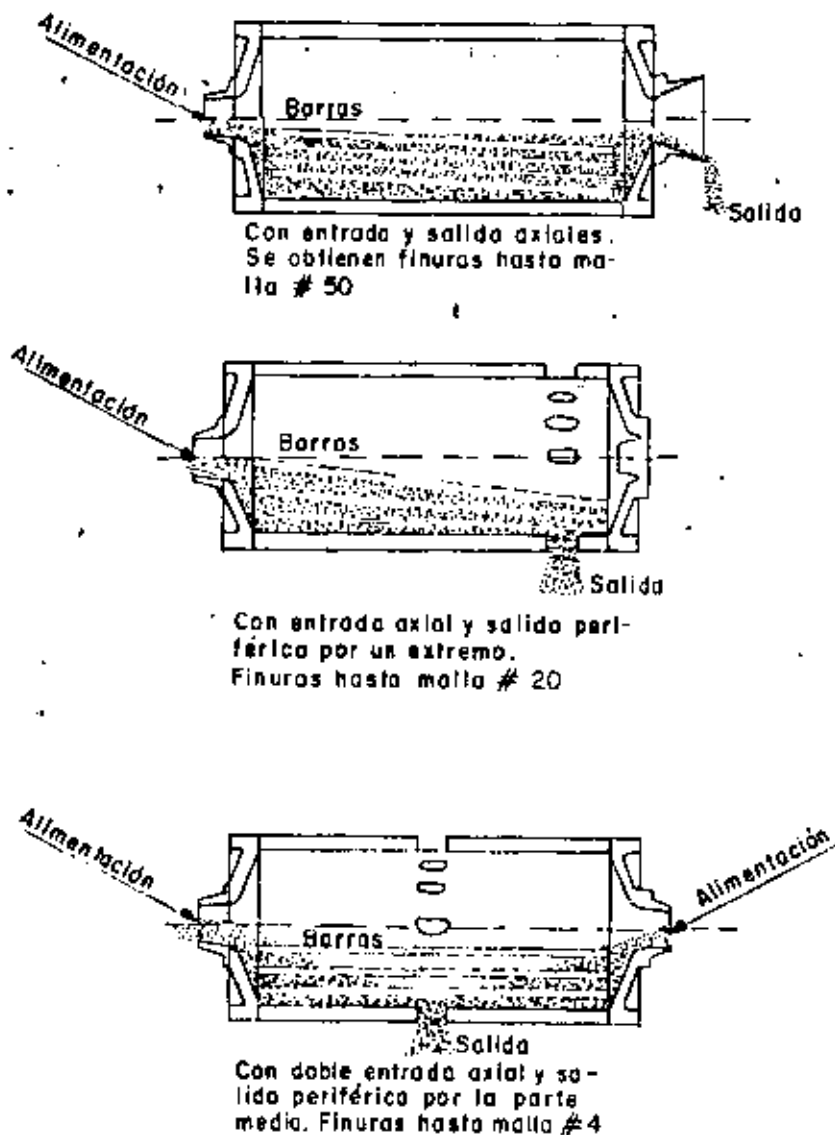


Figura 21.

IX EQUIPO COMPLEMENTARIO.

A) Cribas Vibratorias.

Las cribas vibratorias tienen por objeto la clasificación o selección de los materiales pétreos granulares, en diversas categorías de acuerdo con los tamaños especificados. Dichas máquinas se componen de uno, dos o tres pisos de malla de alambre o de placa perforada en orificios cuadrados, rectangulares o redondos, montados en el interior de una caja o bastidor flotante, equilibrado apoyado sobre resortes o suspendido por medio de cables. Las vibraciones son producidas por el efecto de una flecha excéntrica o provista de contrapesos que gira a elevada velocidad, accionada por un motor eléctrico.

La superficie de cribado está constituida en la mayoría de los casos, por mallas cuadradas, siendo las más comúnmente empleadas, las siguientes:

10. Estados Unidos Norma ASTM

Designación de la malla.

Claro entre alambres en

(Mallas más usuales)

mm

	3"	76
	1-1/2"	38
	3/4"	19
	1/4"	6.3
Número	4	4.76
"	8	2.38
"	16	1.19
"	30	0.59
"	50	0.297
"	100	0.149
"	200	0.074
"	400	0.037

2o. Francia: Norma AFNOR NF-XII-501

	50	50
	20	20
	15	15
	10	10
	5	5
Módulo	37	4
"	35	2.5
"	32	1.25
"	28	0.500
"	25	0.250
"	22	0.125
"	20	0.080
"	17	0.040

3o. Inglaterra: Norma BSA-410

	3"	76
	1-1/2"	38
	3/4"	19
	1/4"	6.3
Número	5	3.35
"	10	1.67
"	22	0.699
"	44	0.353
"	85	0.178
"	100	0.152
"	200	0.076
"	300	0.053

NOTA: En México rigen en la mayoría de los casos las normas americanas de la ASTM.

Existen cribas vibratorias horizontales con doble mecanismo excéntrico, aconsejables para equipar los grupos móviles y cribas vibratorias inclinadas de mecanismo excéntrico simple, utilizadas en las plantas fijas principalmente. Con ambos tipos se logran las mismas producciones y eficiencias. Las inclinadas son más económicas por su excéntrico simple, pero ocupan, para tamaños iguales, un mayor espacio vertical de instalación, que sus homólogos horizontales.

Los tamaños más utilizados (ancho por longitud de la superficie de cribado) en obras civiles son: 4' x 8', 4' x 10', 4' x 12', 5' x 12', 5' x 14', 5' x 16', 6' x 16', en sus versiones de uno, dos y tres pisos.

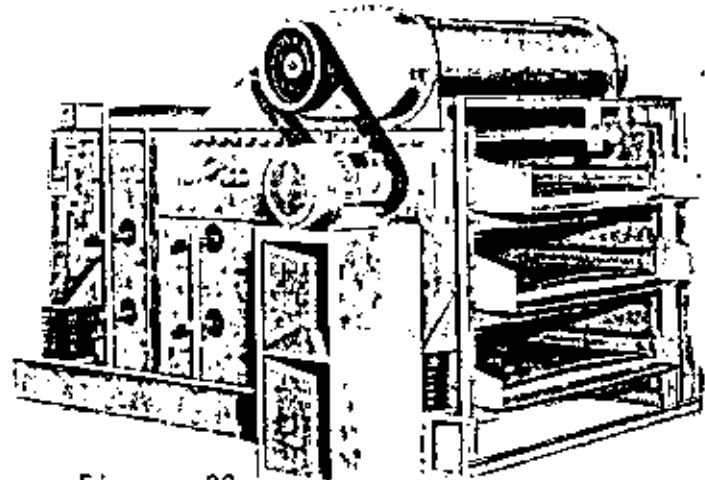


Figura 22.

Criba Vibratoria Horizontal de tres pisos.

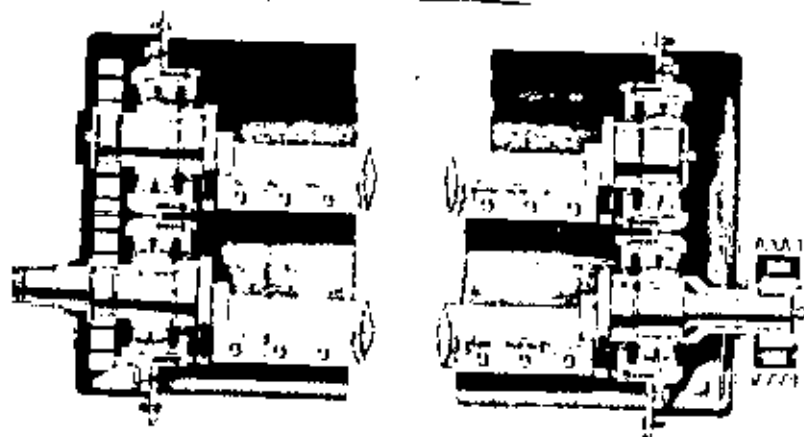


Figura 23.

Mecanismo excéntrico doble para Cribas Vibratorias Horizontales.

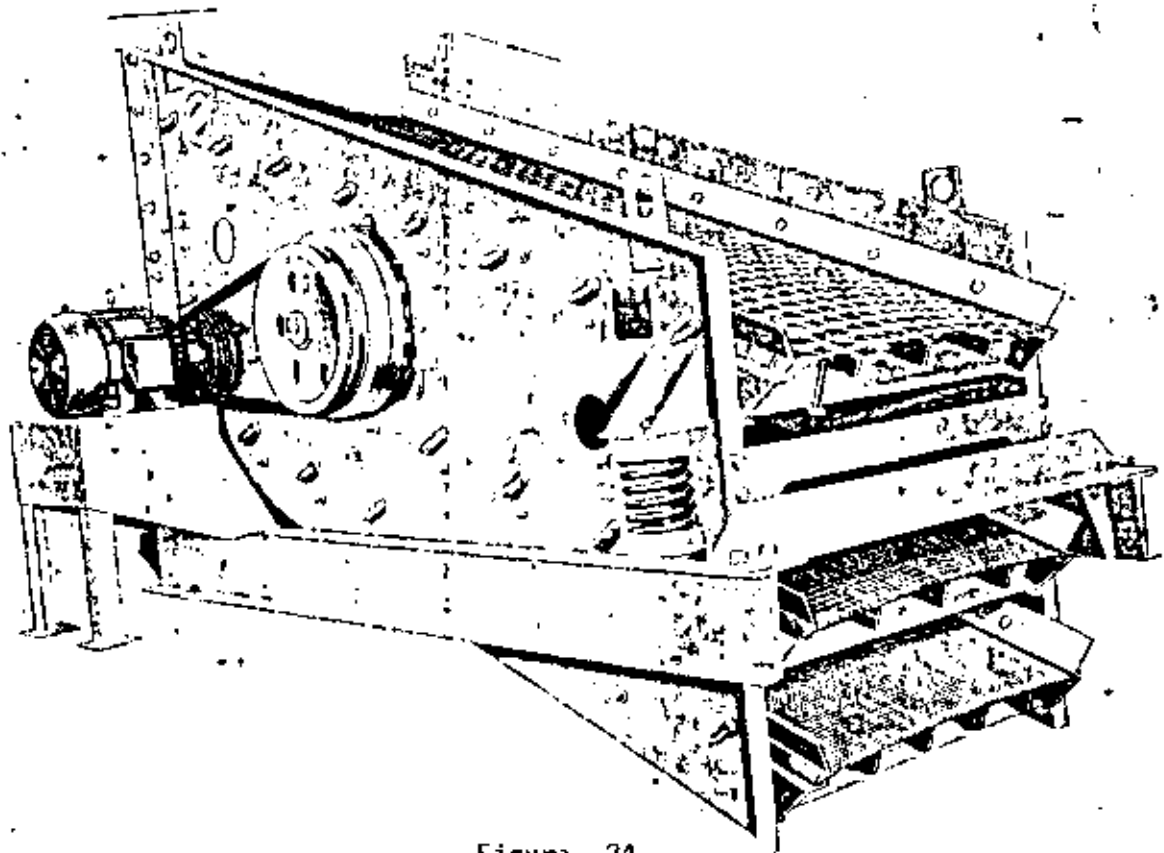


Figura 24.

Criba Vibratoria Inclínada en Tres Pisos .

El cribado de agregados para caminos se realiza por vía seca, mientras que el cribado de agregados para concretos hidráulicos se realiza por vía húmeda, equipando para ello a las cribas, con "Flautas de Riego". (Figura 25).

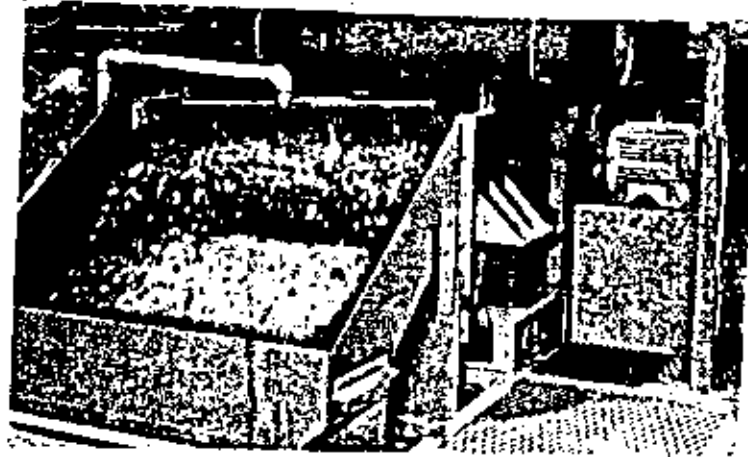


Figura 25.

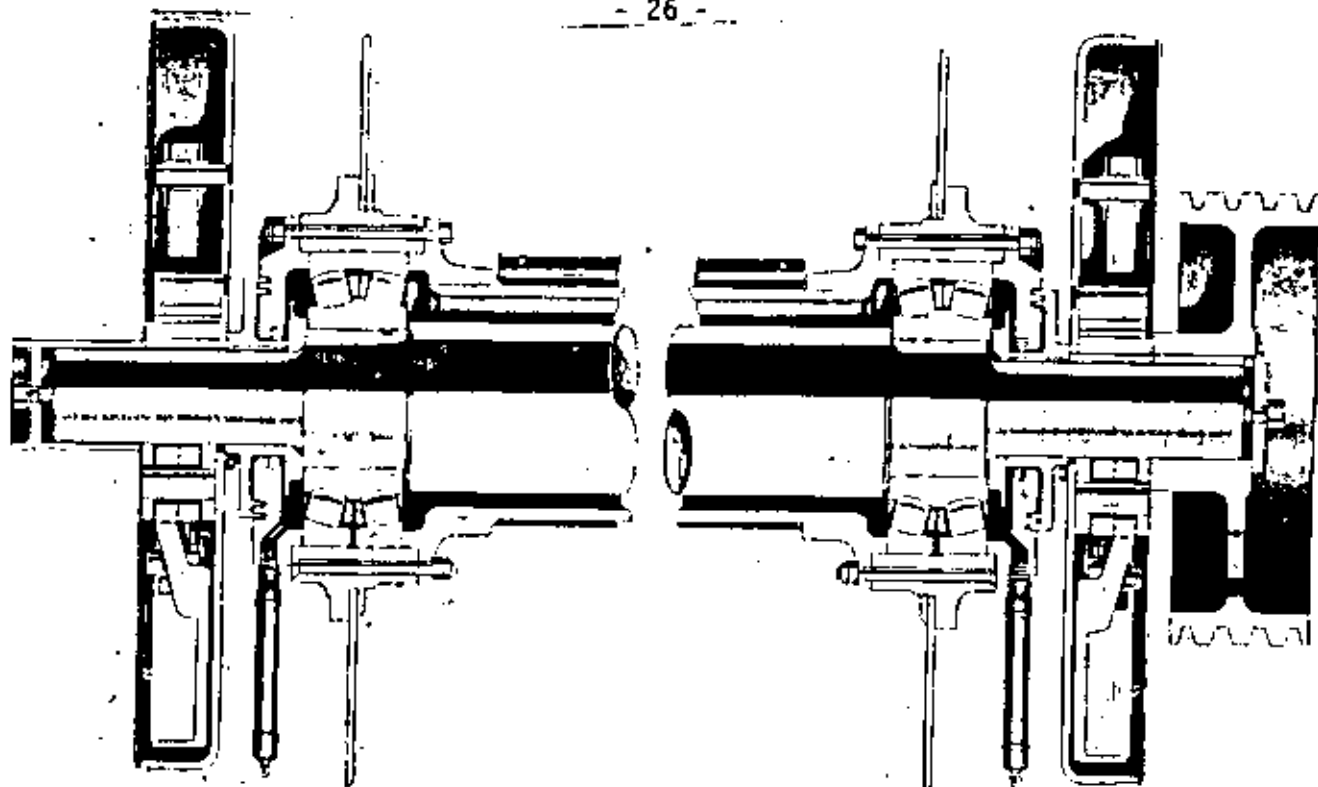


Figura 26.

Mecanismo excéntrico simple para Criba Vibratoria Inclinada.

B) Alimentadores.

La alimentación del material en greña a la quebradora primaria, puede realizarse por el vaciado directo de los medios de transporte arrojando la roca a la boca de la quebradora, o bien por medio de un equipo especial mecánico o "alimentador", con o sin dispositivo de pre-cribado.

Los tipos más populares de alimentadores son:

a) Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico. Se compone de paletas metálicas que forman un tablero continuo que se mueve a una velocidad relativamente lenta (3 a 10 metros por minuto), accionado por un sistema de motor eléctrico, reductor, catananas y dadénas. Este tipo de alimentador se recomienda para instalaciones de alta producción donde se manejan grandes bloques de roca, sobre todo en plantas mineras y cementeras.

b) Alimentador Reciprocante o de Plato. Se compone de una placa metálica rectangular, montada sobre rodillos, animada de un movimiento de vaivén ocasionado por una biela excéntrica. Dicho tipo de alimentador se recomienda para instalaciones de depósitos de río o de aluvión.

c) Alimentador Vibratorio con Rejilla (Grizzly) de Pre-Cribado. Se utiliza en instalaciones de mediana y elevada producción para elaborar agregados pétreos para la industria de la Construcción, con la ventaja de que sólo envían a la quebradora primaria el material que requiere la trituración primaria, precribando el material pequeño que pueda contener el material en greña (Figura 27).



Figura 27.

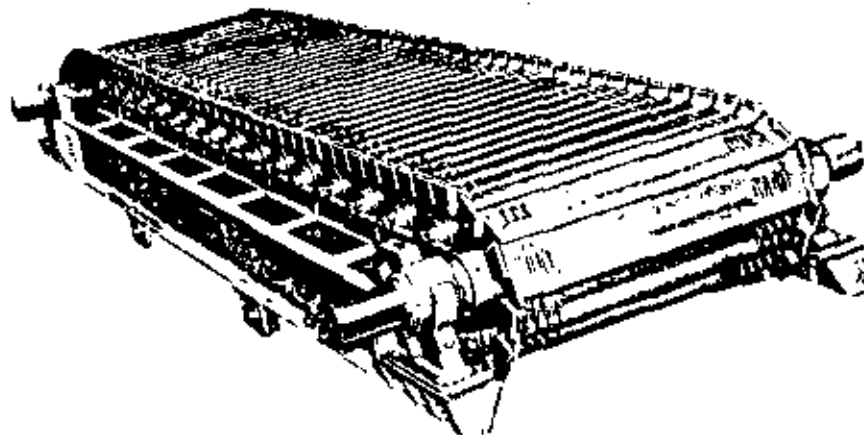


Figura 28.

Alimentador de Mandil o de Tablero Metálico (Tipo Apron).
Anchos más utilizados: 36", 42", 54", 60" y 72".

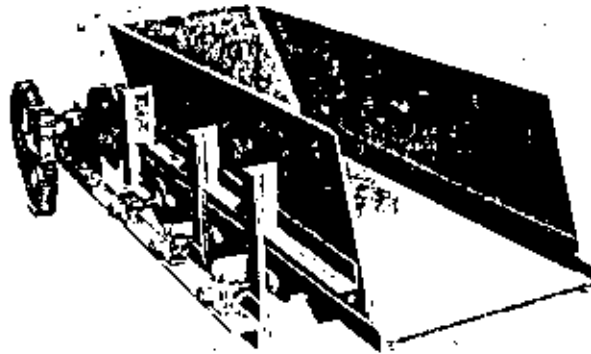


Figura 29.

Alimentador Recíproco o de Plato. Anchos más utilizados: 16", 20", 24", 30" y 36".

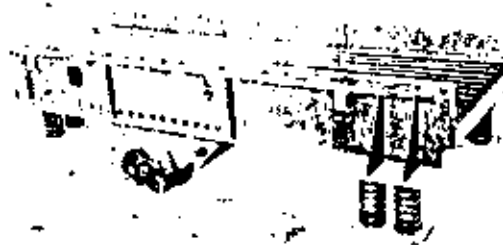


Figura 30.

Alimentador Vibratorio con Rejilla de Precibado. Anchos más utilizados: 36", 42", 48" y 60".

C) Gusanos Lavadores y Desenlodadores.

En la producción de agregados pétreos por vía húmeda, fundamentalmente para la elaboración de concretos hidráulicos, son indispensables los gusanos lavadores o clasificadores de Tornillo de Arquímedes. Se compone de un recipiente de placa metálica, cuya parte inferior por regla general se ensancha para formar un tanque de clasificación con un vertedor para arrojar el agua excedente con los limos y arcillas disueltos en ella. En el interior del cuerpo o recipiente, gira lentamente una espiral longitudinal accionada en su extremidad superior por un motor eléctrico con reductor de velocidad. El gusano lava de impurezas (limos, arcillas, materia orgánica, etc.), las arenas naturales y trituradas, escurriéndolas del agua excedente y evacuándolas por su parte antero-superior para su almacenamiento en tolvas o pilas.

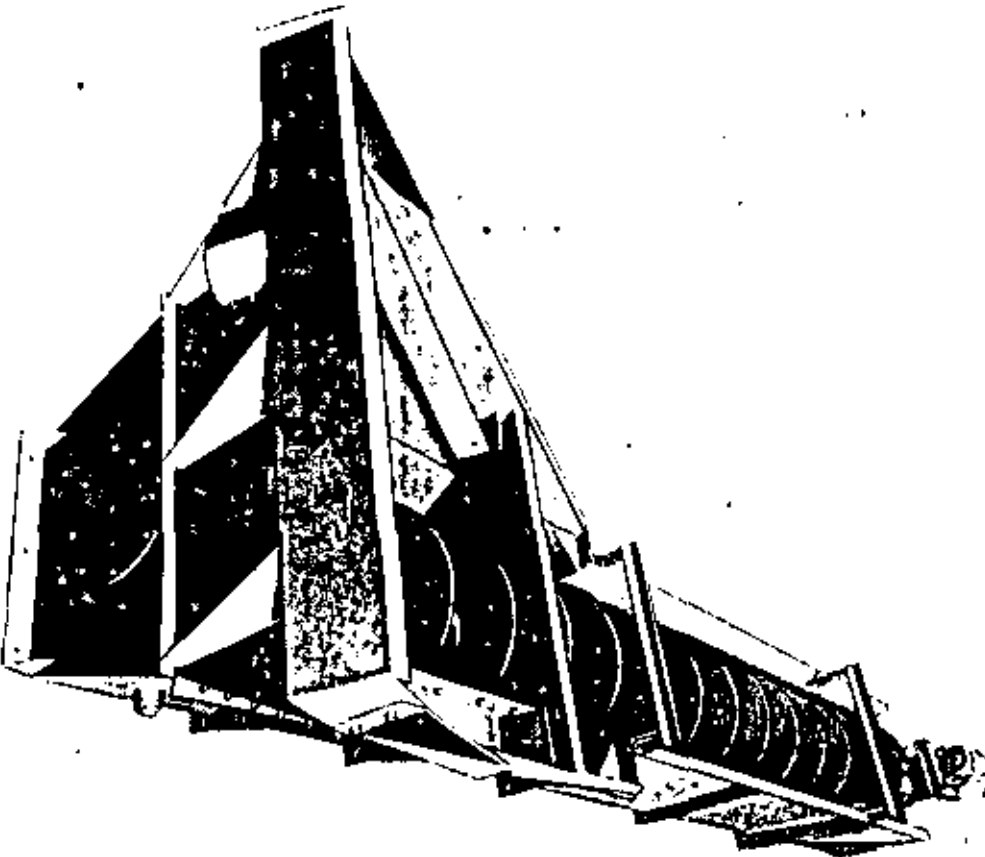


Figura 31.

Gusano lavador de espiral simple. Diámetros más usuales: 20", 24", 30", 36", 42" y 48".

Para el lavado enérgico de minerales y de gravas naturales fuertemente contaminadas con arcilla, se emplean los tambores desmenuadores o "Scrubbers", que constan de un cilindro de placa de acero en cuyo interior se montan espas o paletas metálicas, que mueven el material en su interior. Existe asimismo, un dispositivo de riego de agua a presión para realizar en el interior del tambor, el lavado de los agregados. A la salida, el agua sucia se escurre por los orificios del cilindro de evacuación (figuras 32 y 33).

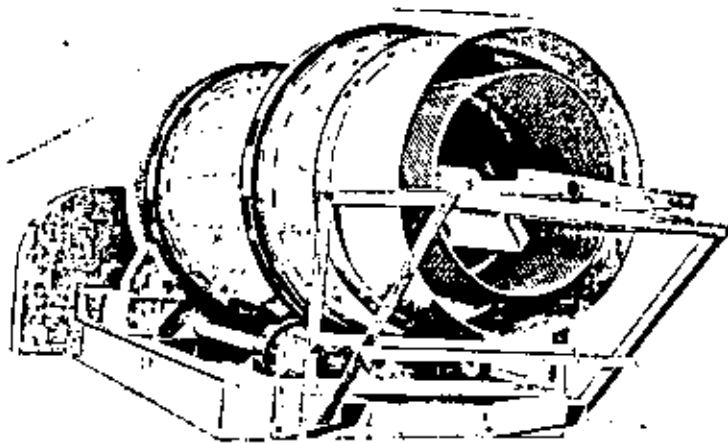


Figura 32.

D) Transportadores de Banda.

Para el manejo de los materiales granulares en las plantas de producción de agregados pétreos se utilizan básicamente las bandas transportadoras, equipo de mecánica simple y de gran eficiencia en el transporte de cualquier tipo de materiales a granel.

Varios tipos de transportadores de banda se han diseñado para satisfacer las amplias necesidades de la industria en general, para el manejo de cualquier clase de materiales, pero todos constan de una cinta o banda de hule reforzada con capas de lona o de nylon, de anchos de 18", 24", 30", 36", 42", 48", 54", 60", etc., montada sobre trenes de tres rodillos uniformemente espaciados y accionada por una polea de cabeza motriz que a su vez es accionada por un moto-reductor eléctrico, que le imprime a la banda una velocidad lineal que va de 100 a 600 pies por minuto en la mayoría de los casos, para transportar de este modo un flujo uniforme de material.

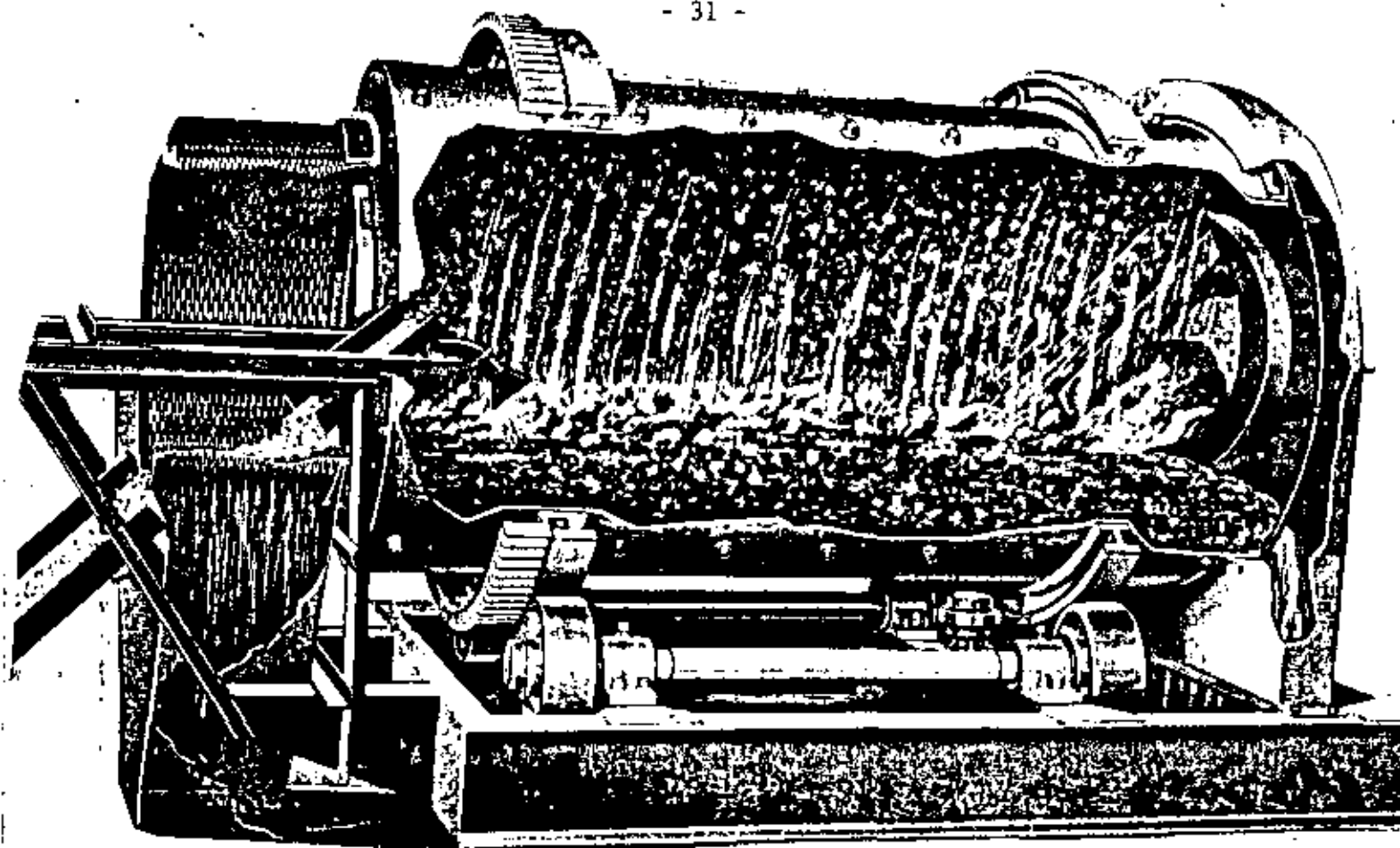


Figura 33.

Corte longitudinal de un tambor desenlodador en operación. Diámetros más utilizados del tambor: 60", 72", 84", 96" y 114".

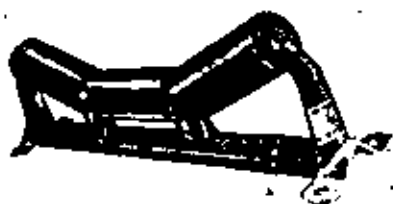


Figura 34.

Tren de tres rodillos de carga, lubricables, con inclinación ϕ 20°.

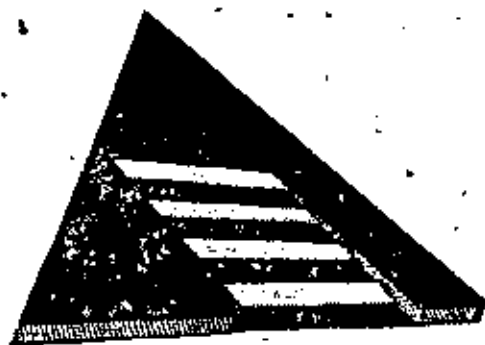


Figura 35.

Corte de la banda transportadora, mostrando las capas de lona y hule alternadas.

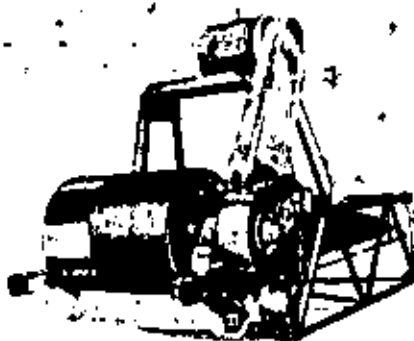


Figura 36.

Cabeza motriz de un transportador de banda con su polea de cabeza, motor eléctrico, reductor y transmisión a base de bandas "V".

La estructura de soporte de los transportadores de banda, es de acero - estructural tipo celosía para transportadores grandes, o tipo viguetas de canal para los transportadores medianos y pequeños.

Para los grupos móviles de trituración existen diseños de bandas transportadoras portátiles, fácilmente transportables, que no necesitan ningún trabajo de cimentación.

Existen sistemas de transporte por medio de bandas, de varios kilómetros de longitud, sobre todo en la industria minera, por ser un medio económico y eficaz, justificándose ampliamente la relativamente elevada inversión inicial, en el manejo de grandes volúmenes de minerales.

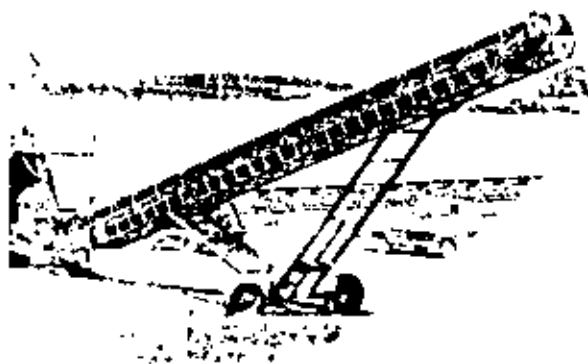


Figura 37.

Banda transportadora radial (Stacker) para almacenamiento de agregados en pilas sobre el terreno.

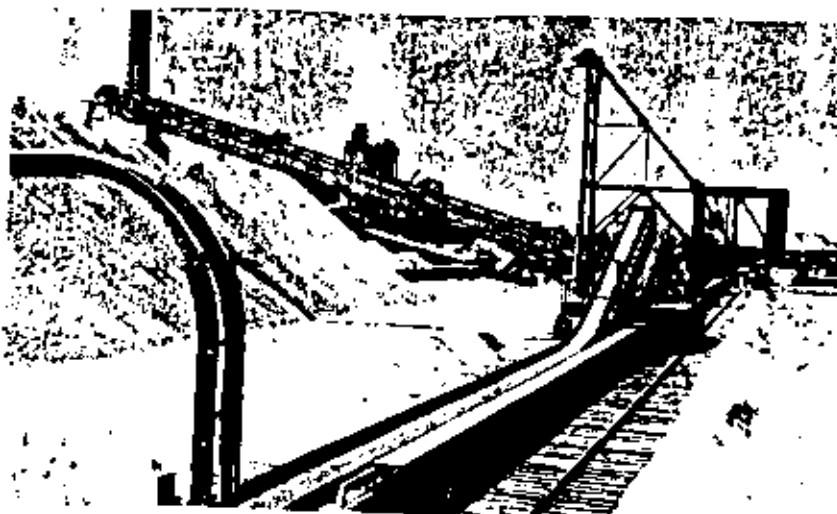


Figura 38.

Sistema estacionario de transporte de agregados y almacenamiento sobre el terreno, a base de transportadores con puntos de descarga variables a lo largo de su longitud (Tripper).

E) Elevadores de Cangilones.

Es un tipo de equipo de elevación de materiales a granel, que consiste básicamente en una serie de botes o cangilones montados bien sobre cadenas o bien sobre una banda de hule. Tanto las cadenas como la banda están animadas de movimiento lineal, que permite la elevación de los materiales recogidos por lo cangilones en la tolva de recepción situada en la parte inferior del elevador..

Si bien es un equipo muy utilizado en las industrias de la cal, cemento, yeso y en minería, en las instalaciones de agregados pétreos ha visto muy

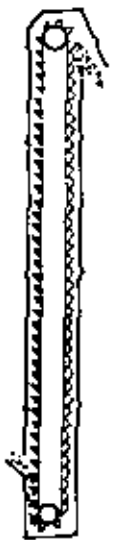


Figura 39.
Elevador de cangilones
montados sobre banda -
tipo continuo



Figura 40
Elevador de Cangilones montados sobre cadena, tipo de descarga centrífuga.



Figura 41.

Elevador de Cangilones Vertical, montados sobre cadena, cerrado, especial para la elevación de productos minerales finos y pulvurulentos.

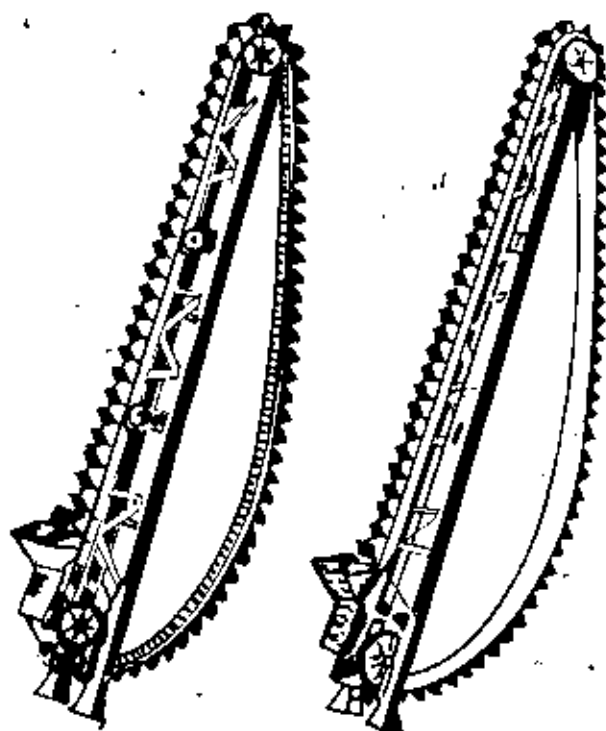


Figura 42.

Elevadores de Cangilones montados sobre banda, inclinados, abiertos, indicados para la elevación y manejo de gravas y arenas de construcción.

X TENDENCIAS ACTUALES EN LA SELECCION DEL EQUIPO DE TRITURACION PARA INTEGRAR GRUPOS MOVILES:

Se hará especial referencia a los equipos de trituración destinados a elaborar los agregados pétreos necesarios para la construcción de sub-bases, bases, carpetas asfálticas y materiales de sello para la construcción de carreteras y aeropuertos.

Desde hace poco más de 20 años se ha venido observando en todo el mundo, una solución muy rápida en las técnicas de construcción de caminos, evolución que ha puesto a los contratistas y a los productores de agregados pétreos, frente a problemas completamente nuevos que han ocasionado modificaciones substanciales en el concepto de sus plantas, así como en las técnicas de producción. Dicha evolución parece haber alcanzado a la fecha, un cierto grado de estabilidad.

Los materiales pétreos destinados a formar las diversas capas que constituyen un camino, lógicamente han seguido muy de cerca la evolución de las técnicas de construcción. En efecto, en tiempos pretéritos se utilizaban términos tales como piedra de 2", grava de 3/4", arena a secas, etc., que generalmente definían un producto que era utilizado para todo tipo de trabajos de construcción. Hoy en día la tecnología de la construcción ha cambiado radicalmente. Por ejemplo, el diseño del concreto hidráulico requiere agregados pétreos completamente distintos a los que se necesitaban en la construcción de una carretera. Por esta razón el equipo que necesita cada uno de estos productos, tendrá características peculiares de acuerdo con el tipo de agregados a producir, situación que no prevalecía, por ejemplo: en los años treinta en donde el productor de agregados con una sola quebradora producía un agregado adecuado para todas las necesidades.

Hoy en día una planta moderna, fija o portátil, es mucho más compleja y representa un capital elevado invertido, obteniéndose sin embargo, costos unitarios inferiores al utilizar el equipo idóneo, con producciones elevadas de productos de alta calidad.

Se hará aquí particular referencia al equipo de trituración utilizado en la elaboración de materiales para sub-bases, bases, carpetas y sellos empleados en la construcción de caminos y autopistas.

Las primeras de dichas máquinas (secundarias) producen materiales en el rango de 1" a 3" de tamaño, las terciarias con cámara fina materiales en el rango de 1/2" a 3/4" y las cuaternarias materiales en el rango de 1/4" a 3/8" de tamaño máximo, en términos generales.

Es de hacer notar, el hecho de que en problemas de trituración total, tanto en los materiales de base (0 - 1 1/2") como en los de carpeta, se en-

cuenta un déficit de materiales finos abajo de la malla número 10 (2 milímetros aproximadamente). Para hacer que la curva granulométrica quede dentro de especificaciones, es necesario "levantarla" (figura No. 43) adicionando finos que bien pueden obtenerse a partir de arenas naturales en bancos próximos a la explotación, o bien producirlos artificialmente en un proceso cuartenario de producción.

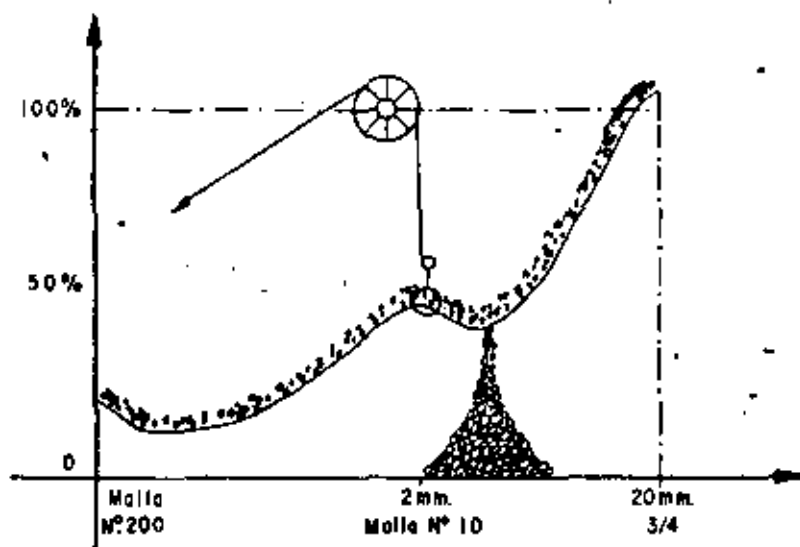


Figura 43.

Una mezcla asfáltica será tan buena, como buenos sean los agregados que se emplearon para elaborarla, por lo tanto, el control de calidad para el producto de una planta de asfalto sea del tipo continuo o del tipo de batch, debe empezar por los agregados pétreos en la alimentación de las mismas (figura 44). Si no se tienen agregados con la correcta granulometría a la entrada, será imposible obtener un producto de calidad. El problema de la construcción en bases y carpetas para caminos y autopistas, empieza pues, con el problema de trituración.

Un problema de trituración quedará correctamente resuelto, si se cuenta con el equipo idóneo, en cada proceso establecido en la planta.

Se había visto, que en lo que respecta a la trituración primaria, el equipo seleccionado universalmente como el apropiado en todos los casos para integración de los grupos móviles camineros, lo constituyen las quebradoras de quijadas.

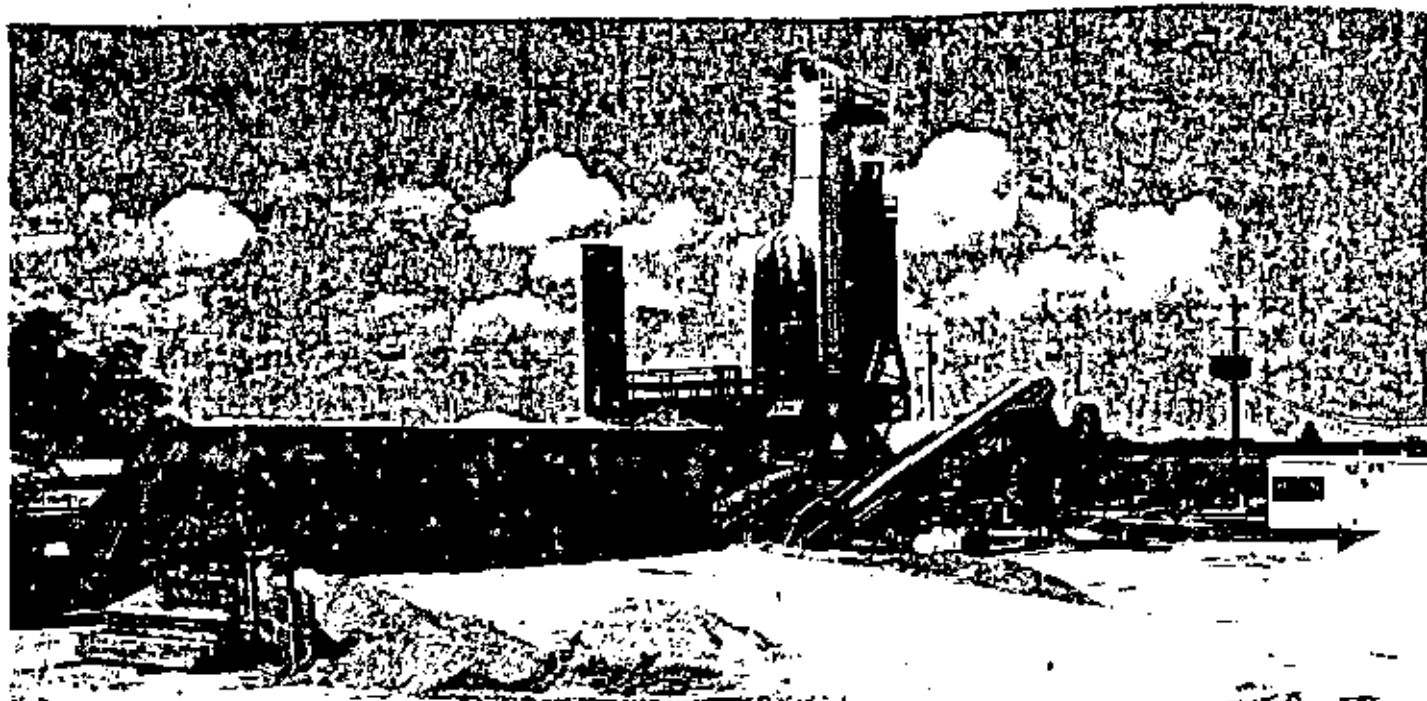


Figura 44.

Sistema de alimentación de agregados pétreos de cinco tamaños, para una planta de asfalto.

Por lo que respecta al equipo secundario y terciario, se puede resumir lo expresado anteriormente, en el cuadro siguiente:

Tipo de Trituradora	Indice de Reducción	Coefficiente de forma del producto.	Grado de abrasividad recomendada de la roca.	Consumo específico de energía
Rodillos	Bajo: 3:1	Bajo: Muchas tajás.	Poco abrasiva	Normal
Martillos e Impacto	Muy alto: 20 ÷ 1	Muy bueno	No abrasiva	Muy alto
Conos	Alto: 10 ÷ 1	Bueno	Todo tipo de rocas.	Normal

Del examen de la tabla anterior, se deduce que el tipo de trituradora - más versátil, capaz de triturar eficiente y económicamente todo tipo de rocas, cualidad indispensable para los grupos móviles camineros, por la diversidad de bancos en los cuales van a trabajar a todo lo largo de su vida útil, son las trituradoras de cono, que cuentan además con un elevado índice de reducción y dan productos con un buen coeficiente de forma teniendo consumos específicos de energía (kilowatts por toneladas producidas) muy razonables.

Por las razones anteriormente expuestas, y una vez roto el "tabú" de -- que las trituradoras de cono eran máquinas de mecánica complicada y de operación y mantenimiento delicados y complejos, su uso se ha popularizado entre los constructores de caminos y autopistas, para integrar los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, en un principio en los tamaños de 36" y en la actualidad en los tamaños de 48" y 66", de muy elevada capacidad, -- que si bien tienen mayores costos de adquisición, se compensa con creces este factor, por los bajos costos de producción que se obtienen y el poco tiempo en el que trituran los volúmenes asignados para cada banco.

El modo de disposición de las máquinas de trituración sobre los chasis-remolque para integrar los grupos móviles ha variado desde el sistema "Dual" preferido hace 25 años aproximadamente, en tiempo de la postguerra, que fue cuando se inició el gran auge de las plantas portátiles o grupos móviles para equipar a los constructores de caminos.

Dicho sistema "Dual", consiste en instalar sobre el mismo chasis-remolque, la quebradora primaria de quijadas, la trituradora secundaria de rodillos, la criba vibratoria, la rueda de cangilones de elevación, las bandas de evacuación y recirculación, etc. En las figuras 45, 46 y 47, pueden apreciarse el aspecto exterior de dichos grupos móviles "Dual", y en las figuras 48 y 49 dos ejemplos del flujo de materiales en dicho sistema "Dual".

Debido a que dicho dispositivo daba unidades de grandes dimensiones, -- muy pesadas, de difícil mantenimiento y operación, en los últimos años se ha adoptado el sistema de grupos móviles "Unitarios".

Para la integración de dichos grupos móviles "Unitarios", la experiencia ha indicado que la quebradora de quijadas es la máquina más adecuada para realizar la etapa primaria de trituración, mientras que las trituradoras de cono en sus versiones de cabeza estándar y corta, son las máquinas apropiadas para realizar las etapas secundarias y terciaria de reducción de materiales pétreos.

En casos de unidades de muy elevada producción, se prefiere poner los alimentadores y cribas en remolques por separado, con el objeto de no tener unidades de pesos exagerados que hagan muy difícil su transporte por las carreteras ordinarias.

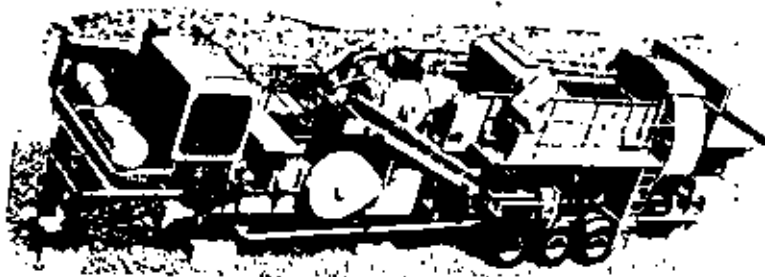


Figura 45.

Grupo móvil "Dual" de trituración primaria y secundaria, con quebradora de quijadas, trituradora de rodillos y criba vibratoria horizontal, con rueda de caucho.

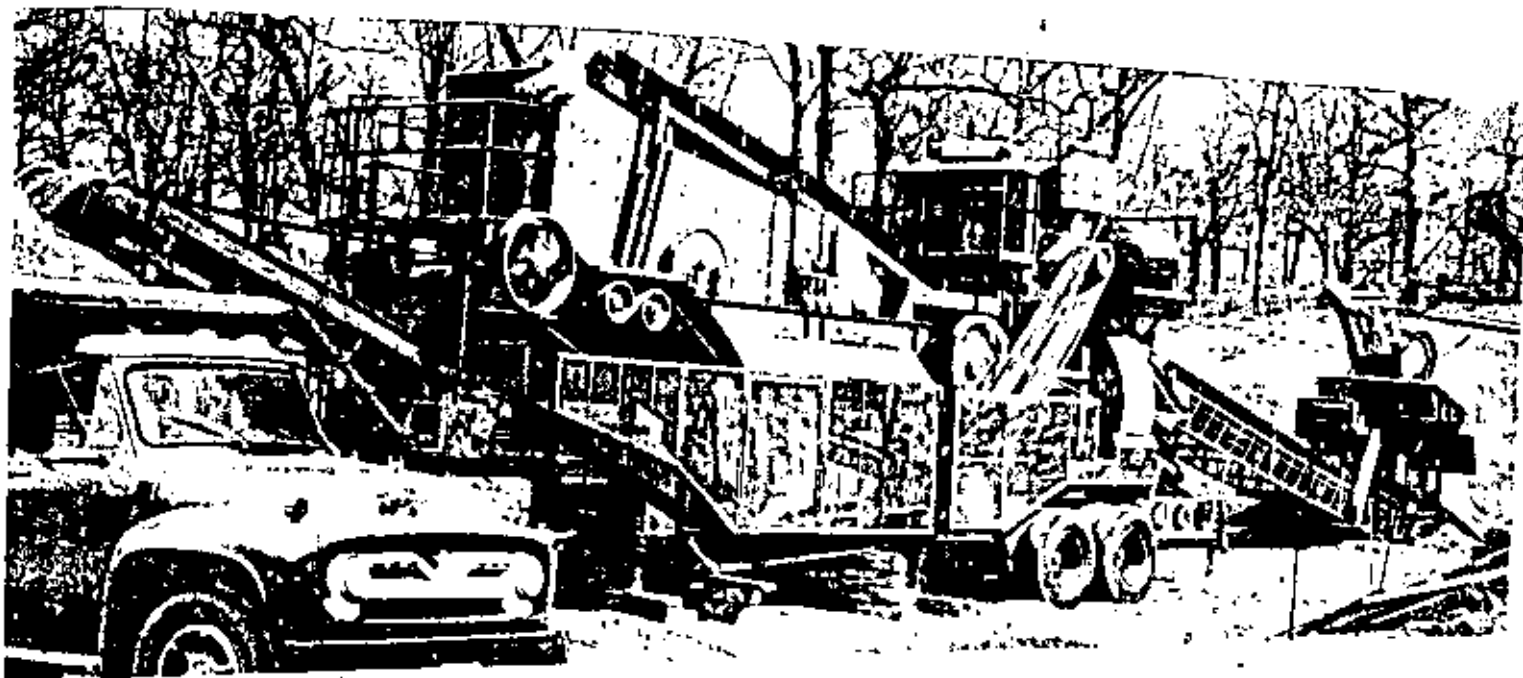


Figura 46.

Grupo móvil "Dual", con quebradora de quijadas, trituradora de rodillos y criba vibratoria inclinada.

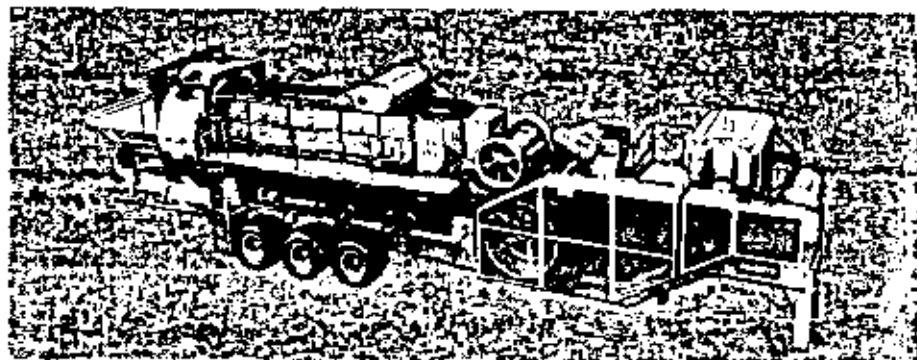


Figura 47.

Grupo móvil con quebradora primaria de quijadas (doble quijada móvil) trituradora de rodillos, criba horizontal y rueda de cangilones de elevación.

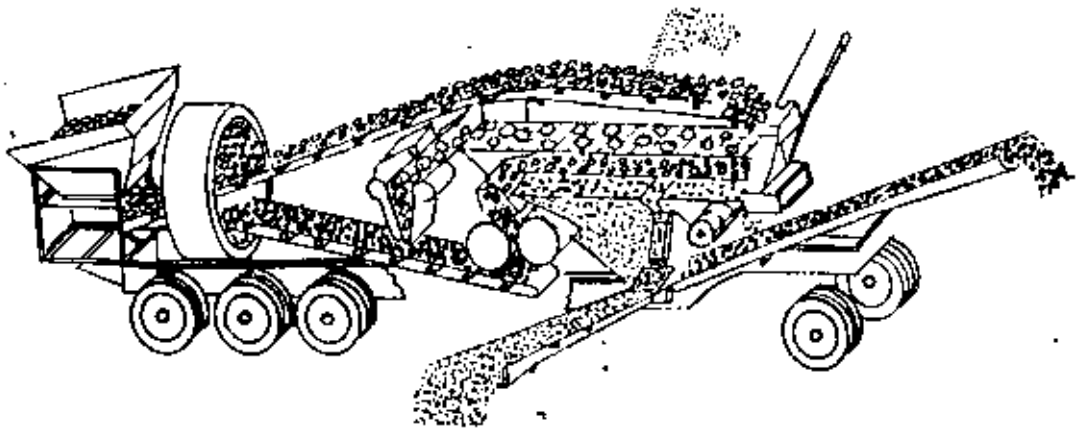


Figura 48

Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", con tolva de recepción del material de alimentación, alimentador de plato, con producción de cuatro tamaños de agregados.

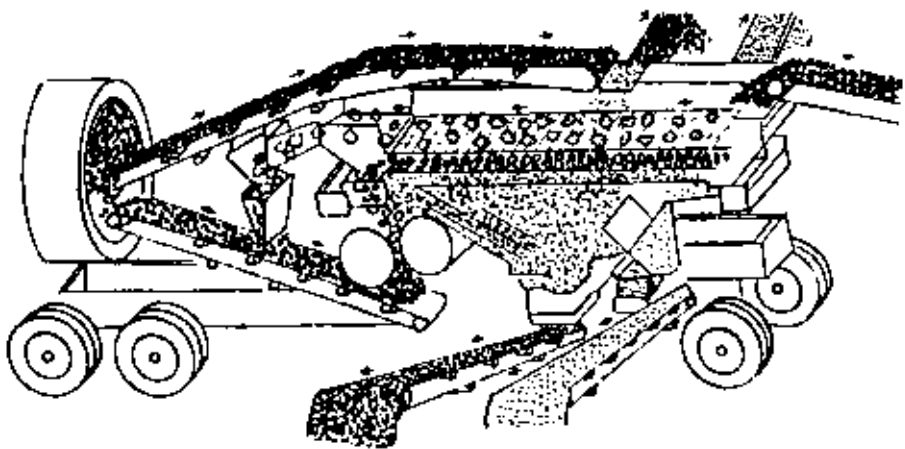


Figura 49

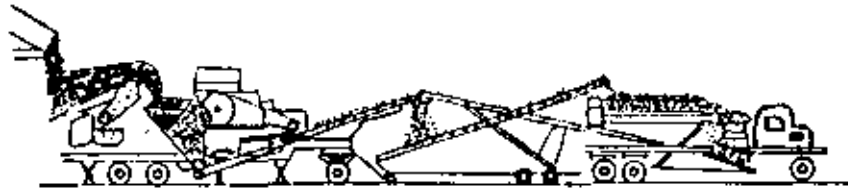
Esquema de flujo de materiales de un grupo móvil "Dual", con alimentación directa a la criba por medio de un transportador.

Se procurará trabajar la última etapa de trituración siempre en circuito cerrado, con el objeto de tener un control del tamaño máximo del producto, así como una mezcla de la fracción triturada con la natural, para tener un agregado homogéneo.

El esquema mostrado en la figura 50, muestra la disposición típica de un grupo móvil primario y de un grupo móvil secundario de trituración, trabajando a circuito cerrado, con sus respectivas bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento de los productos.

GRUPOS MOVILES DE TRITURACION A CIRCUITO CERRADO

CORTE ESQUEMATICO LONGITUDINAL



FLUJO DE MATERIALES CON PRIMARIO DE QUIJADAS Y SECUNDARIO DE CONOS

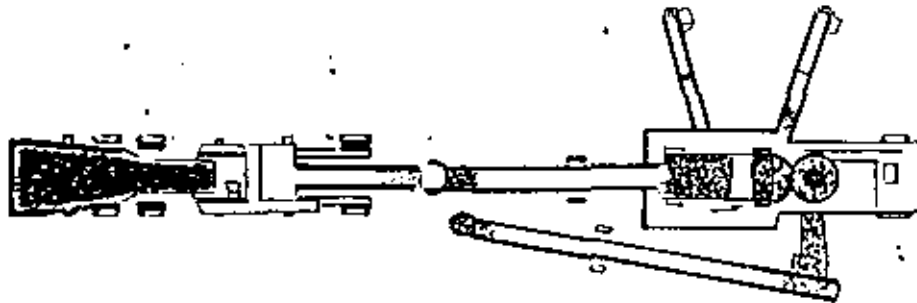


Figura 50.

En las figuras 51, 52, 53, 54, 55, 56 y 57, pueden apreciarse diversos ejemplos de integración de grupos móviles "Unitarios" de alimentación, trituración primaria, secundaria y terciaria, cribado y lavado de materiales pétreos, que es el sistema empleado actualmente en las plantas modernas portátiles de producción de agregados.

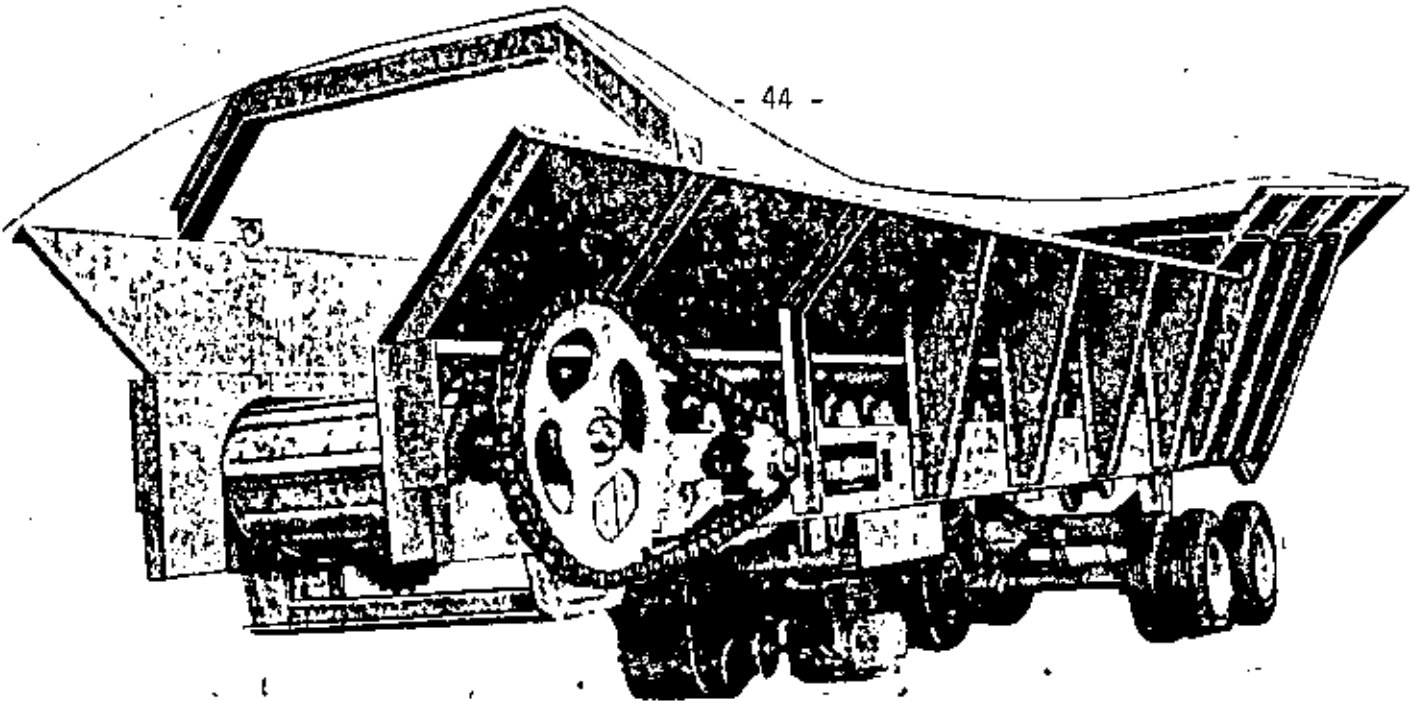


Figura 51.

Grupo móvil de alimentación, con alimentador de de
lantal de 42" x 30".

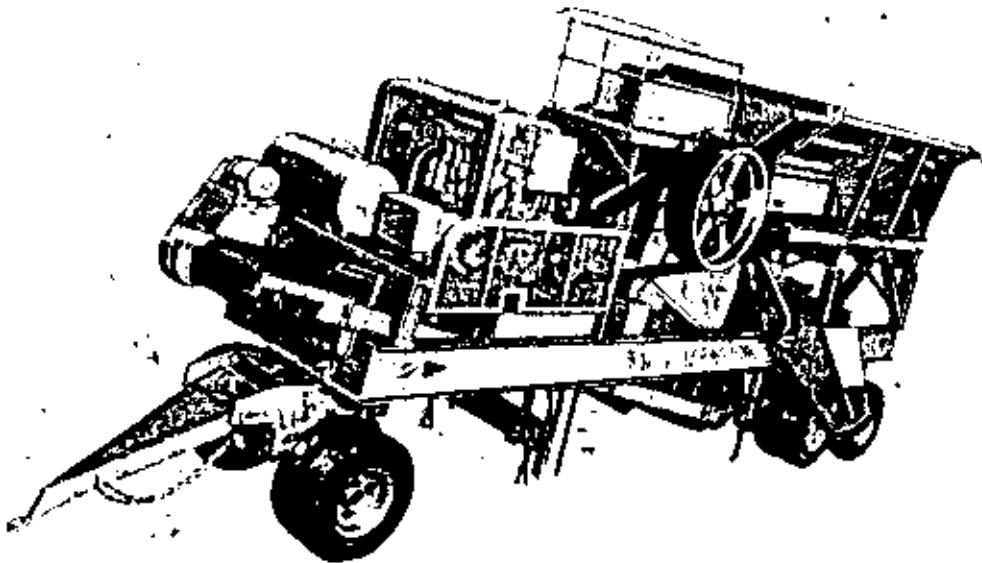


Figura 52.

Grupo móvil de trituración primaria con quebradora
de quijadas 30" x 42".

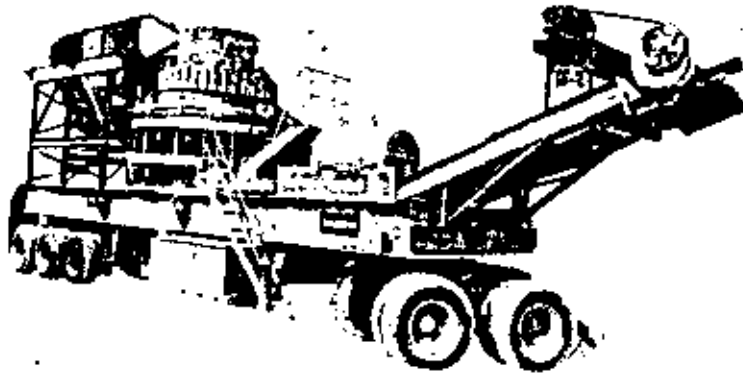


Figura 53.

Grupo móvil de cribado y trituración secundaria con criba vibratoria de dos pisos 5' x 12', trituradora de cono 489S (4') trabajando a circuito abierto.

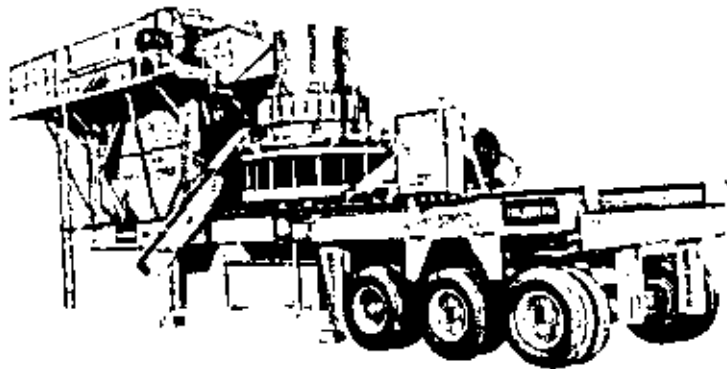


Figura 54.

Grupo móvil de cribado y trituración terciaria, con criba vibratoria horizontal de dos pisos 5' x 16', y trituración terciaria de cono 48FC (4'), trabajando a circuito cerrado.

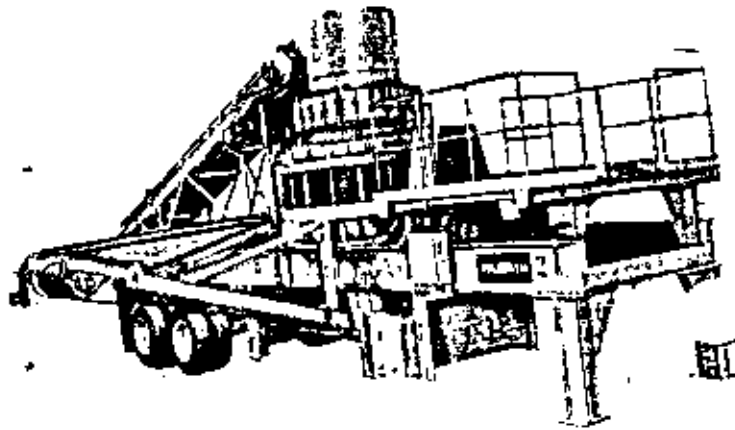


Figura 55.

Grupo móvil de trituración secundaria exclusivamente, con trituradora de cono 665 (5 1/2'), trabajando en circuito cerrado.

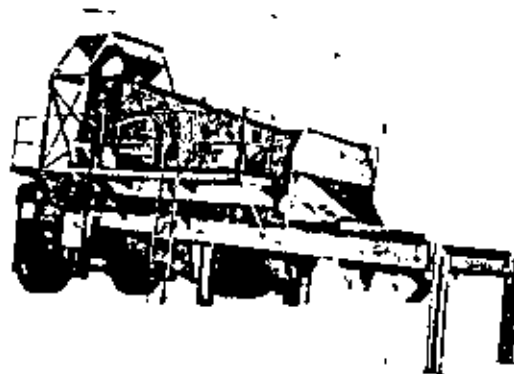


Figura 56.

Grupo móvil de cribado por vía seca, equipado con criba vibratoria inclinada de dos pisos 7' x 16'.

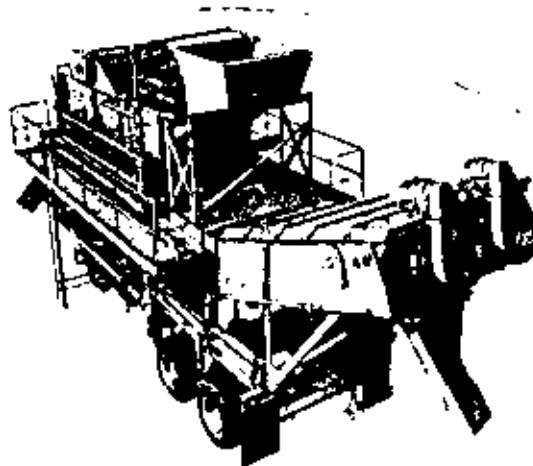


Figura 57.

Grupo móvil de cribado y lavado, equipado con una criba vibratoria horizontal 5' x 14' de tres pisos con flautas de riego, y gusano lavador doble de - 30" x 25'.

En la integración de las plantas portátiles modernas de producción de agregados, se procura siempre que sea posible, equipar a las máquinas con motores eléctricos debido a que los motores de combustión interna son muy sensibles a desgastes por los polvos que seproducuen en este tipo de trabajo.

Si no existe suministro por línea de energía eléctrica, se deberá adquirir un grupo electrógeno que se instalará al abrigo de los polvos producidos, para proporcionar la energía eléctrica requerida por los motores de cada componente de la planta portátil.

Las tendencias actuales entre los grandes constructores de caminos, es la de utilizar equipos de elevadas producciones, sin más limitaciones que su portabilidad, para obtener bajos costos de producción, y poder cumplir con la elaboración de los volúmenes de agregados especificados, en un plazo de tiempo relativamente corto.

Por lo que respecta a las quebradoras primarias de quijadas, en la actualidad los tamaños preferidos por los constructores de caminos, para los cuales ya existen diseños de unidades portátiles son: 20" x 36", 25" x 40", - - 30" x 42", 36" x 46" y 44" x 48", cuya producción se balanceará con los tamaños respectivos de las trituradoras secundarias y terciarias de cono: 36" -- (3"), 48" (4"), 57" (4 3/4") y 66" (5 1/2").

Las cribas vibratorias más utilizadas, de preferencia horizontales, por que requieren menor espacio vertical de instalación, son sus versiones de --

dos y tres pisos, las siguientes: 4' x 12', 4' x 14', 5' x 12' 5' x 14', - - 5' x 16' 6' x 16', 6' x 18' 6' x 20', 7' 16', 7' x 18', 7' x 20'. 8' x 18', - 8' x 20' y 8' x 22'. Para los tamaños superiores a 5' x 16', se procurará - instalar la criba por separado en un chasis-remolque individual, para no tener un grupo móvil secundario o terciario de muy elevados peso y dimensiones.

Últimamente, ciertos fabricantes de equipo de trituración, han diseñado un tipo de criba vibratoria horizontal con excéntrico inferior, la cual instalada en los grupos móviles de trituración secundaria y terciaria, permiten su transporte por carretera, sin necesidad de desmontar la criba, o bajarla de su posición de trabajo, para poder pasar los pasos superiores o inferiores que se encuentre en el curso de su trayecto de un sitio de explotación a otro.

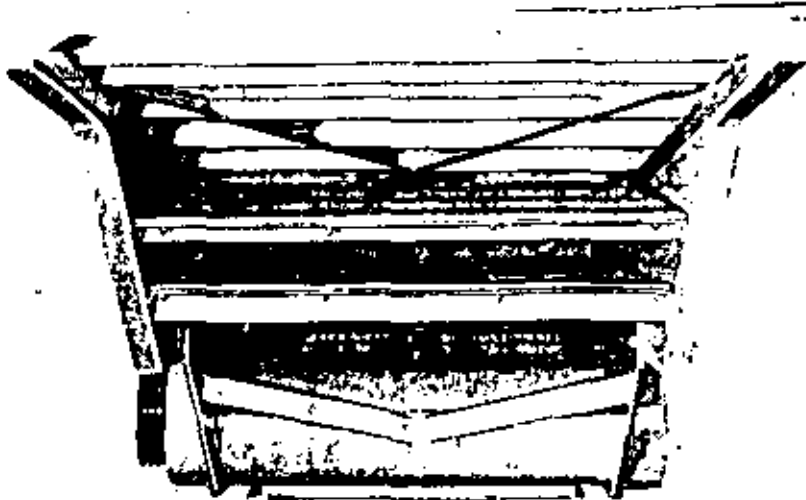


Figura 58.

Criba vibratoria horizontal de dos pisos, con el mecanismo excéntrico instalado en la parte inferior del bastidor.

Esta cualidad del nuevo diseño de grupos móviles de "bajo perfil", permite ahorrar tiempo en el campo de estos equipos, ya que no se requiere hacer ninguna maniobra adicional de acomodo a desmontaje, estando siempre listo el grupo móvil para su traslado.

Se puede establecer de lo expuesto anteriormente, las siguientes:

- 1°. La evolución en las técnicas de construcción de caminos y autopistas, ha conducido a establecer la utilización de agregados pétreos mucho más elaborados, con controles de calidad más estrictos que -

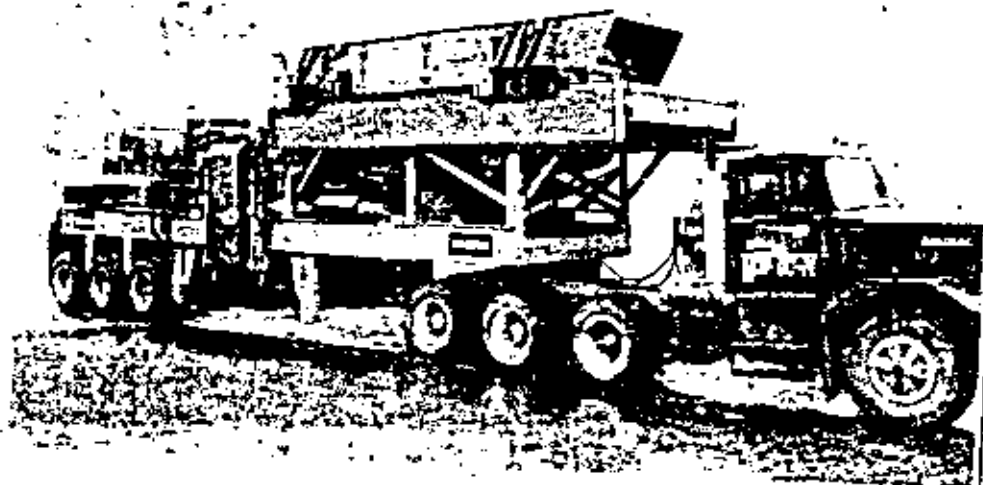


Figura 59.

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", trasladándose para explotar un nuevo banco de agregados, con todos sus componentes (criba, trituradora, etc.) en posición de trabajo.

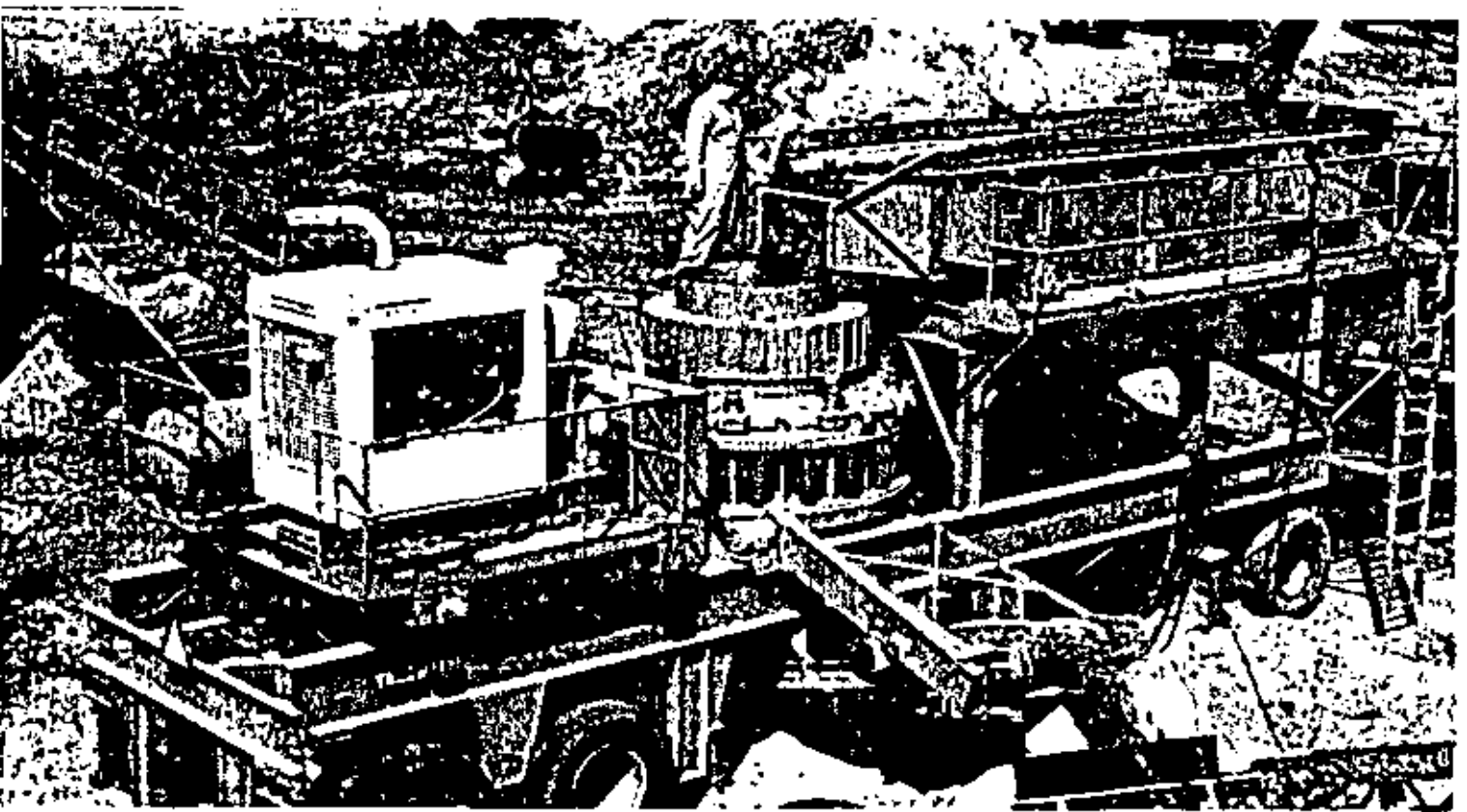


Figura 60.

Grupo móvil de trituración secundaria de "bajo perfil", en posición de trabajo, pocas horas después de haber llegado de su ubicación anterior, con criba vibratoria horizontal de excéntrico inferior - -- 5' x 16' de dos pisos, y trituradora de cono 48S (4').

los que se utilizaban anteriormente, situación que se ha reflejado particularmente en los materiales de base y de carpeta, que tienen hoy en día especificaciones muy rigurosas.

20. Los productores de agregados pétreos han tenido que seguir muy de cerca la evolución de dichas especificaciones, debiendo adaptar -- sus equipos a la producción de los agregados de calidad exigidos.
30. Se considera que la trituradora de cono, es la máquina idónea para integrar los grupos móviles secundarios y terciarios, por sus cualidades intrínsecas y su versatilidad para procesar cualquier tipo de roca.
40. Las tendencias modernas en la constitución de las plantas portátiles de trituración, es la de emplear máquinas básicas cada vez de mayores capacidades, en quebradoras de quijadas los tamaños de 30" x 42 y 42" x 48" y en trituradoras de cono los tamaños de 48" y 66",

capaces de producir del orden de 350 toneladas por hora de materiales de gase (0 - 1"), a costos de producción reducidos y cumpliendo los programas de trabajo en corto plazo, con las ventajas inherentes de estos hechos.

XI EJEMPLO NUMERICO DE CALCULO.

Para que el constructor de obras de ingeniería, pueda seleccionar adecuadamente el equipo de trituración necesario para la producción de agregados pétreos, es indispensable que por lo menos, tenga los siguientes cuatro datos fundamentales:

- 1o. Naturaleza geológica de la roca.
- 2o. Tamaño máximo a la alimentación de la quebradora primaria y en caso de ser una trituración parcial, la granulometría media del banco de agregados naturales.
- 3o. Producción requerida en toneladas por hora.
- 4o. Granulometría del producto a la salida (dimensiones y porcentajes).

La ausencia de cualquiera de estas cuatro informaciones básicas puede dar como consecuencia el seleccionar o bien un equipo menor en capacidad del necesario, o bien un equipo de mayor capacidad y por lo tanto mayor costo; siendo en ambos casos los perjuicios técnicos y económicos muy considerables para el usuario.

Con ayuda de tablas de producciones y curvas granulométricas elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipo, se resolverá el siguiente problema de selección de equipo de trituración y cribado.

- 1o. Banco de basalto limpio, de dureza media.
- 2o. Tamaño máximo de la orca a la alimentación de 18".
- 3o. Se requiere una producción de 90 toneladas cortas (2000 libras) -- por hora.
- 4o. Tamaños del producto a la salida:

3/8" - 3/4"

0" - 3/8"

Para elaboración de carpeta asfáltica.

En términos generales, en la etapa primaria de reducción, se reduce la roca natural a un tamaño máximo entre 4" y 10" por medio de una quebradora primaria. En la etapa secundaria, se reducirá el producto de la trituración primaria, a un tamaño entre 1 1/2" y 3". En la trituración terciaria, se reducirá al producto de la trituración secundaria a un tamaño menor de 3/4".

La primera máquina que deberá seleccionarse es la quebradora primaria; siendo el alimentador seleccionado a continuación, de acuerdo con el ancho de la boca de la quebradora primaria.

Haciendo uso de las tablas de capacidades de las quebradoras de quijadas, que es el tipo de quebradora primaria utilizado en los trabajos de ingeniería civil, se ve que una quebradora de quijadas con boca de admisión de 20" x 36", además de admitir sin problemas rocas de 18", tiene una capacidad entre 70 a 125 Toneladas por hora (de acuerdo con la dureza del material), a una abertura de salida de 3". Suponemos que para un basalto de dureza media, nos puede dar sin problema 90 toneladas por hora. En caso de materiales blandos (calizas, dolomitas, yeso, carbón), podemos considerar la capacidad máxima indicada de 125 toneladas por hora; mientras que en caso de materiales muy duros y abrasivos (cantos rodados de río, mineral de hierro y trapo), debemos considerar la capacidad mínima indicada de 70 toneladas por hora.

A continuación utilizando la curva granulométrica respectiva, vemos que la quebradora de quijadas 20" x 36", con una abertura de salida de 3" nos da material con un tamaño máximo de 5", anotando para nuestro balance granulométrico, los porcentajes producidos de los tamaños entre 5" y 1 1/2", 1 1/2" y 3/4", 3/4" y 3/8" y 3/8" y 0, anotándolos en la tabla de registro elaborada para tal propósito.

La fracción entre 1 1/2" y 5", requerirá trituración secundaria, para reducirla toda a material menor de 1 1/2". Utilizando la tabla de producción respectiva, seleccionamos una trituradora secundaria de cono modelo 36 S (3'), la cual abierta a 3/4" en la salida, tritura las 55 toneladas por hora de material de 1 1/2" - 5". Utilizando la curva granulométrica respectiva, se anotan en la tabla de registro los porcentajes y toneladas por hora de los materiales producidos.

Al realizar el balance granulométrico de las etapas primaria y secundaria, se ve que quedan 44.5 toneladas por hora de material entre 3/4" y 1 1/2" que es necesario reducir en una etapa terciaria a material menor de 3/4". Por medio de la tabla de capacidades respectiva, se selecciona para realizar esta producción, una trituradora terciaria de cono, modelo 36 FC (3'), la cual abierta a 7/16" en la salida produce 44.5 toneladas por hora de material menor de 3/4"

Después de efectuar la cuantificación de los porcentajes y toneladas por hora de materiales de 0 - 3/8" y 3/8" - 3/4" producidos por esta etapa, utili

zando la curva granulométrica respectiva, se anotará el resumen final del producto producido en las tres etapas de reducción.

Se elaborará a continuación el diagrama de flujo (Flow-Sheet) del proceso, haciendo trabajar tanto la quebradora primaria de quijadas 20" x 36" como la trituradora secundaria de conos 36 S (3'), en circuito abierto, y la trituradora de conos terciaria 36 FC (3'), en circuito cerrado, para tener control del tamaño máximo del producto final.

Si se trata de una instalación portátil o móvil, se dispondrán en chasis remolques separados: alimentador y quebradora primaria de quijadas, criba-scalper y trituradora secundaria, criba de productos y trituradora terciaria, con las bandas transportadoras de conexión, recirculación y almacenamiento necesarias para establecer el flujo de la planta.

La ventaja de disponer el equipo en grupos móviles de "función unitaria", además de tener unidades de más fácil transporte, operación y mantenimiento, es la de contar con grupos móviles autónomos que pueden trabajar por separado; es decir, en caso por ejemplo, de explotación de un banco de agregados naturales de río, pudiera no necesitarse el grupo primario, o el grupo primario o secundario, solamente necesitándose el grupo terciario, y por lo tanto, se -- produciría el material necesario con un costo mínimo, ya que únicamente se -- utilizaría el equipo que realmente se requiera de acuerdo con el material natural disponible y el producto que debe elaborarse.

Para el cálculo de la criba, con el auxilio de las tablas de factores, - elaboradas por los fabricantes de este tipo de equipo, se aplicará la fórmula siguiente:

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{\text{Alimentación menos sobretamaño}}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

Fórmula en la cual:

- A = Capacidad específica de la malla en toneladas por hora por pie cuadrado de malla.
- B = Factor en función del porcentaje de sobretamaño en la alimentación a la criba.
- C = Factor en función del porcentaje de la eficiencia de cribado deseada.
- D = Factor en función del porcentaje de material menor a la mitad de la malla calculada, contenido en el material alimentado.

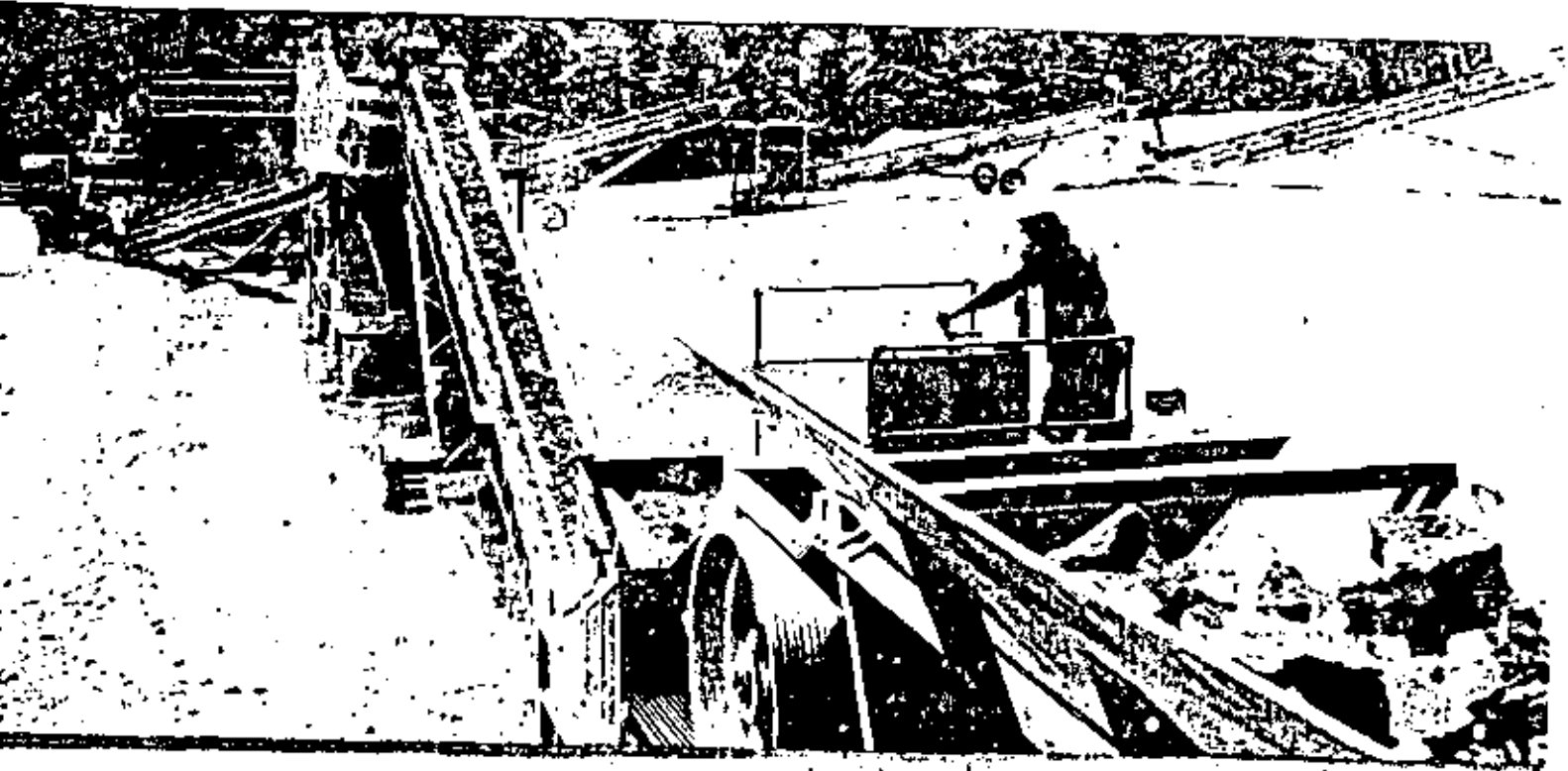


Figura 61. Planta portátil de trituración, con los grupos móviles primario y secundario en circuito abierto, y el grupo móvil terciario en circuito cerrado. Nótese en la parte inferior derecha, la alimentación de roca a la quebradora primaria de quijadas, por medio de un alimentador-grizzle vibratorio. Todas las unidades son accionadas por medio de motores eléctricos.

- E = Factor en función de la abertura de la malla; cuando se criba por vía se tomará este factor igual a la unidad.
- F = Factor en función del orden que tenga la malla calculada en la criba. - En la actualidad, se utilizan cribas de uno, dos y tres pisos. En caso de criba de dos o tres pisos, se calculará cada una de las mallas separadamente, y para seleccionar el tamaño de la criba, regirá la malla mayor.

En el problema resuelto anteriormente, la hoja de flujo muestra que la criba de productos tiene dos mallas 3/4" y 3/8" y que trabaja en circuito cerrado.

1o. Cálculo de la malla de 3/4".

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{134.5 - 44.5}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada: 1.80 toneladas por hora por pie cuadrado malla 3/4".

B = Para sobretamaño de: $= \frac{44.5}{134.5} \times 100 = 33\% - 0.97$

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseada: 94%: - 1.00.

D = Porcentaje de material inferior a 3/8": $\frac{46.1}{134.5} \times 100 = 34\% - .88$

E = Para cribado por vía seca: - 1.00.

F = Para el primer piso: - 1.00.

Substituyendo estos valores en la fórmula

$$A_{3/4} = \frac{90}{1.80 \times 97 \times 1.00 \times .88 \times 1 \times 1} = \frac{90}{1.54} = 58 \text{ pies cuadrados.}$$

Para la malla de 3/8" del segundo piso, el cálculo será:

$$\text{Area en pies cuadrados} = \frac{90.0 - 43.9}{A \times B \times C \times D \times E \times F}$$

A = Para grava triturada, malla de 3/8": 1.19 toneladas por hora por pie cuadrado.

B = Para sobretamaño de $\frac{43.9}{90} \times 100 = 49\% - 0.90$.

C = Porcentaje de eficiencia de cribado deseado: 94%: - 1.00.

D = Porcentaje de material inferior a 3/16": - 30%: - 0.80.

E = Para cribado por vía seca: 1.00.

F = Para el segundo piso: 0.90.

Substituyendo estos valores en la fórmula:

$$A_{3/8"} = \frac{46.1}{1.19 \times .9 \times 1 \times .8 \times 1 \times .9} = \frac{46.1}{.78} = 59 \text{ pies cuadrados.}$$

Puesto que 59 pies cuadrados es mayor que 58 pies cuadrados, en este caso regirá el piso inferior de malla 3/8" para seleccionar el tamaño de la criba.

Se seleccionará una criba vibratoria horizontal de dos pisos de 5' de ancho por 12' de longitud, con una área efectiva de cribado de: 5' x 12' = 60 pies cuadrados.

En la integración de plantas portátiles, se prefiere a las cribas horizontales sobre las cribas inclinadas, debido a que las primeras tienen necesidad de menor espacio vertical de instalación, cualidad muy importante para el traslado por carretera de los grupos móviles, ya que con las cribas horizontales se obtienen alturas de la unidad sensiblemente menores a las de los mismos grupos móviles equipados con cribas inclinadas.

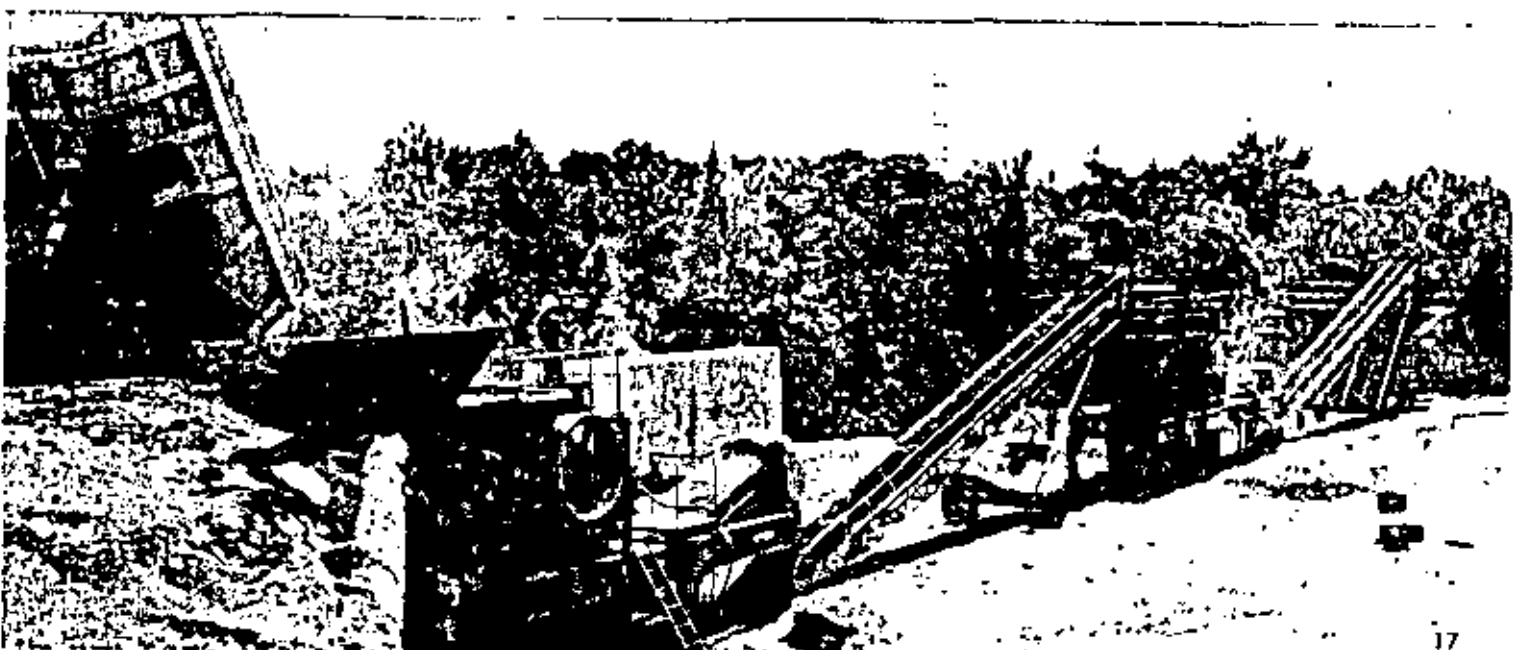


Figura 62. Planta portátil de trituración y cribado por vía seca, mostrándose la descarga de roca del camión a la tolva de recepción del grupo primario y las bandas transportadoras portátiles de conexión del grupo primario al secundario, y del grupo secundario al terciario.

BALANCE GRANULOMETRICO
TABLA DE REGISTRO

Tamaño de los materiales	Trituración primaria quebradora de quijadas 20" x 36" abierta a 3", produce 90 toneladas por hora		Trituración secundaria trituradora de conos 36 S abierta a 3/4", produce 55 toneladas por hora.		Resumen de las etapas - primaria y secundaria		Trituración terciaria trituradora de conos 36 FC abierta a --- produce 44.5 toneladas por hora		Resumen final del producto	
	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h	%	Ton/h
1 1/2" - 5"	61%	55.0	---	---	---	---	---	---	---	---
3/4" - 1 1/2"	22%	19.7	45%	24.8	45%	44.5	---	---	---	---
3/8" - 3/4"	3%	8.1	27%	14.8	26%	22.9	47%	21.0	49%	43.9
0 - 3/8"	8%	7.2	28%	15.4	25%	22.6	53%	23.5	51%	46.1
S U M A	100%	90.0	100%	55.0	100%	90.0	100%	44.5	100%	90.0

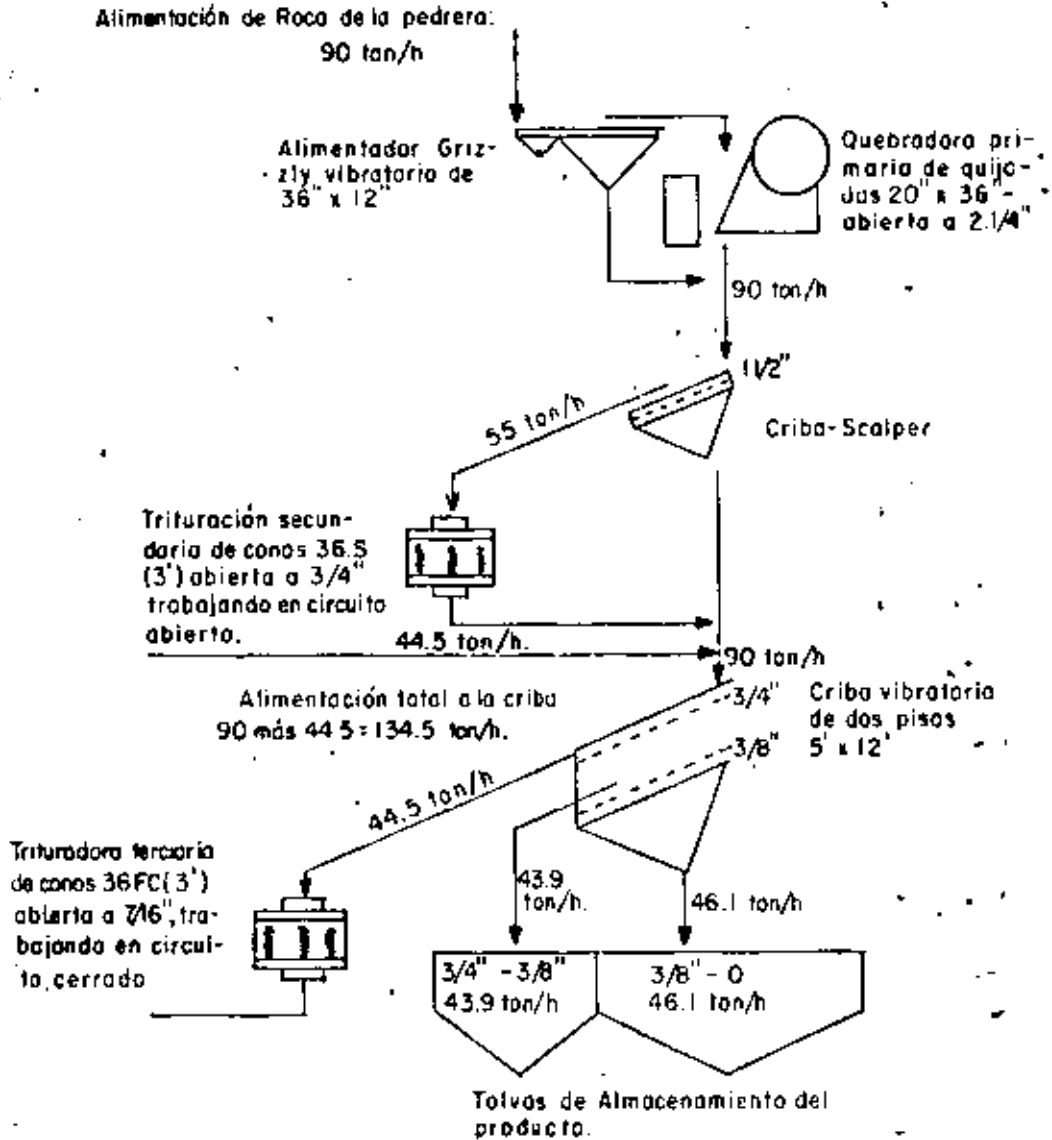


Figura 63

PROBLEMA DE SELECCION DE EQUIPO

Resolver los siguientes problemas de selección de equipo de trituración y cribado, utilizando las tablas y gráficas correspondientes.

PROBLEMA No. 1.

Se requiere una producción de 90 Ton/hr, siendo los tamaños de los materiales que se necesitan, los siguientes:

Un producto de 1 1/2" a 3/4"
Otro de 3/4" a 3/8"
Y el último de 3/8" a 0

Se trata de un banco de basalto, el cual por medio de voladura de dinamita es fragmentado, obteniéndose un material en "greña" con tamaño máximo de 18".

El tamaño de los materiales es el siguiente:

-	18"	+	5"	80%
-	5"	+	1 1/2"	10%
-	1 1/2"	+	3/4"	4%
-	3/4"	+	3/8"	4%
-	3/8"	+	0	2%

Obtener la solución óptima.

PROBLEMA No. 2.

Producción 90 Ton/hr.

$3/4''$ a $3/8''$

• 0 a $3/8''$

El único cambio en este problema con respecto al anterior, es que ahora requiere el 100% de material menor de $3/4''$.

Obtener la solución para primaria y secundaria.

PROBLEMA No. 3.

Mismos datos que el problema No. 2; pero ahora la solución es para primaria, secundaria y terciaria.

PROBLEMA No. 4.

Datos Básicos.

- A) Explotación de un banco de agregados naturales, conglomerado en desí tico.
- B) Tamaño máximo a la alimentación de 8" y una granulometría media del banco como sigue:

	Tamaño:	Por ciento:
3"	- 8" : -	40%
1 1/2"	- 3" : -	20%
3/4"	- 1 1/2" : -	12%
1/4"	- 3/4" : -	10%
0	- 1/4" : -	18%
	S u m a : -	100%

- C) Se desea producir material de base 0 - 1 1/2" para construcción de un camino, necesitándose para cumplir el programa establecido, 225 toneladas métricas por hora de dicho material.
- D) Granulometría del producto: 0 - 1 1/2", según especificaciones SOP, para material de base.

Se pregunta lo siguiente:

- a) Equipo de trituración necesario para producir el material al tamaño y cantidad estipulados. (Seleccionar quebradora de quijadas para la etapa primaria, y trituradora de cono tipo S y FC, para las etapas secundaria y terciaria respectivamente).
- b) Equipo de cribado necesario para integrar la planta.
- c) Tamaño y tipo del alimentador aconsejable para recibir el material natural en greña (ver el siguiente Capítulo VI).
- d) Establecimiento de la hoja de flujo (Flow Sheet) aconsejable, para el acomodo del equipo (alimentador, trituradoras, cribas) seleccionado, indicando las toneladas por hora y tamaño del material, en cada etapa del proceso de trituración y cribado.

XII SELECCION DE LOS ALIMENTADORES DE ROGA.

Datos requeridos para seleccionar un Alimentador:

1. Toneladas por hora que deben ser manejadas, incluyendo alimentaciones máxima y mínima.
2. Peso volumétrico del Material.
3. Distancia a la cual debe transportarse el material.
4. Altura a la cual el material debe ser elevado.
5. Limitaciones de espacio.
6. Método utilizado para la carga del Alimentador.
7. Características del Material.

Procedimiento seguido para seleccionar un Alimentador:

- Etapa 1: Seleccionar el tipo de Alimentador de acuerdo con el cuadro de "APLICACION DE LOS ALIMENTADORES".
- Etapa 2: Seleccionar el ancho del Alimentador. El ancho puede depender de la quebradora que va a ser alimentada; por ejemplo, una Quebradora de quijadas con una determinada boca de admisión, o por el tamaño de la abertura de la Tolva que va a utilizarse. El ancho del Alimentador puede también ser determinado por el tamaño máximo de la roca en la alimentación, o por la profundidad deseada del material y su velocidad de transporte. (Ver nota).
- Etapa 3: Verificar la capacidad del Alimentador seleccionado, contra las cifras indicadas en las páginas de capacidades respectivas (8 a 11).
- Etapa 4: Determinar los HP (caballos de potencia) requeridos de las tablas de selección del tipo de Alimentador respectivo (Etapa I).

N O T A: La profundidad para un material con peso volumétrico de 100 libras por pie cúbico (aproximadamente 1500 kilogramos por metro cúbico), puede encontrarse por medio de la fórmula siguiente:

$$D = \frac{4 \times \text{TPH}}{W \times \text{FPM}}$$

en la cual:

D = Profundidad en pulgadas.

TPH = Toneladas por hora.

FPM = Pies por minuto a los cuales es alimentado el material

W = Ancho neto del Alimentador en pies.

APLICACION DE LOS ALIMENTADORES.

<u>TIPO DE TRABAJO</u>	<u>TIPO DE ALIMENTADOR RECOMENDADO.</u>
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, Pala o Dragga. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del Ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo extrapesado con paletas de acero al Manganeso.
Alimentación de una tolva de carga de material no abrasivo. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del Ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo extrapesado con paletas de acero al carbón.
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer, Pala o Dragga. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 50% del ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo pesado.
Alimentación de una tolva de carga de material no abrasivo. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 30% del ancho del Alimentador.	Alimentador de Tablero Metálico tipo Apron, para trabajo Standard.
Carga de volteo de camión o carga directa por Bulldozer. El tamaño máximo de la roca no deberá exceder al 75% del ancho del Alimentador.	Alimentador Vibratorio de Charolla o Alimentador Vibratorio de Rejilla.
Alimentador bajo la Quebradora -- Primaria para proteger a la Banda Transportadora de evacuación.	Alimentador Vibratorio de Rejilla.

TIPO DE TRABAJO

Alimentador bajo tolvas o pilas de Almacenamiento. El tamaño máximo del Agregado no deberá exceder al 50% del ancho del Alimentador.

Alimentador bajo tolvas o pilas de Almacenamiento. El tamaño máximo del Agregado no deberá exceder al 30% del ancho del Alimentador.

TIPO DE ALIMENTADOR RECOMENDADO

Alimentador recíprocante de Plato.

Alimentador de Banda.

T A B L A S

D E

P R O D U C C I O N .

Y

C U R V A S

G R A N U L O M E T R I C A S

ESPECIFICACIONES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x38	15x24	15x38	20x38	25x40	30x42	38x46	44x48	50x60
Peso neto	2247	2585	4493	5012	4767	8828	12076	16124	24176	34504	50354	75818
Peso para exportación en Kg.	2381	2724	4639	5575	5294	8089	12530	16580	24637	37954	50359	76725
Peso Volumen en m ³	3.26	3.66	4.81	5.24	4.87	10.19	14.16	16.28	25.49	31.15	45.76	59.47
Potencia requerida en HP	10-15	15-20	15-25	40-50	30-40	50-60	75-100	100-125	125-150	150-200	150-200	250-300
Polos de mazo Diámetro X ancho mm.	838x236	838x246	965x267	965x267	965x267	1215x318	1261x375	1372x375	1524x375	1876x408	1829x432	1981x432
R. P. M.	350	350	320	320	320	285	265	260	255	235	220	220

* Fabricación nacional actual (mayo 74)

CAPACIDADES DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS

Tamaño	10x16	10x21	10x30	12x38	15x24	15x38	20x38	25x40	30x42	38x46	44x48	50x60
Capacidad en toneladas una abertura de salida:												
1/2"	4-6	5-7										
3/4"	6-8	7-10	13-20	18-27								
1"	8-11	9-13	17-29	22-33	17-25							
1 1/2"	10-15	15-20	23-34	29-43	25-35	58-57						
2"	14-20	19-28	29-43	35-54	50-45	48-72	45-85					
2 1/2"	17-25	22-33	35-52	43-65	37-55	57-85	58-105					
3"				56-75	43-65	87-100	70-125	110-180				
3 1/2"						78-114	80-145	125-210	140-220			
4"							90-183	140-225	180-240	200-300		
5"							115-200	170-270	190-285	240-380	300-450	420-625
6"							140-240	200-320	220-350	280-420	335-500	460-700
7"							165-280	225-375	260-560	320-480	385-550	505-760
8"								260-430	300-480	350-625	406-610	
8 1/2"										385-545	467-870	550-810
9"										400-610	480-720	600-900
10"										450-650	520-780	650-980
11"											560-840	710-1050
12"												780-1350
13"												900-1470
14"												950-1800
15"												1000-1680
16"												
Palabra Clave	Jabal	Jacal	Jada	Jaggy	Jalop	Jarf	Jave	Jounce	Jotuma	Jocuna	Jawia	Jéul

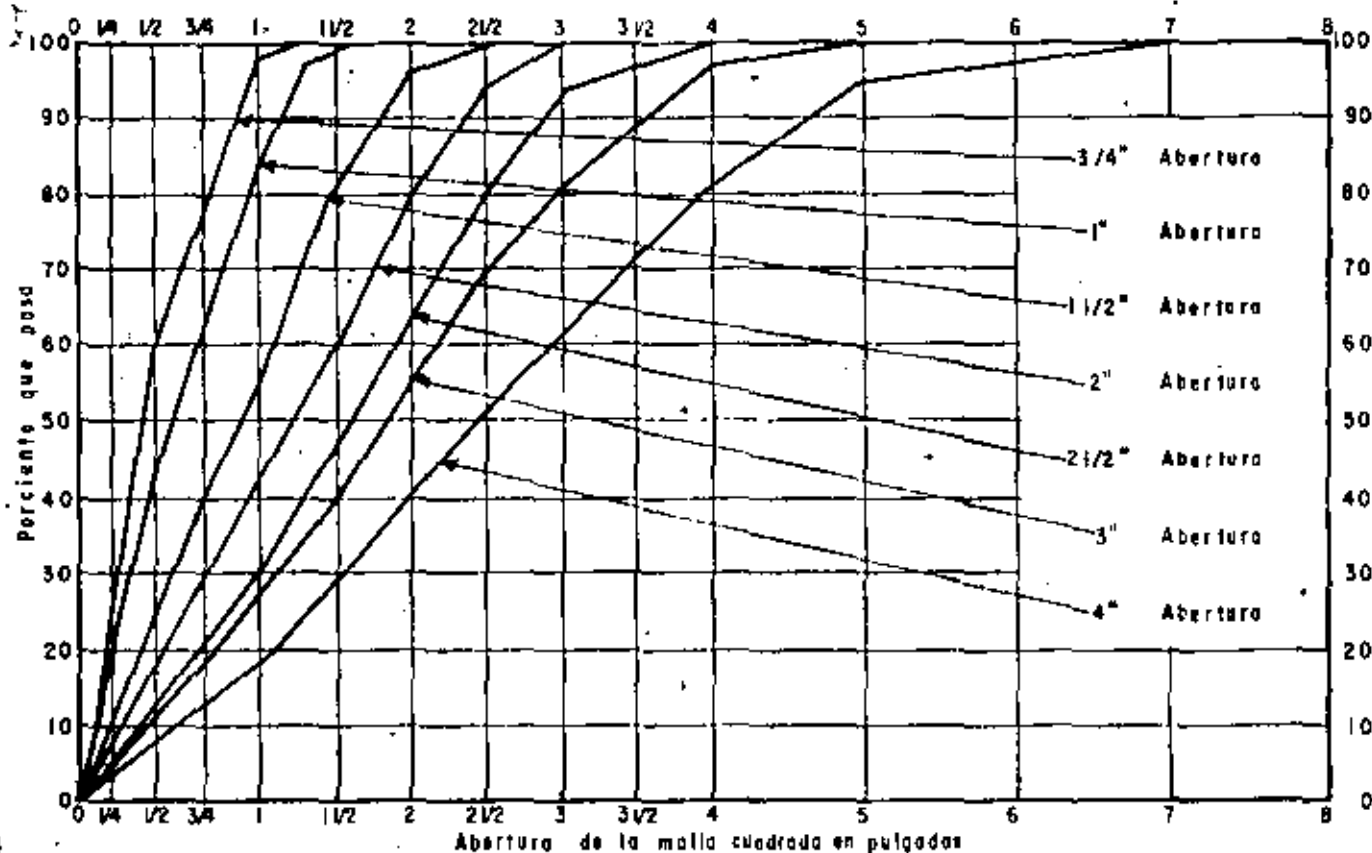
* Capacidad con tope corto

x Fabricación nacional actual (mayo 74)

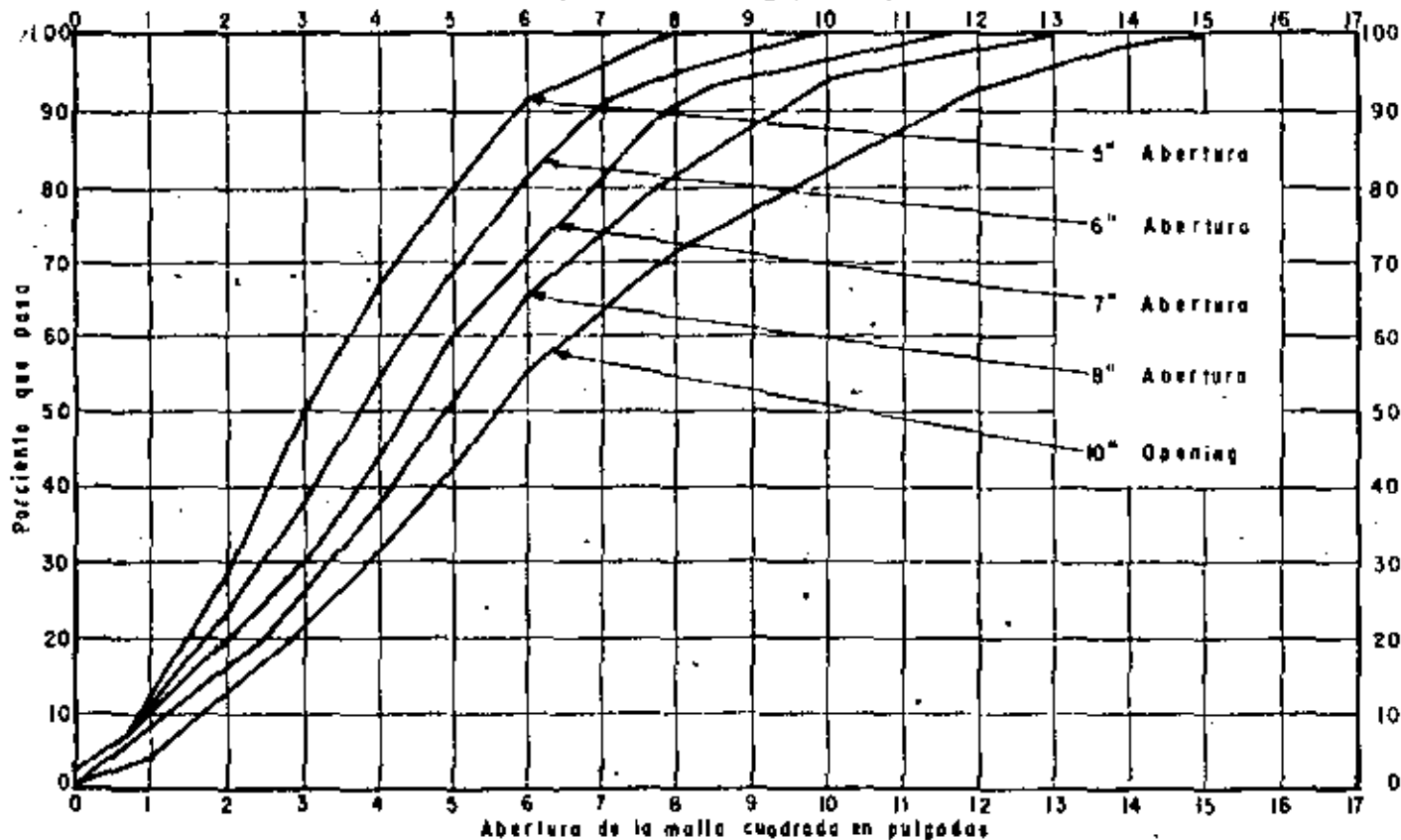
NOTAS:

La potencia requerida varía según el tamaño del producto elaborado por la quebradora y según la dureza de la roca o mineral procesado.
 Las capacidades están dadas en toneladas cortas, 907 kg. considerando materiales que pesan 1500 kg. por metro cúbico.
 Donde no se especifica capacidad para una abertura dada, significa que la quebradora no puede operarse económicamente con dicha abertura de salida.

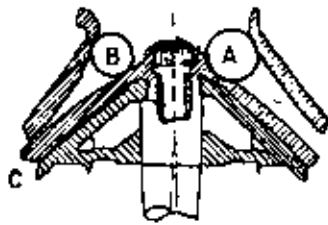
**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO
DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS,
PARA ABERTURAS DE SALIDA
DESDE 3/4" HASTA 4"**



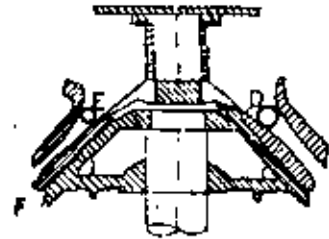
**ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO
DE LAS QUEBRADORAS DE QUIJADAS,
PARA ABERTURAS DE SALIDA
DESDE 5" HASTA 10"**



CAPACIDADES DE PRODUCCION



Los diagramas y tablas muestran los lados abiertos y cerrados en la alimentación y el cerrado en la descarga de los materiales



Trituradora Secundaria
Tipo "S"

TIPO "S"

Trituradora Terciaria
Tipo "FC"

Tamaño de la Trituradora y Clave	Tipo de Tazón	Abertura de Admisión		Abertura de Descarga mínima recomendada	Capacidades en toneladas cortas por hora, a la abertura de descarga "C" indicadas, para materiales que pesen 1,500Kg/m ³																
		Lado Abierto "A"	Lado Cerrado "B"		1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"						
24 S (2 pies) Yacht	Gruesa Mediana	3 1/4"	1 1/4"	1 1/4"																	
245 S (2 pies) Yek	Grueso	4 5/8"	4 1/8"	1 1/2"				27	32	37	42	47	53								
36 S (3 pies) Yaud	Extra Grueso Grueso Mediano	7 1/4" 5" 4 1/2"	6 1/4" 4" 3 3/4"	1 1/4" 1 1/2" 3/4"					36	41	56	71	77	83	89	105	110				
367 S (3 pies) Yam	Grueso	7 3/4"	6 3/4"	3/4"							71	77	83	89	105	110					
48 S (4 pies) Yaupon	Extra Grueso Grueso Mediano	8 1/2" 7 1/2" 5 1/2"	7 1/2" 6 1/2" 4 3/4"	1 1/4" 1 1/4" 1 1/2"						85	110	135	155	170	185	200	215	230			
489 S (4 pies) Yawf	Grueso	10"	9"	1"										170	185	200	215	230			
66 S (5 1/2 pies) Yam	Grueso Mediano	11" 9"	10" 8"	1" 3/4"											200	235	275	320	365	410	455
6614 S (5 1/2 pies) Yap	Grueso	15"	14"	1 1/2"															365	410	455

TIPO "FC"

Tamaño de la Trituradora y clave	Tipo de Tazón	Abertura de Admisión		Abertura de Descarga mínima recomendada	Capacidades en toneladas cortas por hora, a la abertura de descarga "F" indicadas, para materiales que pesen 1,500Kg/m ³																
		Lado Abierto "D"	Lado Cerrado "E"		1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"									
24 FC 2 pies Yeaming	Grueso Mediano Fino	2 1/2" 1 1/4" 1 1/16"	1 1/2" 1 1/2" 1/2"	1/4" 1/16" 1/8"																	
36 FC 3 pies Yuga	Grueso Mediano Fino	3" 2" 1 1/4"	2" 1 1/8" 5/4"	5/16" 1/4" 3/16"																	
48 FC 4 pies Yule	Grueso Mediano Fino	4 1/4" 3" 2 1/8"	3" 1 3/4" 1"	3/8" 5/16" 1/4"																	
65 FC 5 1/2 pies Yuman	Grueso Mediano Fino	5 1/4" 4 1/2" 3"	4" 2 1/2" 1 1/8"	1/2" 3/8" 7/16"																	

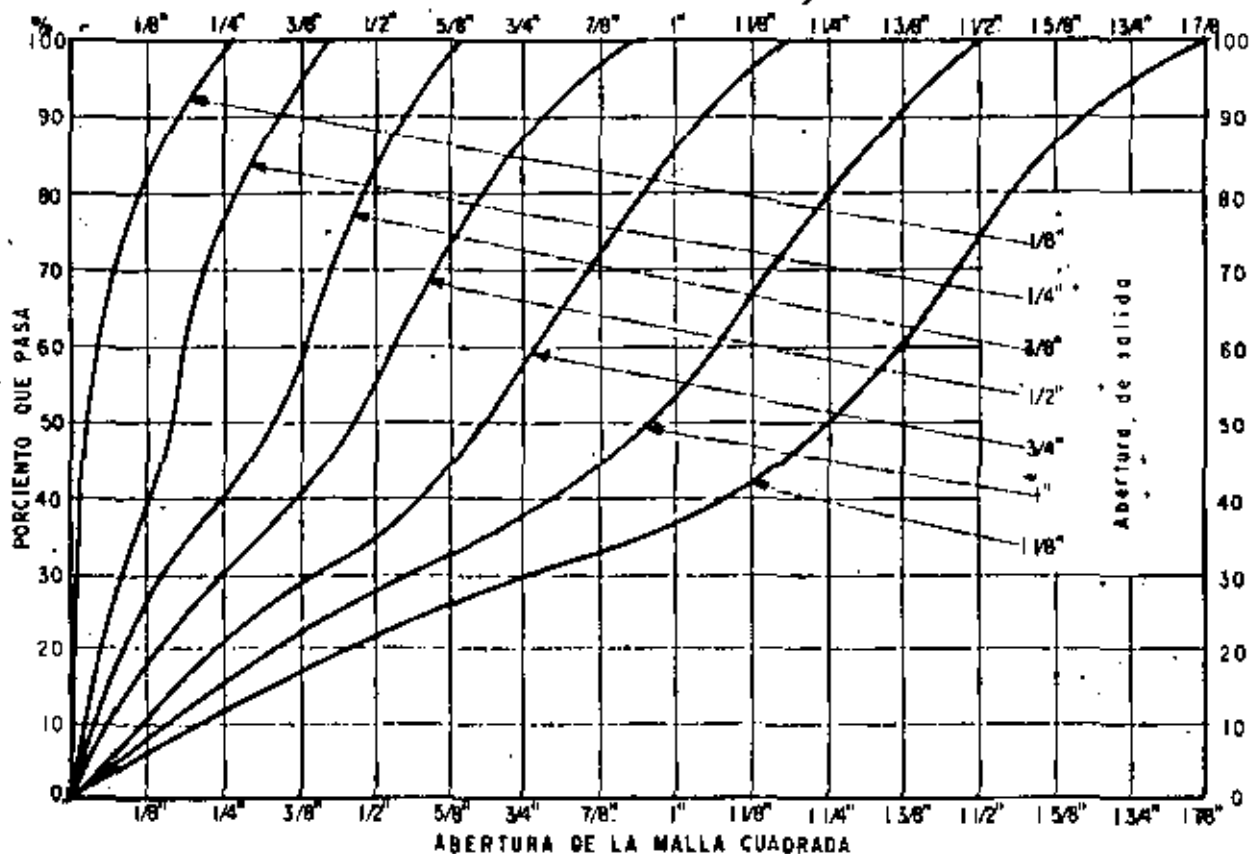
NOTA:

Las capacidades indicadas son promedio, ni máximas ni mínimas, estando basadas en la trituración de roca o mineral limpio y seco de 1500 Kg/m³ de peso volumétrico y 2.6 de gravedad específica.

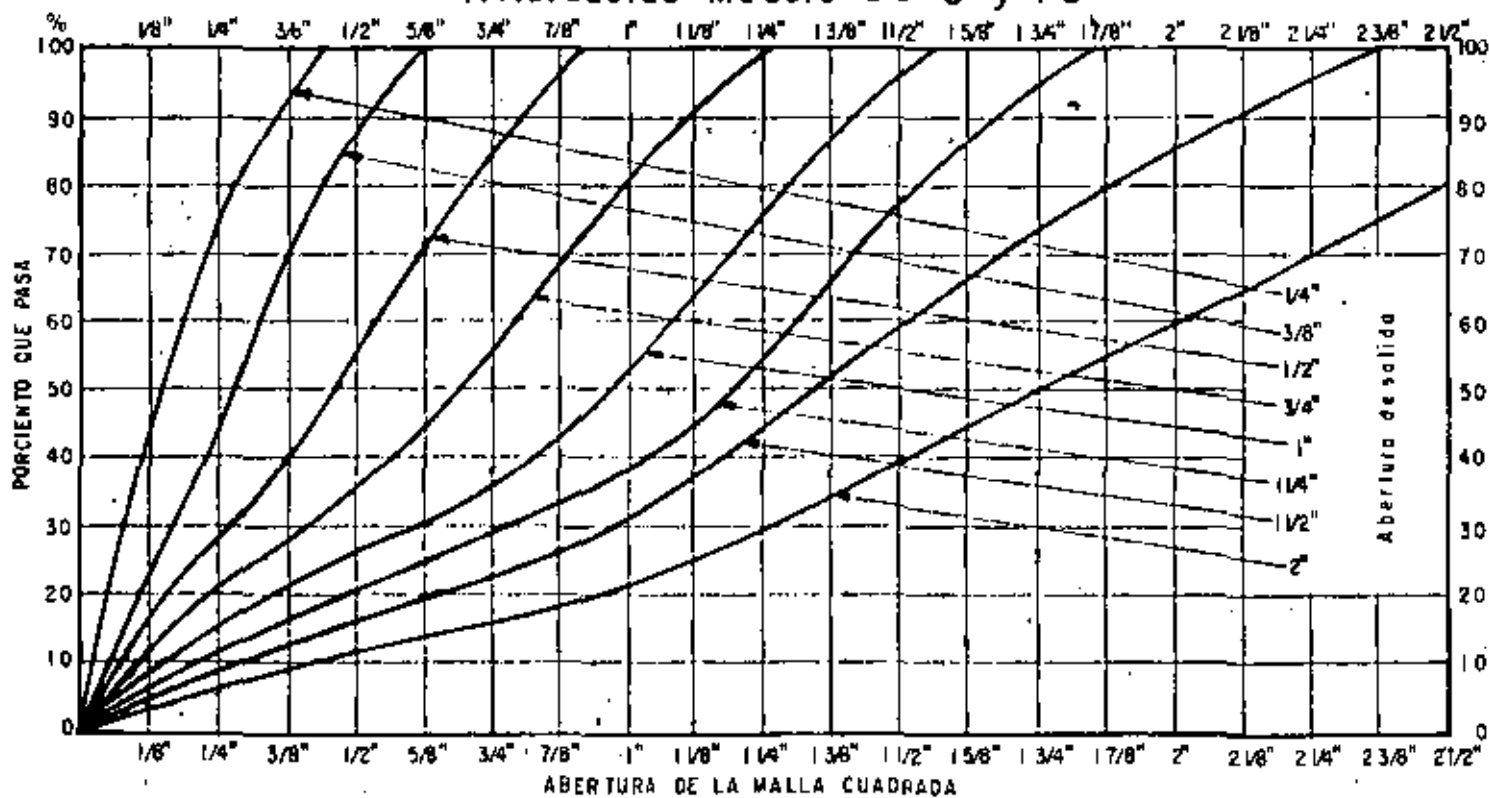
Para aberturas menores que las mínimas mostradas, consulte a la fábrica

CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO

Trituradoras Modelo 24 "S" y "FC"

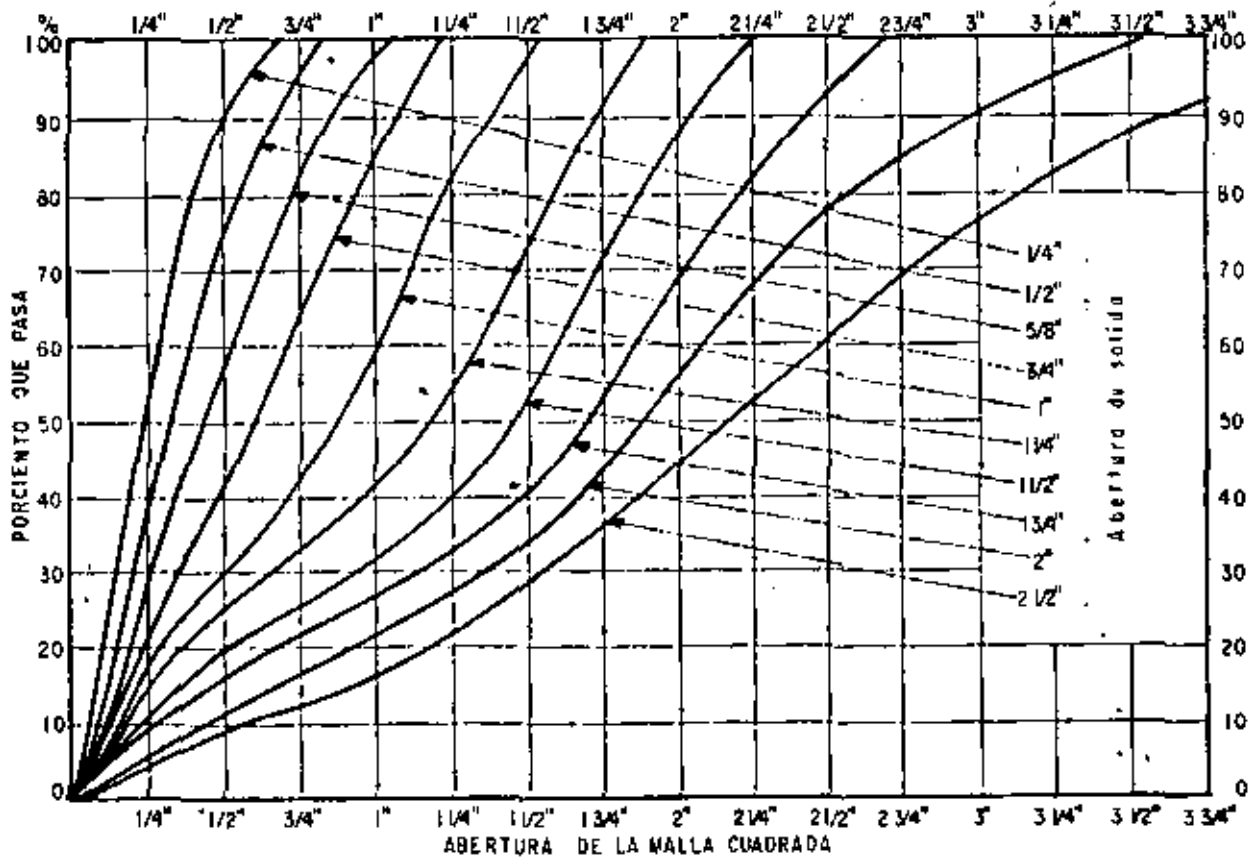


Trituradoras Modelo 36 "S" y "FC"

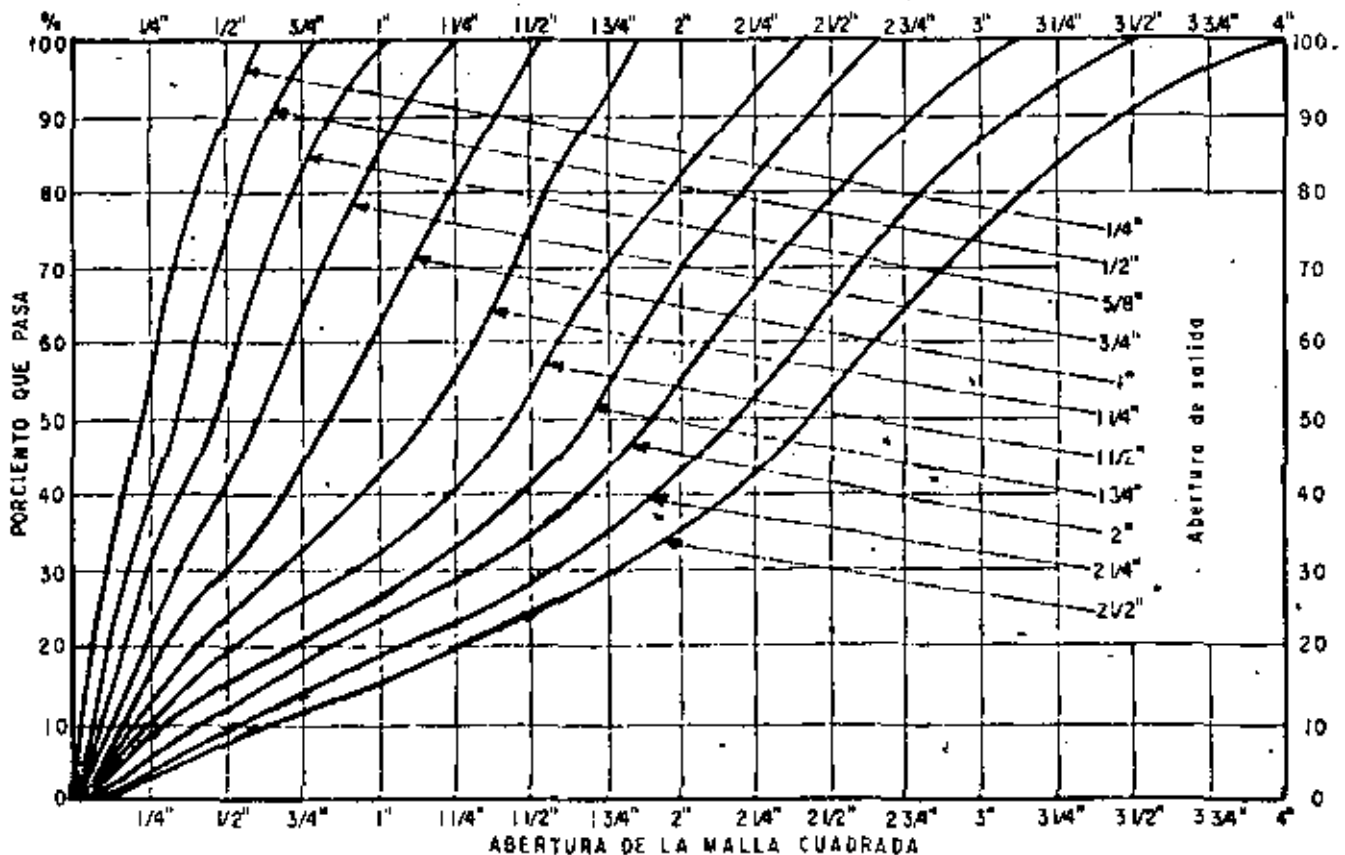


CURVAS GRANULOMETRICAS DEL PRODUCTO TRITURADO:

Trituradoras Modelo 48 "S" y "FC"



Trituradoras Modelo 66, "S" y "FC"



CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

Factor "A": Capacidad específica en toneladas cortas por hora que pasan a través de un pie cuadrado de malla, basados en una eficiencia del 95%, con un sobretamaño en el material alimentado del 25%

Cíara de la Malla Cuadrada	.0116"	.0164"	.0232"	.0238"	.046"	.065"	.093"	1/8"	.131"	.185"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	5"	
Número de Malla	48	35	28	20	14	10	8		6	4															
Arena	.144	.183	.226	.282	.36	.45	.57	.69	.78	.90	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polvo de Roca	.120	.152	.188	.235	.30	.375	.475	.56	.595	.75	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Polvo de Carbón	.091	.115	.142	.178	.226	.284	.36	.48	.45	.57	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Grava de Río	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.08	1.40	1.68	1.94	2.16	2.36	2.56	2.90	3.20	3.70	4.05	4.30	4.65	4.00	
Piedra Triturada	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.88	1.10	1.40	1.60	1.80	1.96	2.12	2.40	2.68	3.10	3.38	3.60	3.86	4.00	
Carbón	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	.68	.88	1.04	1.21	1.36	1.48	1.60	1.93	2.00	2.31	2.53	2.69	2.91	3.00	

Usar solo en Cribas de 1 piso.

Factor "B" Es función del porcentaje de sobretamaño contenido en la alimentación a la Criba

Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"	Porcentaje de Sobretamaño	Factor "B"
10%	1.05	85%	.64
20%	1.01	90%	.55
30%	.98	92%	.50
40%	.95	94%	.44
50%	.90	96%	.35
60%	.86	98%	.20
70%	.80	100%	.00
80%	.70		

CAPACIDAD DE LAS CRIBAS VIBRATORIAS

Eficiencia Deseada	60%	70%	75%	80%	85%	90%	92%	94%	96%	98%	Factor "C": Una separación perfecta o eficiencia del 100% no es económica. En la práctica del cribado de agregados, se acepta una eficiencia del 94%.
Factor "C"	2.10	1.70	1.55	1.40	1.25	1.10	1.05	1.00	.95	.90	

Cantidad en la alimentación menor de la mitad de la malla de cribado.	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	Este factor es necesario considerarlo cuidadosamente cuando se esté cribando un material con alto contenido de arena o roca fina. Por ejemplo, si se está cribando a 1/2", considerar el porcentaje menor a 1/4" en la alimentación.
Factor "D"	.55	.70	.80	1.00	1.20	1.40	1.80	2.20	3.00	---	

CRIBADO POR VIA HUMEDA

Tamaño de la abertura de la malla. (Pulgadas ó número de la malla)	20	14	10	8	1/8"	6	4	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	3/4"	1" ó más
Factor "E"	1.10	1.50	2.00	2.25	2.50	2.50	2.50	2.25	2.00	1.50	1.30	1.20	1.10

El cribado por vía húmeda abajo de la malla #20, no se recomienda. Si se criba por vía seca, se utilizará un factor "E" igual a 1. Un cribado por vía húmeda significa el utilizar de 5 a 10 galones por minuto de agua por cada yarda cúbica de material producido por hora, o sea que por cada 50 ydras cúbicas por hora de material, se necesitarán de 250 a 500 galones por minuto de agua.

Piso	Superior.	Segundo	Tercero	Para una criba de un piso, se usará un Factor "F" igual a 1. Para una criba de dos o tres pisos, para el cálculo de cada piso, se utilizará el Factor "F" indicado correspondiente.
Factor "F"	1.00	.80	.75	



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS

TEMA: PRODUCCION DE AGREGADOS

(ANEXOS)

Ing. Pedro Luis Benítez

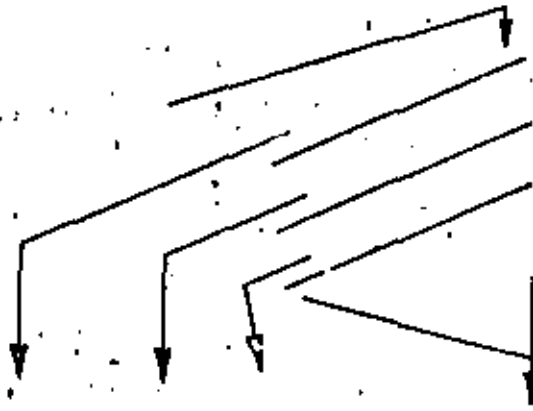
CUSTOMER: _____

DATE: _____

LOCATION: _____

BY: _____

EST. NO.: _____



TOP DECK: _____ Sq. Cl. Openings

AREA = $\frac{\text{Feed (T.P.H.)} \times \text{O.S. (T.P.H.)}}{\text{Thrus (T.P.H.)}}$ = _____ Sq. Ft.

$A \times B \times C \times D \times E \times F$

$B = \frac{\text{O.S.}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$

$D = \frac{1/2 \text{ Size}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$

SECOND DECK: _____ Sq. Cl. Openings

AREA = $\frac{\text{Feed (T.P.H.)} \times \text{O.S. (T.P.H.)}}{\text{Thrus (T.P.H.)}}$ = _____ Sq. Ft.

$A \times B \times C \times D \times E \times F$

$B = \frac{\text{O.S.}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$

$D = \frac{1/2 \text{ Size}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$

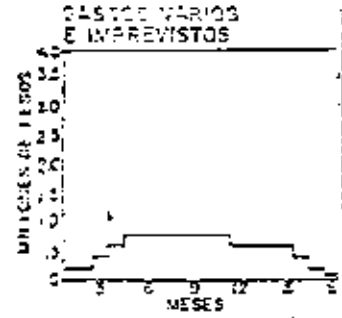
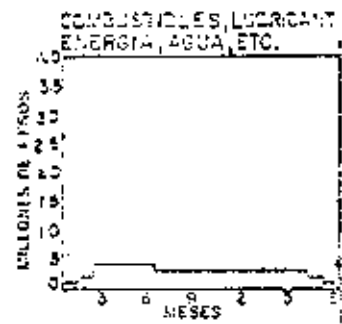
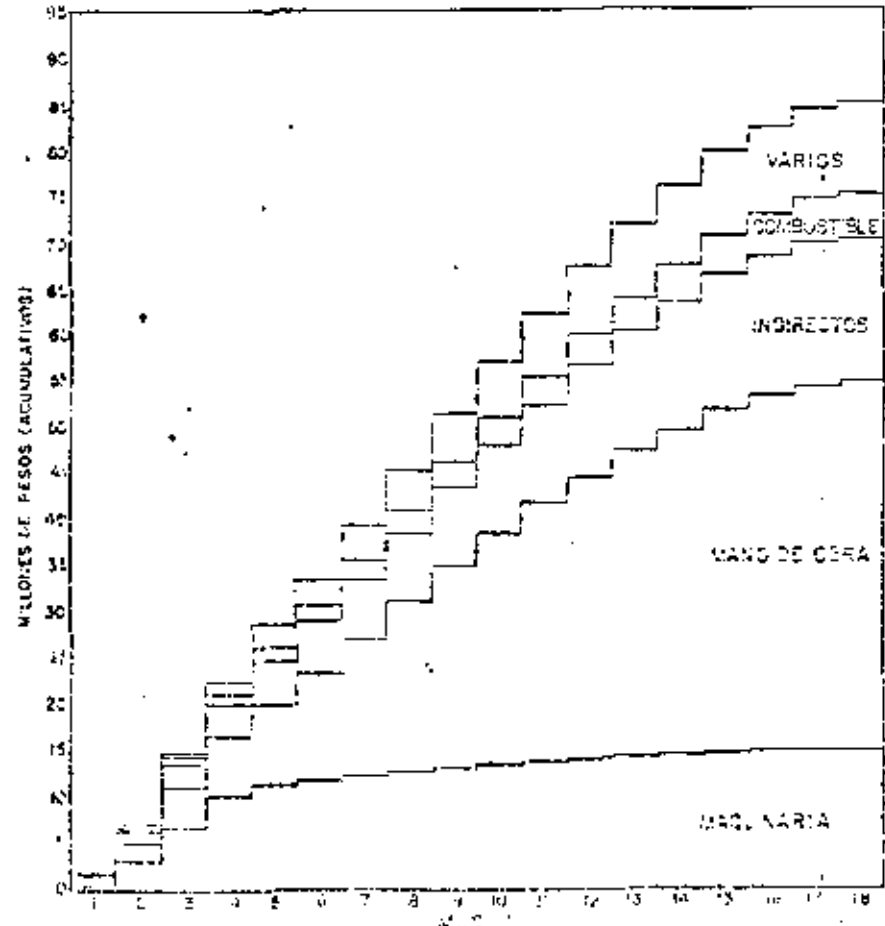
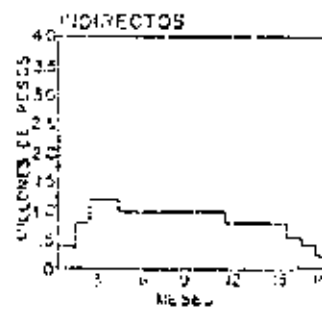
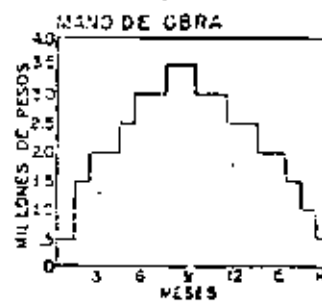
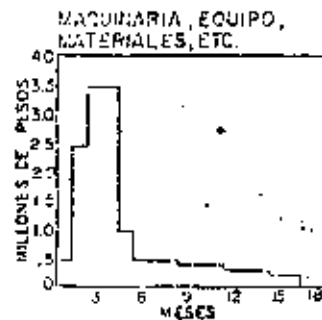
THIRD DECK: _____ Sq. Cl. Openings

AREA = $\frac{\text{Feed (T.P.H.)} \times \text{O.S. (T.P.H.)}}{\text{Thrus (T.P.H.)}}$ = _____ Sq. Ft.

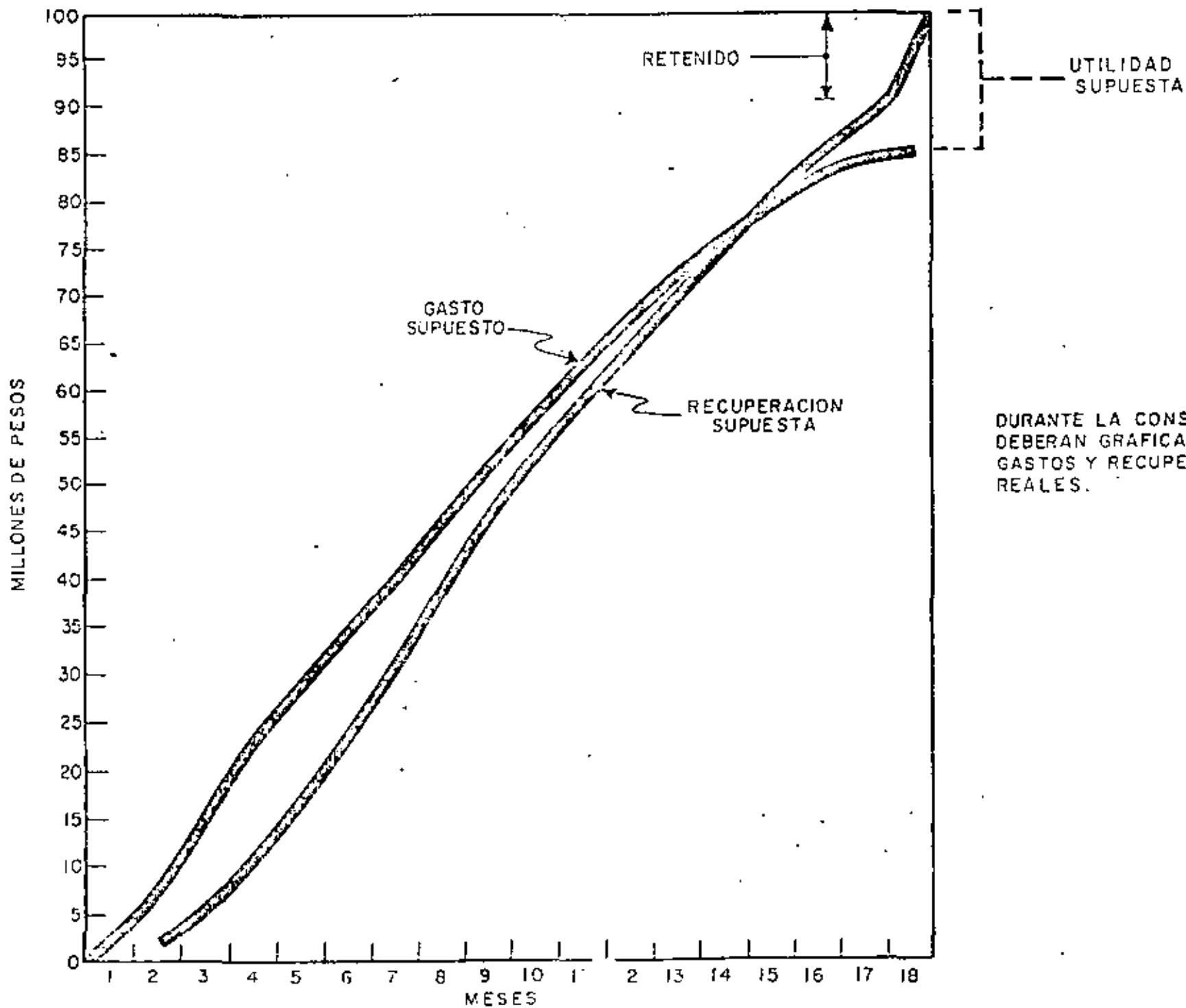
$A \times B \times C \times D \times E \times F$

$B = \frac{\text{O.S.}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$

$D = \frac{1/2 \text{ Size}}{\text{Feed}} = \text{_____} \%$



GRAFICA TIPICA DE
GASTOS SUPUESTOS



DURANTE LA CONSTRUCCION DEBERAN GRAFICARSE LOS GASTOS Y RECUPERACIONES REALES.

4



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

P L A N E A C I O N

PRINCIPALES FACTORES EN LA
SELECCION DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1984

DE EQUIPO DE CONSTRUCCION

INTRODUCCION.- Durante el proceso de toma de decisiones para seleccionar de manera óptima el equipo de construcción, intervienen una serie de factores que, estando relacionados entre sí, nos obligan a un análisis cuidadoso y ponderado de cada uno de ellos.

En este período de selección, podemos distinguir claramente dos etapas: En la primera de ellas, habremos de seleccionar la máquina o conjunto de máquinas que desde el punto de vista técnico sean susceptibles de poder utilizarse. En este caso, los factores que deberán interesarnos son entre otros; volúmenes por ejecutar, calidad del material: (atacabilidad, propiedades volumétricas, estabilidad), geometría de la excavación, condiciones de la obra, etc.

Durante la segunda etapa, intervendrán importantemente factores tales como tipo de empresa, maquinaria con que cuenta, condiciones de mercado, costos de adquisición, operación y mantenimiento del equipo, rendimientos, precio de reventa etc.

Cuando desde el punto de vista técnico dos o más equipos nos resuelven el problema, el análisis económico inclinará nuestra decisión hacia el empleo de alguno de ellos. Trataremos en esta parte, a manera de recordatorio, los factores relacionados con la primera etapa de selección.

VOLUMENES POR EJECUTAR

Los volúmenes por ejecutar, combinados con el plazo para la terminación de la obra, nos definirán la producción requerida.

Dicha producción dependerá de la capacidad de las máquinas empleadas y del programa para su utilización.

En la cuantificación de los volúmenes de material por mover, así como de las distancias económicas de acarreo, interviene el concepto de "Curva Masa", misma que explicaremos a continuación:

PROPIEDADES DE LA CURVA MASA:

- 1).- Entre los límites de una excavación, la curva crece de izquierda a derecha; y decrece cuando hay terraplén.
- 2).- En las estaciones donde hay cambio de excavación a relleno (línea de paso), habrá un máximo, y viceversa; habrá un mínimo en los cambios de relleno a corte.
- 3).- Cualquier línea horizontal que corte a la curva masa, marcará puntos consecutivos entre los cuales habrá compensación, es decir, que entre ellos el volumen de corte iguala al de terraplén.
- 4).- La diferencia de ordenadas entre dos puntos, representará el volumen de terracería dentro de la distancia comprendida entre esos dos puntos.
- 5).- Cuando la curva queda encima de la línea horizontal compensadora que se escoge para ejecutar la construcción, los acarrees de material se harán hacia adelante, y cuando la curva quede abajo, los acarrees serán hacia atrás.
- 6).- El área comprendida entre la curva masa y una horizontal cualquiera compensadora, es el producto de un volumen por una distancia, y nos representa el volumen por la longitud media de acarreo, lo que se expresa en metros cúbicos-estación (en éste caso,

el término "estación" no se refiere a un punto, sino al tramo de 20 metros entre estaciones consecutivas cerradas) pues en el lenguaje de vías de comunicación se dice por ejemplo, que un punto dista de otro ocho estaciones, o sea 160 metros, con el fin de facilitar la nomenclatura y los cálculos.

Al estudiar un tramo, pueden trazarse varias compensadoras según resulte la curva masa obtenida, y entre una y otra quedarán tramos sin compensación (es evidente que las mejores compensadoras serán las que corten mayor número de veces a la curva). En los tramos sin compensar; si la curva asciende, habrá un volumen de excavación excedente sin posibilidad de emplearlo para rellenar, esto es, un desperdicio; si la curva desciende, indicará que hace falta material para terraplén, que no podemos obtener de la excavación; en este caso debe traerse material de otro lado o sea: efectuar un préstamo.

Tanto los volúmenes de desperdicio como los de préstamo, se miden en el dibujo.

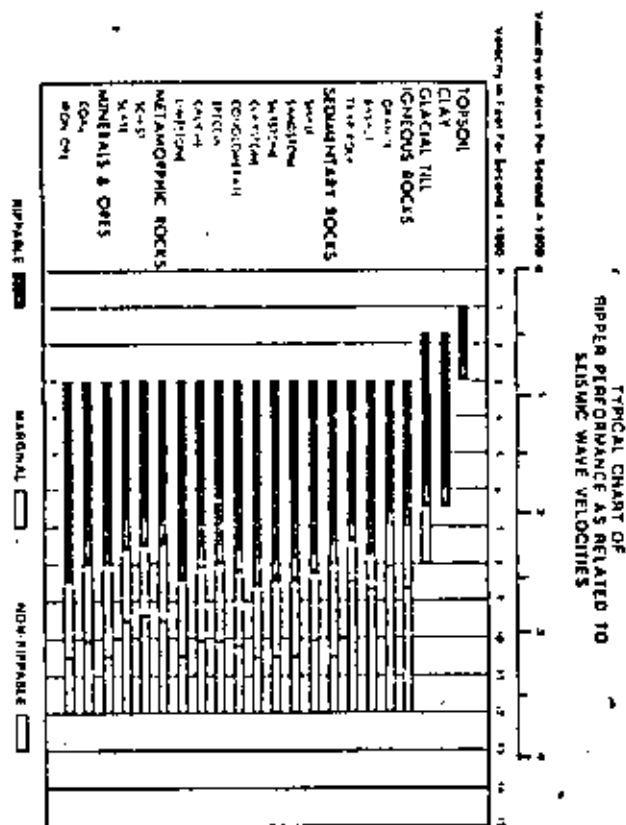
Teniendo como datos los volúmenes de cortes y terraplenes, las diversas distancias entre ellos y los costos de acarreo, se puede resolver cual es la forma óptima de los movimientos para que tengan el mínimo costo.

ATACABILIDAD:

Todo problema de movimiento de tierras, está condicionado esencialmente por la naturaleza del terreno por extraer, que determina entre otras cosas: el método de trabajo - por adoptar, el tipo de máquinas a emplear, el rendimiento de las máquinas elegidas, y por tanto, el precio del movimiento de tierras.

Desde el punto de vista de las posibilidades de extracción, se distinguen dos grandes categorías de terrenos: Los terrenos sueltos, y los rocosos. Los terrenos sueltos, son aquellos que pueden extraerse sin disgregación previa; los rocosos, deben sufrir antes de su extracción, una disgregación, realizada algunas veces mediante explosivos, y otras mediante la acción de mazas rompedoras. A su vez, dentro de estas dos grandes categorías, se pueden establecer nuevas divisiones atendiendo a la consistencia y dureza del terreno.

En la literatura existente, se pueden encontrar diferentes clasificaciones de materiales en función de la mayor & menor dificultad para excavarlos.



La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas por ejemplo contempla en sus Especificaciones -- Generales de Construcción la clasificación de los materiales para determinar la forma de pago.

En este sentido, se han realizado esfuerzos para tratar de definir de la mejor manera posible, la dificultad de extracción de los materiales, encontrándose que, a la fecha los mejores resultados se han logrado con la utilización de métodos geosísmicos que permiten elaborar gráficas de arabilidad como la que se muestra en la figura.

En otro orden de ideas, podemos señalar que la dificultad para excavar un material depende no solamente de su dureza, sino también de su formación estratigráfica, -- siendo las rocas en estratos gruesos y compactos más duros y difíciles de extraer, que las rocas que se encuentran en capas delgadas y fisurables.

MÉTODOS GEOSÍSMICOS PARA DETERMINAR LA ATACABILIDAD

Estos métodos, utilizan la velocidad de propagación de las ondas elásticas como parámetro característico de la naturaleza del terreno. Se llaman ondas elásticas o -- sísmicas, a aquellas que se transmiten cuando un punto del terreno sufre una sacudida.

Hay dos métodos: Método sísmico por reflexión, y método sísmico por refracción.

El primero, consiste en producir una sacudida en el suelo y medir el tiempo necesario para la propagación de la onda entre el punto en que ésta se ha producido y los captosres superficiales próximos a este punto, después de su reflexión entre dos capas del terreno de diferente naturaleza. Como captosres, se utilizan cierto número de sismógrafos.

Este método por reflexión, da resultados más exactos, que el otro; pero exige que la sacudida se produzca a una profundidad considerable, siendo por tanto de utilidad en investigaciones petrolíferas; para estudios a pequeña profundidad, es más fácil el empleo del método sísmico por refracción, cuyo principio fundamental puede exponerse someramente como sigue:

Consideremos dos terrenos homogéneos horizontales separados por una superficie horizontal MN. Si se produce una sacudida en un punto O de la superficie, da lugar a un tren de ondas esféricas. Como en óptica, pueden considerarse rayos normales a las superficies de los puntos de ondas y que se propagan a una velocidad V_1 en el terreno superior de altura H , refractándose después en la línea de separación MN, y propagándose en el terreno inferior a una velocidad V_2 . Aquí, se hace la hipótesis de que V_2 es superior a V_1 . Primeramente puede escribirse como en óptica:

$$\frac{\text{SEN } i_1}{\text{SEN } i_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

También como en óptica, hay un ángulo de incidencia límite tal que:

$$\text{SEN } i_0 = \frac{V_1}{V_2}, \text{ a partir del cual}$$

hay reflexión total, pero en este caso el fenómeno sígnico no obedece ya a las leyes de óptica, sino que parece que el rayo límite se desplazara en la superficie de contacto entre los dos medios, dando lugar en todos los puntos de ésta, a rayos en reflexión total como A'A, B'B, etc. Este fenómeno, demostrado por la experiencia, puede al parecer demostrarse matemáticamente.

Siendo así, el tiempo exigido por la onda directa para recorrer el trayecto $\overline{OX} = x$, es igual a:

$$t = \frac{x}{V_1}$$

El tiempo invertido por el rayo que ha sufrido la reflexión total para recorrer el camino $\overline{OHA'A}$ vale:

$$t_2 = \frac{2 \overline{OM}}{V_1} + \frac{\overline{MA'}}{V_2} = \frac{x}{V_2} + \frac{2H \text{ cte } i_0}{V_1}$$

Se comprueba que para:

$$x > 2H \sqrt{\frac{V_2 + V_1}{V_2 - V_1}} = x_0$$

Se tiene: $t_2 < t_1$

Es decir, que la onda refractada llega antes que la onda directa.

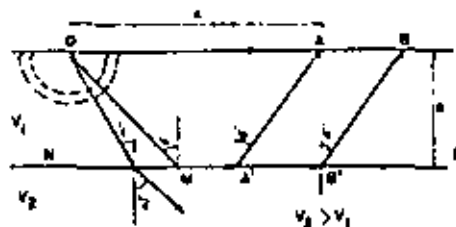
Para $x = x_0$ se tiene $t_1 = t_2$; de la relación precedente se obtiene:

$$H = \frac{x_0}{z} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

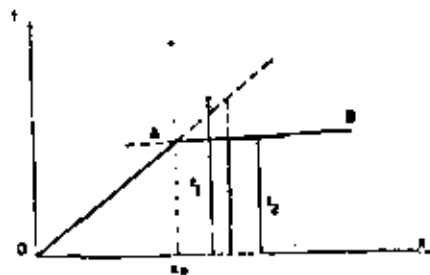
conociendo V_1 y V_2 y determinando experimentalmente x_0 , se puede obtener H .

Esta teoría, es aplicable a varias capas, entendiéndose que las velocidades de las diferentes capas crecen desde la superficie hacia abajo. El método operativo, puede resumirse de la forma siguiente: Sobre una misma alineación, se dispone cierto número de sismógrafos y se provoca en un punto la perturbación inicial mediante una carga de explosivos. Se registran en una misma banda las ondas recibidas por los diferentes sismógrafos, así como el momento del impulso eléctrico que provoca la explosión para obtener el tiempo origen.

Se mide en los sismogramas el tiempo transcurrido hasta que el sismógrafo ha recibido la primera onda y se traza el gráfico de tiempos en función de las distancias de los sismógrafos a la perturbación inicial, gráfico que se aproxima mucho a una recta, ver figura anexa.



METODO SISMICO POR REFRACCION



GRAFICA DE LOS TIEMPOS DE PROPAGACION

La parte OA, corresponde para la primera onda a

$$\lambda < \lambda_0$$

La parte AB, corresponde para la primera onda percibida

$$\lambda > \lambda_0$$

Las dos curvas se cortan en A, que da x_0 .

La pendiente de OA, da V_1

La pendiente de AB, da V_2

Se observa que las velocidades de propagación tienen valores poco variables de un lugar a otro para una misma roca compacta, aumentando la velocidad con la profundidad.

ABUNDAMIENTO

Cuando un suelo se excava, acarrea y se coloca o cuando se fragmenta roca, sufre cambios considerables en su volumen. Debido a estos cambios es necesario especificar si el volumen se mide en estado natural, en estado suelto o en rellenos después de su colocación.

El volumen en banco, es el volumen del material medido "in situ", o sea en estado natural antes de su explotación. El volumen en estado suelto es el volumen del material después de que ha sido quitado de su estado natural y depositado en montones, camiones o estrepas. El volumen de relleno es el volumen del material después de que ha sido colocado y compactado.

El incremento del volumen del material debido a su explotación, se define como Abundamiento (A) y se expresa como porcentaje del volumen en banco. Los valores de abundamiento varían considerablemente para diferentes tipos de materiales. Para convertir los m^3 en banco a m^3 sueltos, la medida se aumenta en el porcentaje de Abundamiento.

$$A(\%) = \left[\frac{\text{Vol. Banco}}{\text{Vol. Suelto}} - 1 \right] 100$$

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el Abundamiento en función de pesos volumétricos, que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$A(\%) = \left[\frac{B-S}{S} \right] 100 = \left[\frac{B}{S} - 1 \right] 100$$

donde:

B = peso volumétrico en banco

s = peso volumétrico suelto

Ejemplo: Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1780 kg/m^3 , y su peso volumétrico suelto es de 1630 kg/m^3 su abundamiento será de:

$$A(\%) = \left[\frac{1780}{1630} - 1 \right] 100 = 0.092 \times 100 = 9.2\%$$

FACTOR DE ABUNDAMIENTO

Por la dificultad de cubicar el material en banco, se acostumbra hacer la conversión en el papel, de m^3 sueltos que se están acarreado a m^3 en banco.

$$FA = \frac{1 \text{ m}^3 \text{ banco}}{1 \text{ m}^3 \text{ banco} + 1 \text{ Abundamiento}}$$

ejemplo si el 19

abundamiento es del 25%

$$FA = \frac{1}{1 + 0.25} = \frac{1}{1.25} = 0.8 \text{ o } 80\%$$

10

REDUCCION VOLUMETRICA

2 d

Cuando se coloca tierra en un relleno y se compacta con los métodos de construcción modernos, usualmente se tendrá un volumen menor que en su estado natural. Esta reducción en volumen es el resultado del incremento del peso volumétrico. Esta reducción del volumen a partir del volumen medido en banco se define como Reducción Volumétrica y se expresa como porcentaje de volumen original inalterado.

$$RV(\%) = \left[\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} - 1 \right] \times 100$$

$$\text{Factor de Contracción (FC)} = \frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en banco}} \quad \text{ó}$$

$$\frac{\text{Vol. en terraplén}}{\text{Vol. en m}^3 \text{ sueltos} \times \text{FA}}$$

$$\text{Porcentaje de Contracción (\% C)} = (1.00 - \text{FC}) \times 100$$

Debido a la dificultad de cuantificar los volúmenes en campo, se acostumbra obtener el coeficiente de Reducción Volumétrica en función de pesos volumétricos que son de más fácil cuantificación. Dicho cálculo se efectúa mediante la siguiente fórmula:

$$RV(\%) = \left[\frac{T - B}{T} \right] 100 = \left[1 - \frac{B}{T} \right] 100$$

donde:

T = peso volumétrico en terraplén

B = peso volumétrico en banco

Ejemplo : Si tenemos un suelo con un peso volumétrico en banco de 1630 kg/m³ y su peso volumétrico en terraplén es de 1820 kg/m³ su Reducción volumétrica será de:

$$RV(\%) = \left[1 - \frac{1630}{1820} \right] 100 = (0.1043) 100 = 10.43\%$$



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

**DESARROLLO DE UN PROBLEMA
(METODOS DE SELECCION DE EQUIPO)**

ING. FERNANDO FAVELA LOZOYA

JUNIO, 1984

EL GERENTE DE UNA EMPRESA PIDE AL SUPERINTENDENTE QUE ANALICE EL EQUIPO MAS CONVENIENTE PARA REALIZAR UN MOVIMIENTO DE TIERRAS.

SE TRATA DE MOVER 800,000 M³, DE UN BANCO DE PRESTAMO A UN TIRADERO.

LA EMPRESA CUENTA CON 6 MOTOESCREPAS TEREX TS-14 Y 2 CARGADORES MICHIGAN DE 3 1/2 YD³, LOS DOS TIPOS DE MAQUINAS EN PERFECTAS CONDICIONES.

EL GERENTE INDICA AL SUPERINTENDENTE QUE LA EMPRESA NO ESTA EN POSIBILIDADES DE ADQUIRIR MAS ACTIVO FIJO.

LA LONGITUD DE ACARREO ES DE 370 METROS.

CALCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO EN MOTOESCREPA TEREX
TS - 14

D A T O S:

MATERIAL.	LIMO ARENOSO SECO.
PESO VOLUMETRICO EN BANCO.	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M.
LONGITUD DE ACARREO.	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO.	REVESTIDO.
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO.	1.25 O SU <u>RECIPROCO 0.8</u>
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA.	15 M ³
PESO DE LA MAQUINA VACIA.	24.1 TON
PESO DE LA MAQUINA CARGADA.	$24.1 + 1.6 \times 0.8 \times 15 = 43.3$ TON.
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA.	\$4,216.90
(VER LA SIGUIENTE HOJA).	
MOTOESCREPAS DE TIRO Y EMPUJE.	

CONSTRUCTORA:	MÁQUINA: <u>MOTOESCREPA</u>	HOJA No.: <u>1/2</u>
<u>X</u>	MODELO: <u>TEREX TS-14</u>	CALCULÓ: <u>C.M.G.</u>
	DATOS ADIC: _____	REVISÓ: <u>F.F.I.</u>
OBRA: <u>MOVIMIENTO DE --</u>		FECHA: <u>Junio '82</u>
<u>TIERRAS.</u>		

DATOS GENERALES

PRECIO ADQUISICIÓN:	\$ <u>16'873,615.00</u>	FECHA COTIZACIÓN:	<u>Junio '82</u>
EQUIPO ADICIONAL -		VIDA ECONÓMICA (VE):	<u>5</u> AÑOS.
	<u>1'231,296.30</u>	HORAS POR AÑO (HA):	<u>2000</u> HR/AÑO.
	<u>15'642,318.70</u>	MOTORES: <u>Diescl</u> DE <u>160</u> HP.	
VALOR INICIAL (VA):		FACTOR OPERACIÓN:	<u>0.70</u>
VALOR RESCATE (VR):	<u>10 % = \$ 1'687,361.50</u>	POTENCIA OPERACIÓN:	<u>2x0.7x160</u> HP.OP.
TASA INTERÉS (I):	<u>12 %</u>	COEFICIENTE ALMACENAJE (K):	<u>0.10</u>
PRIMA SEGUROS (S):	<u>2 %</u>	FACTOR MANTENIMIENTO (Q):	<u>0.75</u>

I. CARGOS FIJOS.

$$A). \text{ DEPRECIACIÓN: } D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{15'642318.70 - 1'687361.50}{10,000} = \$ 1395.50$$

$$B). \text{ INVERSIÓN: } I = \frac{VA + VR}{2 HA} \cdot i = \frac{(15'642318.70 + 1'687361.5) \times 0.12}{2 \times 2000} = 519.89$$

$$C). \text{ SEGUROS: } S = \frac{VA + VR}{2 HA} \cdot s = \frac{(15'642318.70 + 1'687361.5) \times 0.02}{2 \times 2000} = 86.65$$

$$D). \text{ ALMACENAJE: } A = KD = \frac{0.10 \times 1395.50}{1} = 139.60$$

$$E). \text{ MANTENIMIENTO: } M = QD = \frac{0.75 \times 1395.50}{1} = 1046.60$$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$3188.24

II. CONSUMOS.

A). COMBUSTIBLE: $E = E \text{ PC}$

DIESEL: $E = 0.20 \times \frac{224}{\text{HP. OP.}} \times \$ 2.50 / \text{LT.} = \$ 112.00$

GASOLINA: $E = 0.24 \times \frac{\text{HP. OP.}}{\text{HP. OP.}} \times \$ \text{ /LT.} =$

B). OTRAS FUENTES DE ENERGÍA: _____ =

C). LUBRICANTES: $L = A \text{ PE}$

CAPACIDAD CARTER: $C = \frac{2 \times 16}{100} \text{ LITROS.}$

CAMBIOS ACEITE: $T = \text{HORAS.}$

$A=C/T + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{224}{\text{HP. OP.}} = \frac{1.10}{\text{LT/HR.}}$

$L = \frac{1.10}{\text{LT/HR}} \times \$ \frac{70}{\text{LT.}} = 77.00$

D). LLANTAS: $LI = \frac{\text{VII (VALOR LLANTAS)}}{\text{HV (VIDA ECONOMICA)}}$

VIDA ECONOMICA: $HV = \frac{2500}{\text{HORAS}}$

$LI = \frac{1'231296.30}{2,500 \text{ HORAS}} = 492.52$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$681.52

III. OPERACION.

SALARIO BASE: \$ 964.50

SALARIO REAL-

OPERADOR: 2082.85

_____:

_____:

SAL/TURNO-FROM: \$ 2082.85

HORAS/TURNO-FROM.: (H)

$H = 8 \text{ HORAS} \times 0.75 \text{ (FACTOR RENDIMIENTO)} = 6 \text{ HORAS}$

OPERACIÓN = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 2082.85}{6 \text{ HORAS}} = \$ 347.14$

SUMA OPERACIÓN POR HORA \$347.14

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$4216.90

S Ó L U C I O N

- A. RESISTENCIA AL RODAMIENTO : 15 kg/por cada tonelada de máquina por cada 2.5 cm de penetración.

Penetración en camino revestido: 5 cm

$$15 \times \frac{5}{2.5} = 30 \text{ kg/ton M}$$

Sumando 20 kg/ton M por deformación de llantas, fricciones internas, -- etc., tendremos :

$$\text{RESISTENCIA AL RODAMIENTO} = 30 + 20 = 50 \text{ kg/ton M}$$

- B. RESISTENCIA POR PENDIENTE: 10 kg/ton M por cada 1%

Para el tramo en estudio :

$$4\% \times 10 = 40 \text{ kg/ton M}$$

- C. RESISTENCIA TOTAL DE IDA = 50 - 40 = 10 kg/ton M

- D. RESISTENCIA TOTAL DE REGRESO = 50 + 40 = 90 kg/ton M

- E. RESISTENCIA TOTAL DE LA MAQUINA

a) Máquina cargada = 10 x 43.3 = 0.4 ton

b) Máquina vacía = 90 x 24.1 = 2.2 ton

F. CORRECCION POR ALTITUD: $\frac{500 \text{ m} \times 1\% \text{ por cada } 100\text{m}}{100} = 5\%$

por tanto, habrá que multiplicar las resistencias totales por 1.05

a) Máquina cargada = $0.4 \times 1.05 = 0.4 \text{ ton}$

b) Máquina vacía = $2.2 \times 1.05 = 2.3 \text{ ton.}$

Con estos datos, se entra a la gráfica proporcionada por el fabricante, la cual se anexa al final del problema.

G. VELOCIDADES:

a) Máquina cargada = 37 km/h (6a. velocidad)

b) Máquina vacía = 26 km/h (5a. velocidad)

H. VELOCIDADES MEDIAS: $0.65 \times \text{VELOCIDAD}$

a) Máquina cargada = 25 km/h

b) Máquina vacía = 17 km/h

I. TIEMPOS :

a) Máquina cargada = 0.9 min

b) Máquina vacía = 1.3

Tiempo fijo = 1.3

Total = 3.5 min

J: COSTO DEL METRO CUBICO DE MATERIAL MOVIDO, EN BANCO :

Tiempo total = 3.5 min

Número de viajes por hora = $\frac{60}{3.5} = 17.1$

Capacidad de la motoescrepa en banco = $15 \times 0.8 = 12\text{m}^3$

Producción = $17.1 \times 12 = 205.2 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$\text{Costo por m}^3 = \frac{\text{Costo horario}}{\text{Producción real.}} = \frac{4216.90}{205.2 \times 0.75}$$

$$= \underline{\underline{27.40}}$$

CALCULO DEL COSTO POR M³ DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL
MICHIGAN MODELO 8-111-A Y CAMIONES.

D A T O S:

MATERIAL	LIMO ARENOSO SECO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M
CAMION ALQUILADO A	\$25.0 + 15/m ³ ABUND.
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CUCARON	3.5 YD ³
COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA	\$2760.69

(DESARROLLADO EN LA HOJA SIGUIENTE)

CONSTRUCTORA:	MÁQUINA: <u>Cargador Frontal</u>	HOJA No.:
<u>X</u>	MODELO: <u>Michigan 85-III-A</u>	CALCULÓ: <u>C.M.G.</u>
	DATOS ADIC: <u>3.5 Yd³</u>	REVISÓ: <u>F.F.L.</u>
OBRA: <u>MOVIMIENTO DE TIERRAS.</u>		FECHA: <u>Junio '82</u>

DATOS GENERALES

PRECIO ADQUISICIÓN:	<u>\$ 10'302,132.00</u>	FECHA COTIZACIÓN:	<u>Junio '82</u>
EQUIPO ADICIONAL - Llantas.	<u>645,899.00</u>	VIDA ECONÓMICA (VE):	<u>5</u> AÑOS.
	<u>9'656,233.00</u>	HORAS POR AÑO (HA):	<u>2000</u> IR/AÑO.
VALOR INICIAL (VA):		FACTORES:	<u>DE 221 HP.</u>
VALOR RESCATE (VR):	<u>10 % = \$ 1'030,213.20</u>	FACTOR OPERACIÓN:	<u>0.75</u>
TASA INTERÉS (I):	<u>12 %</u>	POTENCIA OPERACIÓN:	<u>166</u> HP,OP.
PRIMA SEGUROS (S):	<u>2 %</u>	COEFICIENTE ALMACENAJE (K):	<u>0.10</u>
		FACTOR MANTENIMIENTO (Q):	<u>0.60</u>

I. CARGOS FIJOS.

A). DEPRECIACIÓN: $D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{9'656,233 - 1'030,213.20}{10,000} = \$ 862.60$

B). INVERSIÓN: $I = \frac{VA + VR}{2 HA} \cdot j = \frac{9'656,233 + 1'030,213.20}{2 \times 2000} \times 0.12 = 320.59$

C). SEGUROS: $S = \frac{VA + VR}{2 HA} \cdot s = \frac{9'656,233 + 1'030,213.20}{2 \times 2000} \times 0.02 = 53.43$

D). ALMACENAJE: $A = KD = \frac{0.10 \times 862.60}{1} = 86.26$

E). MANTENIMIENTO: $M = QD = \frac{0.60 \times 862.60}{1} = 517.56$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 1,840.44

II. CONSUMOS.

A). COMBUSTIBLE: E = E Pc
 DIESEL: E = 0.20 X 166 HP. OP. X \$ 2.5 /LT. = \$ 83.00
 GASOLINA: E = 0.24 X _____ HP. OP. X \$ _____ /LT. =

B). OTRAS FUENTES DE ENERGÍA: _____ =

C). LUBRICANTES: L = A Pe
 CAPACIDAD CARTER: C = 26.5 LITROS.
 CAMBIOS ACEITE: T = 100 HORAS.
 $A=C/T + \frac{0.0035}{0.0030} \times \frac{166}{\text{HP. OP.}} = \frac{0.85 \text{ LT/HR.}}$
 L = 0.85 LT/HR X \$ 70 /LT. = 59.50

D). LLANTAS: LI = $\frac{VII \text{ (VALOR LLANTAS)}}{HV \text{ (VIDA ECONOMICA)}}$
 VIDA ECONOMICA: HV = 1500 HORAS
 LI = $\frac{645,899.00}{1,500 \text{ HORAS}}$ = 430.60

SUMA CONSUMOS POR HORA \$ 573.10

III. OPERACION.

SALARIO BASE: \$ 964.50
 SALARIO REAL-
 OPERADOR: 2082.85
 _____:
 _____:

SAL/TURNO-PROM.: \$ 2082.85
 HORAS/TURNO-PROM.: (H)
 H = 8 HORAS X 0.75 (FACTOR RENDIMIENTO) = 6.00 HORAS

OPERACION = O = $\frac{S}{H} = \frac{\$ 2082.85}{6.00 \text{ HORAS}}$ = \$ 347.15

SUMA OPERACION POR HORA \$ 347.15

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (MFD) \$ 2760.69

S O L U C I O N

$$\begin{aligned}
 \text{CAPACIDAD DEL CUCHARON} &= 3.5 \times 0.76 = 2.7 \text{ M}^3 \\
 \text{FACTOR DE CARGA} &= 1.0 \\
 \text{VOLUMEN EN BANCO POR CICLO} &= 2.7 \text{ M}^3 \times 0.8 = 2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO} \\
 \text{TIEMPO DEL CICLO (CICLO ---} \\
 \text{BASICO) 35.0 SEG.} &= 0.58 \text{ MIN.}
 \end{aligned}$$

$$\frac{35 \text{ SEG.}}{60 \text{ SEG.}} = 0.58 \text{ MIN.}$$

$$\text{CICLOS/HORA} = \frac{60 \text{ MIN/HORA}}{0.58 \text{ MIN/CICLO}} = 103 \text{ CICLOS/HORA.}$$

$$\text{PRODUCCION} = 2.1 \text{ M}^3/\text{CICLO} \times 103 \text{ CICLOS/HORA} = 216 \text{ M}^3/\text{HORA.}$$

$$= 216 \text{ M}^3/\text{H}$$

COSTO DE CARGA:

$$\frac{2760.69}{216 \times 0.75} = 17.04$$

COSTO ACARREO

$$\frac{25}{0.8} = 31.25$$

COSTO TOTAL

$$\begin{array}{r}
 \text{CARGA} \text{ --- } 17.04 \\
 \text{ACARREO} \text{ --- } \underline{31.25} \\
 \hline
 48.29
 \end{array}$$

QUINCE DIAS DESPUES, EL SUPERINTENDENTE LLEGA CON EL GERENTE A PLANTEARLE LA SOLUCION Y SE ENCUENTRA CON QUE EL GERENTE LE ENVIA LOS CARGADORES, A PESAR DE LA DEMOSTRACION DE LA BONDAD DEL USO DE LAS MOTOESCREPAS Y EL FUERTE AHORRO EN DINERO. A INSISTENCIA DEL SUPERINTENDENTE CONFIESA QUE SE COMPROMETIO A RENTAR LAS MOTOESCREPAS QUE LE SIGNIFICAN UNA GANANCIA INTERESANTE PUES OBTENDRAN 175,000 MENSUALES POR CADA MOTOESCREPA.

EL SUPERINTENDENTE QUE CREE EN LA TOMA DE DECISIONES CUANTITATIVA OBTIENE DEL GERENTE LOS SIGUIENTES DATOS:

GANANCIA NETA DE MOTESCREPA/MES = 175,000

TIEMPO DE EJECUCION: $2 \times 6 \times 2 \times 25 \times 162 = 97,200 \text{ M}^3/\text{MES}$

$$\frac{800,000}{97,200} = 8.2 \text{ MESES}$$

GANANCIA TOTAL = $8.2 \times 6 \times 175,000 = 8'610,000$

$$\text{GANANCIA}/\text{M}^3 = \frac{8'610,000}{800,000} = 10.76$$

RESTANDO AL COSTO DE CARGADOR + CAMIONES 10.76 TENDREMOS COMO COSTO NETO, TOMANDO EN CONSIDERACION LA UTILIDAD DE LA RENTA:

$$48.29 - 10.76 = 37.53$$

LAS TRES ALTERNATIVAS SERIAN ASI:

MOTOESCROPAS	27.40
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	48.29
CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	
RENTANDO MOTOESCROPAS	37.53

EL INGENIERO VA CON EL GERENTE A DEMOSTRARLE QUE SU DECISION ES MALA. SIN EMBARGO EL GERENTE LE DICE QUE DESCONFIA DE SU CALCULO DE DURACION DE LA OBRA, PUES NO HA CONSIDERADO TIEMPOS DE DESCOMPOSTURA.

EL SUPERINTENDENTE ANALIZA CON DIFERENTES FACTORES SU TIEMPO DE EJECUCION.

No. DE HORAS TRABAJADAS.	FACTOR EFICIENCIA	COSTO REAL	TIEMPO DE EJECUCION (M E S E S)
300	0.75	37.53	8.2
* 280	0.75	36.74	8.8
260	0.75	35.8	9.5
240	0.75	34.77	10.3
220	0.75	33.59	11.2
200	0.75	32.15	12.3
180	0.75	30.31	13.7
160	0.75	28.08	15.4

* EJEMPLO DE CALCULO:

$$2 \times 280 \times 162 = 90,720$$

$$\frac{800,000}{90,720} = 8.8 \text{ MESES}$$

$$8.8 \times 6 \times 175,000 = 9'240,000$$

$$\frac{9'240,000}{800,000} = 11.55$$

$$48.29 - 11.55 = 36.74$$

ESTO ES UN EJEMPLO DE ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

PARA QUE CONVENGA EL ALQUILER NECESITA TARDARSE 15.4 MESES O SEA 7 MESES MAS U 88% MAS DEL TIEMPO PLANEADO.

EL GERENTE DUDA PERO CASI CON SEGURIDAD SE INCLINARA POR SU DECISION ORIGINAL.

AL SUPERINTENDENTE SE LE OCURRE QUE YA QUE ESTA OBLIGADO A OCUPAR CAMIONES ¿QUE SUCEDE SI COMPRA LA EMPRESA LOS CAMIONES?

HACE EL SIGUIENTE ANALISIS.

CALCULO CON CAMIONES DE LA EMPRESA

D A T O S:

MATERIAL	LIMÓ ARENOSO
PESO VOLUMETRICO	1600 KG/M ³
ALTITUD S.N.M.	2000 M
LONGITUD DE ACARREO	370 M (4% PENDIENTE FAVORABLE)
CALIDAD DEL CAMINO	REVESTIDO
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DEL CAMION	6 M ³
COSTO DIRECTO HORA-CAMION	\$626.41
VELOCIDAD PROMEDIO DE IDA	15 KM/H
VELOCIDAD PROMEDIO DE REGRESO	20 KM/H

TIEMPO DEL CICLO

$$\text{DE IDA: } t = \frac{370 \times 60}{15000} = 1.5 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO: } t = \frac{370 \times 60}{20000} = \underline{1.1 \text{ MIN.}}$$

$$\text{T O T A L} = 2.6 \text{ MIN.}$$

CONSTRUCTORA: X MÁQUINA: CAMION VOLTEO HOJA No.: 1/2
 MODELO: _____ CALCULÓ: C.M.G.
 DATOS ADIC: CAP = 6 M³ REVISÓ: F.F.L.
 OBRA: MOVIMIENTO DE -- FECHA: Junio '82
TIERRAS.

DATOS GENERALES

PRECIO ADQUISICIÓN: \$ 1'242800.00 FECHA COTIZACIÓN: Junio '82
 EQUIPO ADICIONAL - Llantas (6) 77430.00 VIDA ECONOMICA (VE): 5 AÑOS.
1'165370.00 HORAS POR AÑO (HA): 2000 HR/AÑO.
 VALOR INICIAL (VA): _____ MOTORES: Diesel DE 210 HP.
 VALOR RESCATE (VR): 0 %=\$ FACTOR OPERACIÓN: 0.70
 TASA INTERÉS (I): 12 % POTENCIA OPERACIÓN: 147 HP.CP.
 PRIMA SEGUROS (S): 2 % COEFICIENTE ALMACENAJE (K): 0.10
 FACTOR MANTENIMIENTO (Q): 0.90

I. CARGOS FIJOS.

A). DEPRECIACIÓN: $D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{1'165370 - 0}{10,000} = \$ 116.54$

B). INVERSIÓN: $I = \frac{VA + VR}{2 HA} i = \frac{1'165370 + 0}{2 \times 2000} \times 0.12 = 34.96$

C). SEGUROS: $S = \frac{VA + VR}{2 HA} s = \frac{1'165370 + 0}{2 \times 2000} \times 0.20 = 5.85$

D). ALMACENAJE: $A = KD = \frac{0.10 \times 116.54}{1} = 11.65$

E). MANTENIMIENTO: $M = QD = \frac{0.90 \times 116.54}{1} = 104.89$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$273.87

II. CONSUMOS.

A). COMBUSTIBLE: $E = E_{PC}$ DIESEL: $E = 0.20 \times \frac{147}{70} \text{ HP. OP.} \times \$ 2.50 / \text{LT.} = \$ 73.50$ GASOLINA: $E = 0.24 \times \text{HP. OP.} \times \$ \text{ /LT.} =$

B). OTRAS FUENTES DE ENERGÍA: _____ =

C). LUBRICANTES: $L = A_{PE}$ CAPACIDAD CARTER: $C = \frac{6}{70} \text{ LITROS.}$ CAMBIOS ACEITE: $T = \text{HORAS.}$ $A = C/T + \frac{0.0035}{0.0050} \times \frac{147}{70} \text{ HP. OP.} = 0.60 \text{ LT/HR.}$ $L = 0.60 \text{ LT/HR} \times \$ 70.00 / \text{LT.} = 42.00$ D). LLANTAS: $LI = \frac{VII \text{ (VALOR LLANTAS)}}{HV \text{ (VIDA ECONÓMICA)}}$ VIDA ECONÓMICA: $HV = \frac{1500}{77,430} \text{ HORAS}$ $LI = \frac{77,430}{1,500 \text{ HORAS}} = 51.62$

SUMA CONSUMOS POR HORA

\$167.12

III. OPERACION.

SALARIO BASE: \$ 515.00

SALARIO REAL-

OPERADOR: 1112.15

_____:

_____:

SAL/TURNO-PROM: \$ 1112.15

HORAS/TURNO-PROM.: (H)

 $H = 8 \text{ HORAS} \times 0.75 \text{ (FACTOR RENDIMIENTO)} = 6.00 \text{ HORAS}$ $\text{OPERACIÓN} = O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 1112.15}{6.00 \text{ HORAS}} = \$ 185.42$

SUMA OPERACIÓN POR HORA

\$185.42

COSTO DIRECTO HORA - MÁQUINA (HFD)

\$626.41

$$\text{TIEMPO DEL CICLO DEL CARGADOR} = \frac{35 \text{ SEG.}}{60 \text{ SEG.}} = 0.58 \text{ MIN.}$$

PARA CARGAR UN CAMION DE 6 M³ SON NECESARIOS 3 CICLOS DE OPERACION DEL CARGADOR; ES DECIR, SON NECESARIOS
0.58 MIN. x 3 = 1.74 MIN. PARA CARGAR 6.0 M³.

$$\text{TIEMPO DE DESCARGA} = 1.5 \text{ MIN.}$$

$$\begin{aligned} \text{TIEMPO TOTAL DEL CICLO DEL CAMION} &= 2.6 + 1.74 + 1.5 \\ &= 5.84 \text{ MIN.} \end{aligned}$$

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{60 \times 0.75}{5.84} = \frac{45}{5.84} =$$

$$= 7.7 \text{ VIAJES.}$$

$$\text{VOLUMEN POR HORA} = 7.7 \times 6.0 = 46.23 \text{ M}^3$$

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{626.41}{46.23 \times 0.8} = 16.94$$

NUMERO DE CAMIONES

$$\text{PRODUCCION DEL CARGADOR} = \frac{6 \text{ M}^3}{1.74 \text{ MIN.}} \times 60 \text{ MIN.} \times 0.75 =$$

$$= 155.17 \text{ M}^3/\text{HR.}$$

$$\text{PRODUCCION DEL CARGADOR MATERIAL EN BANCO} = 155.17 \times 0.8 = 124 \text{ M}^3/\text{HR}$$

$$\text{No. DE CAMIONES} = \frac{124}{36.9} = 3.36 \rightarrow 4 \text{ CAMIONES.}$$

POR CONCEPTO DE CAMIONES ESPERANDO, EL FACTOR ES:

$$\frac{4}{3.36} = 1.19$$

$$\text{COSTO DE ACARREO: } 16.94 \times 1.19 = 20.16$$

$$\text{COSTO DE LA CARGA POR M}^3 = \frac{\$2760.69}{124} = 22.26$$

$$\text{ACARREO} = 20.16$$

$$\text{CARGA} = 22.26$$

$$\text{T O T A L } \underline{\underline{\$42.42}}$$

HACIENDO EL ANALISIS CON 3 CAMIONES, PARA COMPARAR EL COSTO EN EL CASO DE LA ESPERA DEL CARGADOR.

$$\begin{aligned} \text{PRODUCCION DEL CARGADOR} &= 36.9 \text{ M}^3/\text{HR.} \times 3 \text{ CAMIONES} = \\ &= 110.70 \end{aligned}$$

$$\text{COSTO DE CARGA} = \frac{2,760.69}{110.70} = 24.94 \text{ \$/M}^3$$

$$\text{ACARREO} = 16.94$$

$$\text{CARGA} = 24.94$$

$$\text{T O T A L } \underline{\underline{\$41.88}}$$

COMO EL COSTO TOTAL AL UTILIZAR 3 CAMIONES ES MENOR QUE CUANDO SE UTILIZAN 4 ENTONCES UTILIZAREMOS 3.

LE RESULTAN PUES LAS SIGUIENTES ALTERNATIVAS:

A) MOTOESCREPAS	27.40
B) CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	48.29
C) IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	37.53
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS	41.88
E) IGUAL A D) RENTANDO MOTOESCREPAS	31.12

EL SUPERINTENDENTE LLEVA ESTOS DATOS AL GERENTE QUIEN LE RESPONDE QUE NO PUEDE COMPRAR LOS CAMIONES PORQUE LE PARECE QUE NO VA PODER USARLOS DESPUES. EL SUPERINTENDENTE QUE TRATA DE USAR SUS CONOCIMIENTOS EN ESTADISTICA ANALIZA LOS DATOS DE CAMIONES QUE USO LA EMPRESA Y SE ENCUENTRA CON QUE EL TOTAL DE CAMIONES SE HA USADO EN LA SIGUIENTE FORMA:

No. CAMIONES	VENDIDOS AL FINAL DEL AÑO	PROBABILIDAD
20	1	0.26
27	2	0.34
16	3	0.20
8	4	0.10
8	5	0.10
79		1.00

ENCUENTRA TAMBIEN QUE SE HAN VENDIDO EN LA FORMA SIGUIENTE:

AÑO DE VENTA	VALOR DE ADQUISICION
1	50
2	35
3	25
4	20
5	10

CON ESTO ENCUENTRA LOS VALORES DE DEPRECIACION REAL, POR HORA DEL CAMION.

SI SE VENDE AL FINAL DEL AÑO	VALOR DEPRECIADO	No. HORAS	DEPRECIACION POR HORA
1	621,400	2000	310.7
2	807,820	4000	201.95
3	932,100	6000	155.35
4	994,240	8000	124.28
5	1'118,520	10000	111.85

$$* 1'242,800 \times 0.65 = 807,820$$

COSTO DE HORA MAQUINA

AÑO	COSTO/HORA	COSTO ACARREO	PROBABILIDAD	
1	820.57	22.19	.26	5.77
2	711.82	19.25	.34	6.54
* 3	665.22	17.99	.20	3.60
4	634.15	17.15	.10	1.71
5	621.72	16.81	.10	1.68
VALOR ESPERADO				19.30

$$* 626.41 - 116.54 + 155.35 = 665.22$$

$$\text{ACARREO ESPERADO} = 19.30$$

$$\text{CARGA} = \frac{24.94}{44.24}$$

$$- \text{UT. MOTOESCREPAS} \frac{10.76}{33.48}$$

LAS ALTERNATIVAS SON

A)	MOTOESCREPAS	27.40
B)	CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	48.29
C)	IGUAL A B) RENTANDO MOTOESCREPAS	37.53
D)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	* 41.88
E)	IGUAL A D) RENTANDO MOTOESCREPAS	* 31.12
F)	CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADISTICO)	44.24
G)	IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	33.48

* CONDICIONADOS.

EL GERENTE POR FIN ACEPTA LA PROPOSICION DEL SUPER -

INTENDENTE. EL SUPERINTENDENTE SIGUE CON LA PLANEA-

CION DE SU TRABAJO Y PIENSA SI NO PODRIA PAVIMENTAR-

EL CAMINO Y ASI PODER INCREMENTAR LA VELOCIDAD Y DIS

MINUIR LA INVERSION EN LA COMPRA DE 6 CAMIONES.

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO
(5 AÑOS DE USO)

VELOCIDAD DE IDA 20 KM/H.

VELOCIDAD DE REGRESO 35 KM/H.

$$\text{DE IDA: } t = \frac{370 \times 60}{20,000} = 1.11 \text{ MIN.}$$

$$\text{DE REGRESO: } t = \frac{370 \times 60}{35,000} = 0.63 \text{ MIN.}$$

$$\text{T O T A L} = 1.74 \text{ MIN.}$$

$$\text{TIEMPO TOTAL DEL CICLO} = 1.74 + 1.74 + 0.5 = 3.98 \text{ MIN.}$$

$$\text{NUMERO DE VIAJES POR HORA} = \frac{45}{3.98} = 11.31$$

$$\text{VOLUMEN POR HORA} = 11.31 \times 6 = 67.86 \text{ M}^3$$

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{626.41}{67.86 \times 0.8} = 11.54$$

$$\text{NUMERO DE CAMIONES} = \frac{\text{PRODUCCION DEL CARGADOR}}{\text{VOL. POR HORA X COEF. DE ABUNDAMIENTO}}$$

$$\frac{124 \text{ M}^3}{54.29} = 2.28 = 2 \text{ CAMIONES.}$$

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA:

$$\text{COSTO DE LA CARGA} = \frac{\text{COSTO HORARIO DEL CARGADOR}}{\text{PRODUCCION DE 2 CAMIONES.}}$$

$$\text{ACARREO} = 11.54$$

$$\text{CARGA} = \frac{25.43}{36.97}$$

$$- \text{UT. MOTOESCUREPA} \cdot \frac{\$10.76}{26.21}$$

AL COTIZAR EL PAVIMENTO ENCUENTRA QUE UNA EMPRESA QUE SE DEDICA A ESE TIPO DE TRABAJO LE PLANTEA UN PRESUPUESTO DE \$1'000,000.

EL COSTO POR M³ ES DE:

$$\frac{1'000,000}{800,000} = 1.25$$

EL COSTO TOTAL ES PUES 26.21

$$+ \frac{1.25}{}$$

$$\underline{27.46}$$

CAMIONES Y CARGADOR PARA CAMINO PAVIMENTADO
(USO ESTADISTICO).

VALOR ESPERADO DEL COSTO HORARIO DEL EQUIPO. (USO ESTADISTICO).

$$820.57 (0.26) + 711.82 (.34)$$

$$+ 665.22 (0.20) + 634.15 (0.1)$$

$$+ 621.72 (0.1) = 714.00$$

COSTO M³ PARA USO ESTADISTICO.

$$= \frac{714.00}{67.86 \times 0.8}$$

$$= \underline{\underline{\$13.15/M^3}}$$

COSTO DEL ACARREO MAS CARGA

ACARREO ■ 13.15

CARGA ■ 25.43
 38.58

- UT. MOTOESCREPAS 10.76
 27.82

+ COSTO DEL CAMINO 1.25

COSTO TOTAL 29.07

LAS ALTERNATIVAS SON

	\$/M ³
A) MOTOESCREPAS	27.40
B) CARGADOR Y CAMION ALQUILADO	48.29
C) IGUAL A B) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	37.53
D) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (5 AÑOS USO)	41.88
E) IGUAL A D) RENTANDO LAS MOTOESCREPAS	31.12
F) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADIS -TICO)	44.24
G) IGUAL A F) RENTANDO MOTOESCREPAS	35.48
H) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS PAVIMENTADO- EL CAMINO Y RENTANDO MOTOESCREPAS (5 AÑOS DE USO).	27.45
I) CARGADOR Y CAMIONES PROPIOS (USO ESTADIS TICO) RENTANDO MOTOESCREPAS Y PAVIMENTAN DO EL CAMINO.	29.07

EL SUPERINTENDENTE MUESTRA SUS ALTERNATIVAS AL GERENTE,
DICIENDOLE QUE ES CLARO QUE LE CONVIENE PAVIMENTAR EL
CAMINO.

EL GERENTE LE DICE QUE SI BIEN LOS DATOS DEMUESTRAN LA
BONDAD DE LA PAVIMENTACION, EL NO ESTA DE ACUERDO EN
INVERTIR, AL INICIAR LA OBRA, \$1'000,000 QUE NO RECUPERA
RA SINO HASTA LA TERMINACION DEL TRABAJO, PUES ASI REZA
EN EL CONTRATO.

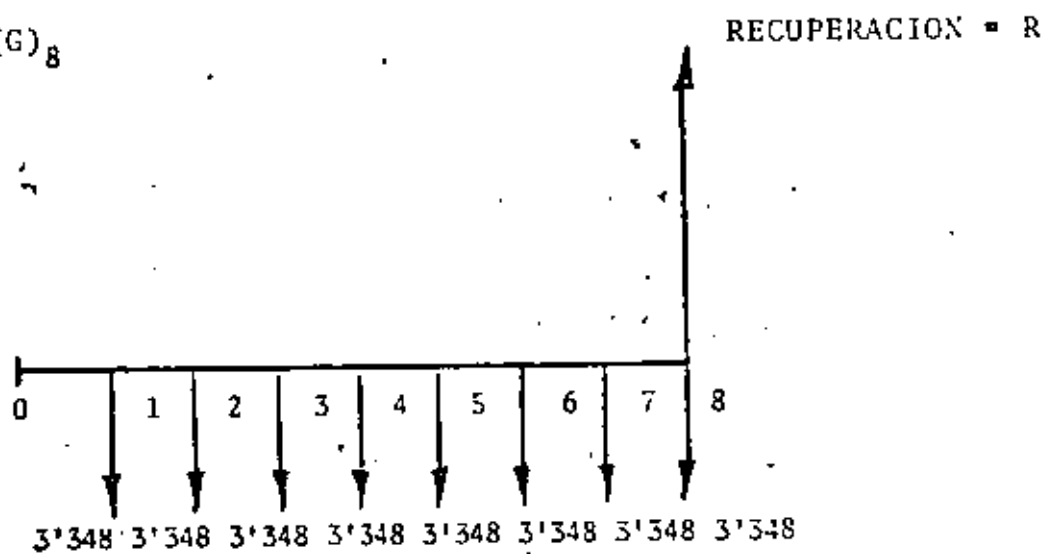
EL SUPERINTENDENTE CONSIDERA QUE SI HAY DIFERENCIA EN
LOS SISTEMAS DE ECRESO, POR LO QUE DECIDE REALIZAR UN
ESTUDIO DE VALOR ACTUALIZADO.

HACE UNA COMPARACION ENTRE LAS ALTERNATIVA (G) E (I) HACIENDO USO DEL METODO DE VALOR ACTUALIZADO. (USO ESTADISTICO).

COMO LA RECUPERACION ES AL FINAL Y ES LA MISMA EN EL TIEMPO Y EN SU VALOR, NO LA CONSIDERA PARA FINES DE COMPARACION.

SUPONE QUE LA OBRA DURARA 8 MESES Y QUE LOS EGRESOS POR COSTO-DIRECTO SERAN LINEALES; LE RESULTAN ASI LAS SIGUIENTES GRAFICAS DE INGRESOS-EGRESOS.

CASO (G)₈

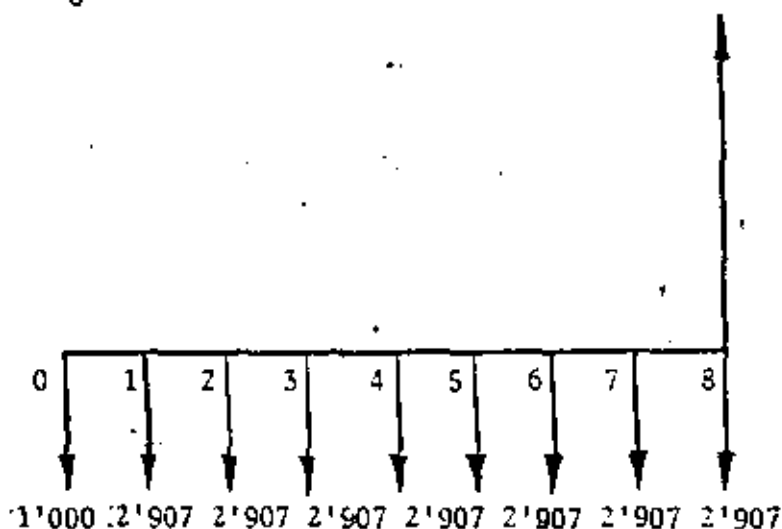


EN MILES DE PESOS

$$\text{COSTO/MES} = \frac{33.48 \times 800,000}{8} = 3'348,000$$

CASO (I)₈

RECUPERACION = R



$$\text{COSTO/MES} = \frac{29.07 \times 800,000}{8} = 2'907,000$$

EL SUPERINTENDENTE SUPONE UNA TASA DE INTERES MINIMA ACEPTABLE DE 4% MENSUAL. USANDO LA TABLA DE LOS APUNTES OBTIENE LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS.

CASO (G)₈ INTERES 4%

VALOR PRESENTE DE UNA SERIE UNIFORME DE FLUJO DE EFECTIVO.

$$3'348,000 \times 6.7328 = 22'541,414$$

CASO (I)₈ INTERES 4%

$$P = A \frac{(1+i)^n - 1}{i (1+i)^n}$$

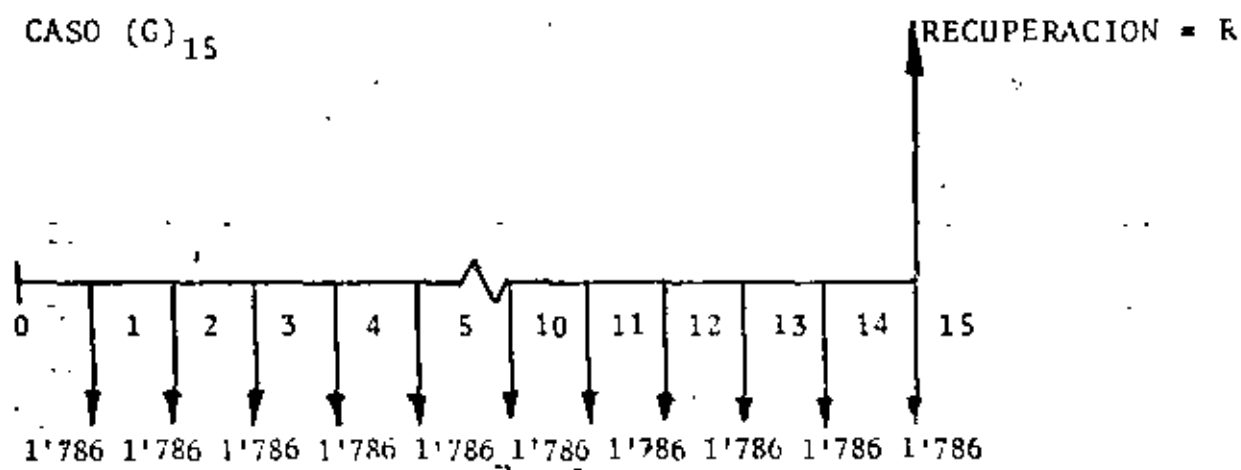
$$1'000,000 + 2'907,000 \times 6.7328 = 20'572,250$$

LE CONVIENE SELECCIONAR LA ALTERNATIVA DE COSTO ACTUALIZADO MINIMO, QUE SIGUE SIENDO LA (I).

EL GERENTE LE RECUERDA QUE EL PIENSA QUE SE VA A TARDAR 15 MESES EN EL TRABAJO.

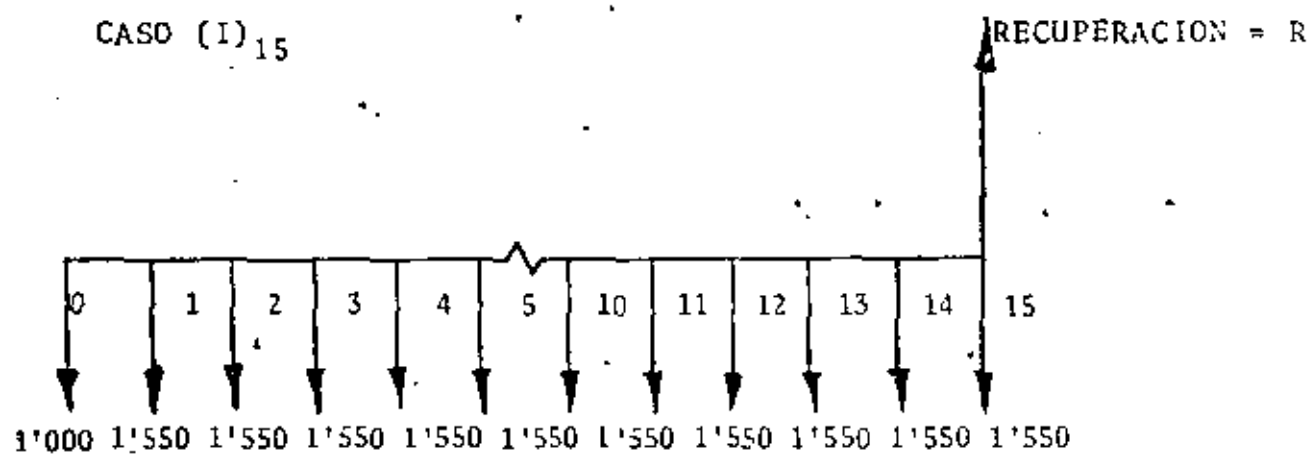
EL SUPERINTENDENTE SUPONE LOS 15 MESES Y OBTIENE LO SIGUIENTE:

CASO (G)₁₅



$$\text{COSTO/MES} = \frac{33.48 \times 800,00}{15} = 1'785,600$$

CASO (I)₁₅



$$\text{COSTO/MES} = \frac{29.07 \times 800,000}{15} = 1'550,400$$

SUPONIENDO EL MISMO INTERES Y COMO EN EL CASO ANTERIOR QUE GASTOS Y RECUPERACIONES SE VERIFICAN AL FIN DE MES, Y USANDO LA TABLA DE VALORES ACTUALIZADOS OBTENDREMOS:

CASO (G)₁₅ 4% MENSUAL

$$1'785,600 \quad \times \quad 11.1134 \quad = \quad 19'855,015$$

CASO (I)₁₅ 4% MENSUAL

$$1'000,000 + 1'550,400 \times 11.1184 = 18'237,967$$

LE SIGUE CONVINIENDO SELECCIONAR LA ALTERNATIVA I.

EL GERENTE LE PIDE QUE EN VISTA DE QUE LAS CONDICIONES DE LA EMPRESA NO SON MUY BUENAS, LE ANALICE QUE SUCEDERIA SI SE OBLIGA A PAGAR 6% DE INTERES MENSUAL.

EN EL CURSO DE DURACION 8 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES ACTUALIZADOS:

CASO (G)₈ INTERES 6% MENSUAL

$$3'348,000 \times 6.2098 = 20,790,410$$

CASO (I)₈ INTERES 6% MENSUAL

EN EL CASO DE DURACION 8 MESES:

$$1'000,000 + 2'907,000 \times 6.2098 = 19'051,889$$

EN EL CASO DE DURACION 15 MESES TIENE LOS SIGUIENTES VALORES

CASO (G)₁₅ INTERES 6% MENSUAL

$$1'785,600 \times 9.7123 = 17'342,283$$

CASO (I)₁₅ INTERES 6% MENSUAL

$$1'000,000 + 1'550,400 \times 9.7123 = 16'057,950$$

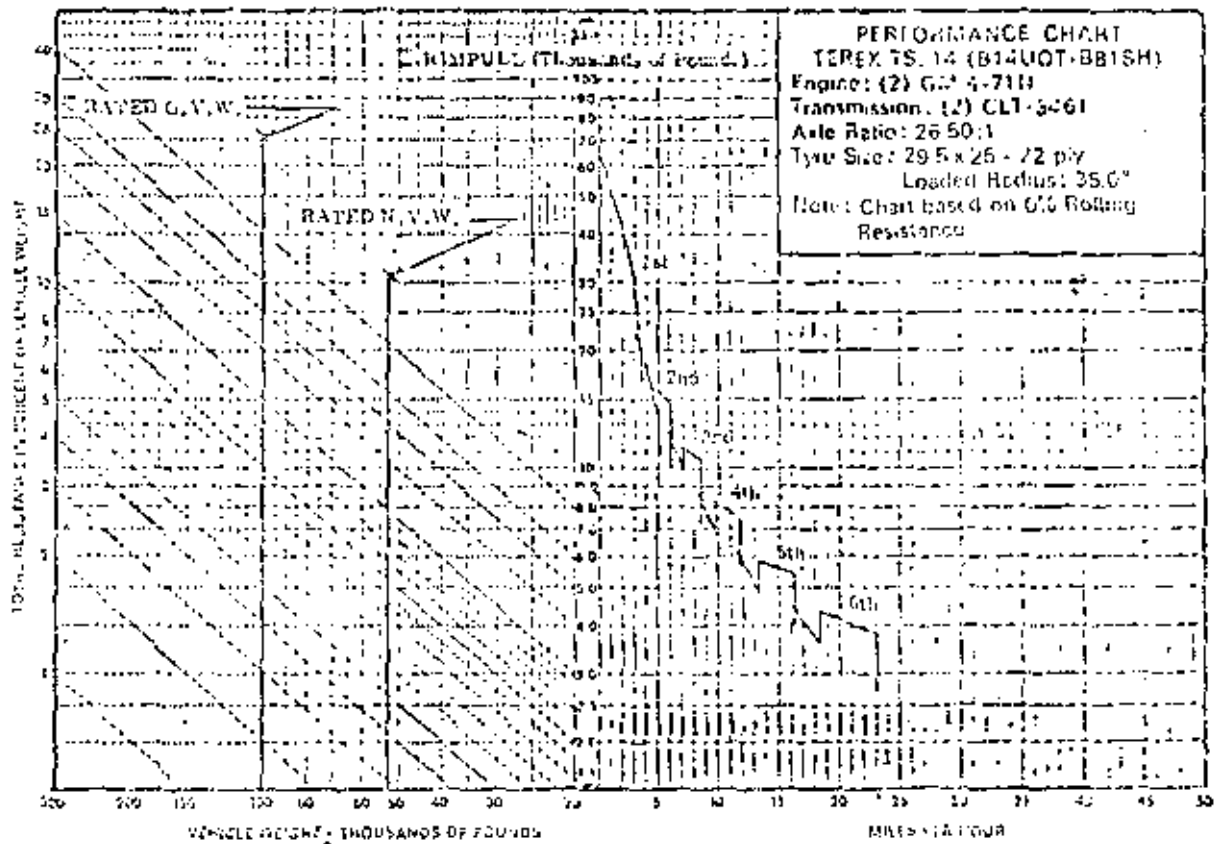
CON TODOS ESTOS DATOS EL SUPERINTENDENTE HACE LA SIGUIENTE TABLA.

	COSTO ACTUALIZADO		
	CASO G	CASO I	G - I
DURACION 8 MESES INTERES 4%	22'541,414	20'572,250	1'969,164
DURACION 8 MESES INTERES 6%	20'790,410	19'051,889	1'738,521
DURACION 15 MESES INTERES 4%	19'853,015	18'237,967	1'615,048
DURACION 15 MESES INTERES 6%	17'342,283	16'057,950	1'284,333

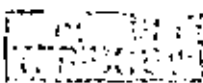
LA DIFERENCIA $G-I$ ES SIEMPRE POSITIVA POR LO QUE EN TODOS
LOS CASOS CONVIENE LA SOLUCION I, PUESTO QUE EL COSTO AC-
TUALIZADO ES MENOR.

PODEMOS DECIR QUE LA SALIDA ES POCO SENSIBLE A LOS CAMBIOS
EN TIEMPO E INTERES, DENTRO DE LOS RANGOS ESTUDIADOS. PO-
DREMOS PUES CON UNA CONFIANZA RAZONABLE PROCEDER A PAVIMEN-
TAR EL CAMINO.

¡ATENCIÓN! AL SIMPLIFICAR LA SOLUCION DEL PROBLEMA SOLO SE
HAN CONSIDERADO DECISIONES A NIVEL DE COSTO DIRECTO.



- INSTRUCTIONS:**
- 1. FIND VEHICLE WEIGHT ON LOWER LEFT HORIZONTAL SCALE
 - 2. READ UP TO SURFACE TOTAL RESISTANCE
 - 3. FROM INTERSECTION READ HORIZONTALLY TO THE RIGHT TO INTERSECTION WITH PERFORMANCE CURVE (STANDARD GEAR)
 - 4. READ DOWN FOR VEHICLE SPEED



TEREX Division, Madison, OHIO, U.S.A. 44236

General Motors Scotland Limited, Capenhurst, Scotland

General Motors Corporation, 300 North Zeeb Road, Warren, Michigan 48090

D A T O S:

MATERIAL.	LIMO ARENOSO SECO.
PESO VOLUMETRICO EN BANCO.	1600 KG/M ³
ALTITUD S. N. M.	2000 M.
LONGITUD DE ACARREO.	370 M (4% PENDIENTE FAVOR
CALIDAD DEL CAMINO.	REVESTIDO.
COEFICIENTE DE ABUNDAMIENTO.	1.25 O SU RECIPROCO 0.8
CAPACIDAD DE LA MOTOESCREPA COLMADA.	15 M ³
PESO DE LA MAQUINA VACIA.	24.1 TON.
PESO DE LA MAQUINA CARGADA.	42.1+1.6x0.8x15 = 43.3
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA MOTOESCREPA.	v. o \$13,595.25
(VER LAS HOJAS SIGUIENTES).	
MOTOESCREPAS DE TIRO Y EMPUJE.	
CAMION ALQUILADO A:	\$50 + 35/M ³ ABUND.
COSTO DIRECTO HORA MAQUINA CARGADOR FRONTAL.	\$5,129.52
CAPACIDAD DEL CUCHARON.	3.5 Yd ³ .

CONTRACTORA:	MARCA: <u>MOTOCREPA</u>	HORA No.: <u>1/2</u>
<u>X</u>	MODELO: <u>TEREX TS-14</u>	CALCULÓ: <u>C.M.G.</u>
	DATOS ADIC:	REVISÓ: <u>F.F.L.</u>
OBJ: <u>MOVIMIENTO DE</u>		FECHA: <u>Abril '84.</u>
<u>TIERRAS.</u>		

DATOS GENERALES

PRECIO ADQUISICIÓN:	\$ <u>56'514,500.00</u>	FECHA COTIZACIÓN: <u>Abril '84.</u>
EQUIPO ADICIONAL - Llantas	<u>1'640,500.00</u>	VIDA ECONOMICA (VE): <u>5</u> AÑOS.
	<u>54'874,000.00</u>	HORAS POR AÑO (HA): <u>2000 HR/AÑO.</u>
VALOR INICIAL (VA):		MOTORES: <u>Diesel DE 160 HP.</u>
VALOR RESCATE (VR): <u>10 %</u>	<u>5'651,450.00</u>	FACTOR OPERACIÓN: <u>0.70</u>
TASA INTERÉS (I): <u>12 %</u>		POTENCIA OPERACIÓN: <u>2x0.7x100 HP, GP.</u>
PRIMA SEGUROS (S): <u>2 %</u>		COEFICIENTE ALMACENAJE (K): <u>0.10</u>
		FACTOR MANTENIMIENTO (Q): <u>0.75</u>

I. CARGOS FIJOS.

A). DEPRECIACIÓN: $D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{54'874,000.00 - 5'651,450.00}{10,000} = \$ 4,922.26$

B). INVERSIÓN: $I = \frac{VA + VR}{2 HA} = \frac{54'874,000 + 5'651,450 \times 0.12}{2 \times 2000} = 1,815.76$

C). SEGUROS: $S = \frac{VA + VR}{2 HA} = \frac{54'874,000 + 5'651,450 \times 0.02}{2 \times 2000} = 302.63$

D). ALMACENAJE: $A = KD = \frac{0.10 \times 4,922.26}{1} = 492.23$

E). MANTENIMIENTO: $M = QD = \frac{0.75 \times 4,922.26}{1} = 3,691.69$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 11,224.57

II. CONSUMOS.

a). OPERADORIA: $E = E_{PC}$
 DIESEL: $E = 0.20 \times \frac{224}{100} \text{ HP. CP.} \times \$ 26.00 / \text{LT.} = \$ 1,164.64$
 GASOLINA: $E = 0.24 \times \frac{\quad}{100} \text{ HP. CP.} \times \$ \quad / \text{LT.} =$

b). OTRAS FUENTES DE ENERGÍA: $\quad =$

c). LUBRICANTES: $L = A \cdot PE$

CAPACIDAD CARTER: $C = \frac{2 \times 16}{100} \text{ LITROS.}$

CAMBIO ACEITE: $T = \frac{\quad}{\quad} \text{ HORAS.}$

$A = C/T = \frac{0.0035}{0.0020} \times \frac{224}{100} \text{ HP. CP.} = \frac{1.10}{1} \text{ LT/HR.}$

$L = \frac{1.10 \text{ LT/HR} \times \$ 180}{1} / \text{LT.} = 198.00$

d). LLAMAS: $LI = \frac{VLL \text{ (VALOR LLAMAS)}}{HV \text{ (VIDA ECONOMICA)}}$

VIDA ECONOMICA: $HV = \frac{2500}{\quad} \text{ HORAS}$

$LI = \frac{1,640,500.00}{2,500 \text{ HORAS}} = 656.20$

SUMA CONSUMOS POR HORA \$2,019.00

III. OPERACION.

SALARIO BASE: $\$ 1,067.00$

SALARIO REAL:

OPERADOR: $\frac{2,110.10}{\quad}$

$\frac{\quad}{\quad}$

$\frac{\quad}{\quad}$

SAL/TURNO-PROM: $\$ 2,110.10$

HORAS/TURNO-PROM.: (H)

$H = 3 \text{ HORAS} \times 0.75 \text{ (FACTOR RENDIMIENTO)} = 6 \text{ HORAS}$

OPERACION = $O = \frac{S}{H} = \frac{\$ 2,110.10}{6 \text{ HORAS}} = \$ 351.68$

SUMA OPERACION POR HORA \$351.68

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HFD) \$13,595.25

CONSTRUCTORA:	MARCA: Cargador Frontal	HORA (H.):
X	MODELO: Michigan 85-III-A	COLOR: C.M.G.
	DATOS ADIC: 3.5 Yd ³	REVISÓ: F.F.L.
USO: MOVIMIENTO DE TIERRAS.		FECHA: Abril '84

DATOS GENERALES

PRECIO ADQUISICIÓN:	\$ 16'430,000.00	FECHA COTIZACIÓN: Abril '84
EQUIPO ADICIONAL - Llantas.	723,500.00	VIDA ECONÓMICA (VE): 5 AÑOS.
	15'706,500.00	HECTÁREAS POR AÑO. (HA): 2000 HA/AÑO.
VALOR INICIAL (VA):		POTORES: DE 221 HP.
VALOR RESORTE (VR): 10 % \$ 1'643,000.00		FACTOR OPERACIÓN: 0.75
TASA INTERÉS (I): 12 %		POTENCIA OPERACIÓN: 166 HP.OP.
PRIMA SEGUROS (S): 2 %		COEFICIENTE ALMACENAJE (K): 0.10
		FACTOR MANTENIMIENTO (M): 0.80

I. CARGOS FIJOS.

$$A). \text{ DEPRECIACIÓN: } D = \frac{VA - VR}{VE} = \frac{15'706,500 - 1'643,000.00}{10,000} = \$ 1'406.35$$

$$B). \text{ INVERSIÓN: } I = \frac{VA + VR}{2 \text{ HA}} = \frac{15'706,500 + 1'643,000.00}{2 \times 2000} \times 0.12 = 520.49$$

$$C). \text{ SEGUROS: } S = \frac{VA + VR}{2 \text{ HA}} = \frac{15'706,500 + 1'643,000.00}{2 \times 2000} \times 0.02 = 86.75$$

$$D). \text{ ALMACENAJE: } A = KD = \frac{0.10 \times 1'406.35}{1} = 140.64$$

$$E). \text{ MANTENIMIENTO: } M = MD = \frac{0.80 \times 862.60}{1} = 1,125.08$$

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$3,279.31
----------------------------	------------

II. CONSUMOS.

A). COMBUSTIBLE: E = E Pc.

DIESEL: E = 0.20 X 166 HP. CP. X \$ 26 /LT. = \$ 863.20

GASOLINA: E = 0.22 X HP. CP. X \$ /LT. =

B). OTRAS FUENTES DE ENERGIA: =

C). LUBRICANTES: L = A PE

CAPACIDAD CARTER: C = 26.5 LITROS.

CAMBIO ACEITE: T = 100 HORAS.

A=C/T + 0.0035 X 166 HP. CP. = 0.85 LT/HR.
0.0030

L = 0.85 LT/HR X \$ 180 /LT. = 153.00

D). LLANTAS: Li = VAL (VALOR LLANTAS)
H/ (VIDA ECONOMICA)

VIDA ECONOMICA: H/ = 1500 HORAS

Li = 723,500.00 / 1,500 HORAS = 482.33

SUMA CONSUMOS POR HORA \$1,498.53

III. OPERACION.

SALARIO BASE: \$ 1,067.00

SALARIO REAL-

OPERADOR: 2,110.10

SAL/TURNO-PROMIO 2,110.10

HORAS/TURNO-PROM.: (H) -

H = 3 HORAS X 0.75 (FACTOR RENDIMIENTO) = 6.00 HORAS

OPERACION = O = S/H = 2,110.10 / 6.00 HORAS = \$351.68

SUMA OPERACION POR HORA \$351.68

COSTO DIRECTO HORA - MAQUINA (HMD) \$5,129.52

A.- COSTO POR M³ DE ACARREO UTILIZANDO MOTOESCREPA TEREX
TS-14

PRODUCCION = 205.2 M³/HR.

$$\text{COSTO POR M}^3 = \frac{\text{COSTO HORARIO}}{\text{PRODUCCION REAL}} = \frac{13,595.25}{205.2 \times 0.75}$$

COSTO POR M³ = \$88.34

B.- COSTO POR M³ DE ACARREO USANDO CARGADOR FRONTAL MICHIGAN-
MODELO 8 - III - A Y CAMIONES ALQUILADOS.

PRODUCCION = 216 M³/HR.

$$\text{COSTO DE CARGA} = \frac{\$5,129.52}{216 \times 0.75} = 31.66$$

$$\begin{array}{l} \text{COSTO ACARREO} = \frac{\$50.00}{0.8} = 62.50 \\ \text{COSTO TOTAL} = \underline{\quad\quad\quad} = \underline{\$94.16} \end{array}$$

POR LO TANTO

ALTERNATIVA	COSTO/M ³
A).- MOTOESCREPAS	\$88.34
B).- CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS.	\$94.16

LA ALTERNATIVA MOTOESCREPAS SIGUE SIENDO MAS CONVENIENTE.

REVISANDO LA ALTERNATIVA DE UTILIZAR CARGADORES Y CAMIONES -
RENTANDO MOTOESCREPAS, SE TIENE:

C).- COSTO POR M³ DE ACARREO UTILIZANDO CARGADOR Y CAMIONES -
ALQUILADOS, RENTANDO LAS MOTOESCREPAS.

GANANCIA NETA POR RENTA DE MOTOESCREPAS/MES = \$395,000

TIEMPO DE EJECUCION: 8.2 MESES.

GANANCIA TOTAL = 8.2 x 6 x 395,000 = \$19,434,000

GANANCIA/M³ = $\frac{19,434,000}{800,000}$ = \$24.29

COSTO NETO = COSTO ALTERNATIVA B) - GANANCIA POR RENTA

COSTO NETO = 94.16 - 24.29 = \$69.87

LAS TRES ALTERNATIVAS QUEDAN ASI:

a) .- MOTOESCREPAS	\$88.34
b) .- CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS	\$94.16
c) .- CARGADOR Y CAMIONES ALQUILADOS, RENTANDO MOTOESCREPAS	\$69.87

A COSTOS ACTUALES (ABRIL 1984) LA ALTERNATIVA MAS CONVENIENTE ES LA C).



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO

ING. JOSÉ PIÑA GARZA

JUNIO, 1984

MÉTODOS PARA LA SELECCIÓN DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Píña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

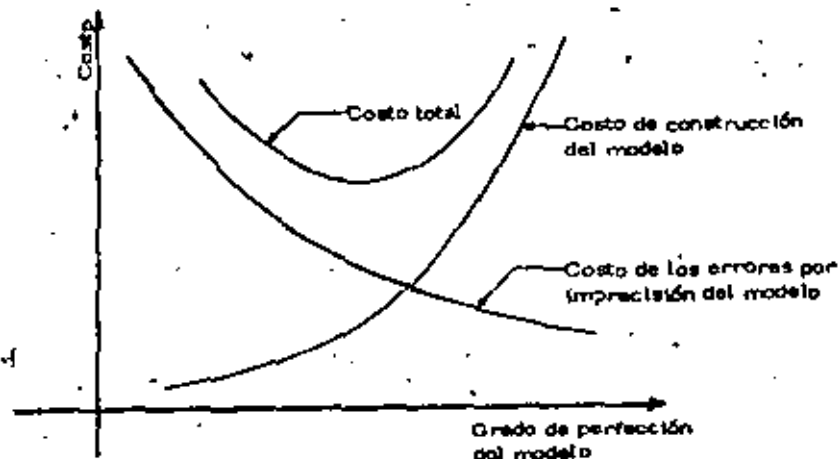
Por la forma de representación

Descripción escrita (hablada)
Económicas
Lógicos (diagramáticos)
Analógicos
Simbólicas (matemáticas)

Por el uso

Comunicación
Análisis
Predicción
Control
Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos
- Preparación matemática del ingeniero

	Materia	Créditos
1	Matemáticas I	9
2	Matemáticas II	9
3	Matemáticas III	9
4	Matemáticas IV	9
5	Álgebra Lineal	9
6	Computación Numérica	9
7	Probabilidad y Estadística	9
8	Ingeniería de Sistemas I	6
9	Ingeniería de Sistemas II	6
	Total de Créditos	75

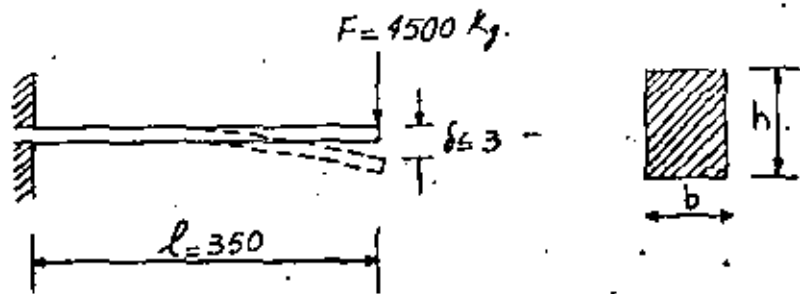
- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento inercial
- Costo y valor de la información

Problema:

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en voladizo de 3,50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4,5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 cm en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/penalite sea de 1/1,5



$$S_{max} \geq \frac{Fl^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$S_{max} \geq \frac{4Fl^3}{Eb h^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$S_{max} \geq \frac{6Fl^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6Fl^3}{ES_{max}}}$$

$$f_{mix} \geq \frac{6M}{bh^2}$$

para $h \leq 40 \text{ cm}$.

$$f_{mix} \geq \frac{9Fl}{h^2}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9Fl}{f_{mix}}}$$

$$f_{mix} = \frac{6M}{Kb h^2}$$

$$K = 0.81 \left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

Minimizar costo $C = S \cdot l h b$

"Problems de Transporte"

- Se tienen n orígenes posibles de un determinado artículo.
- En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_i, \dots, a_n$$
- Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.
- En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_j, \dots, b_m$$
- Se conoce el costo unitario c_{ij} que resulta de obtener un artículo en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes.

El problema consiste en:

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

Formulación del modelo matemático

Variables X_{ij} $i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$ $m \cdot n$ variables.
 Función objetivo Minimizar $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} X_{ij}$ (1)
 Sujeta a las restricciones:

$\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$
 Total de disponibilidad de los \approx Total de requerimientos.

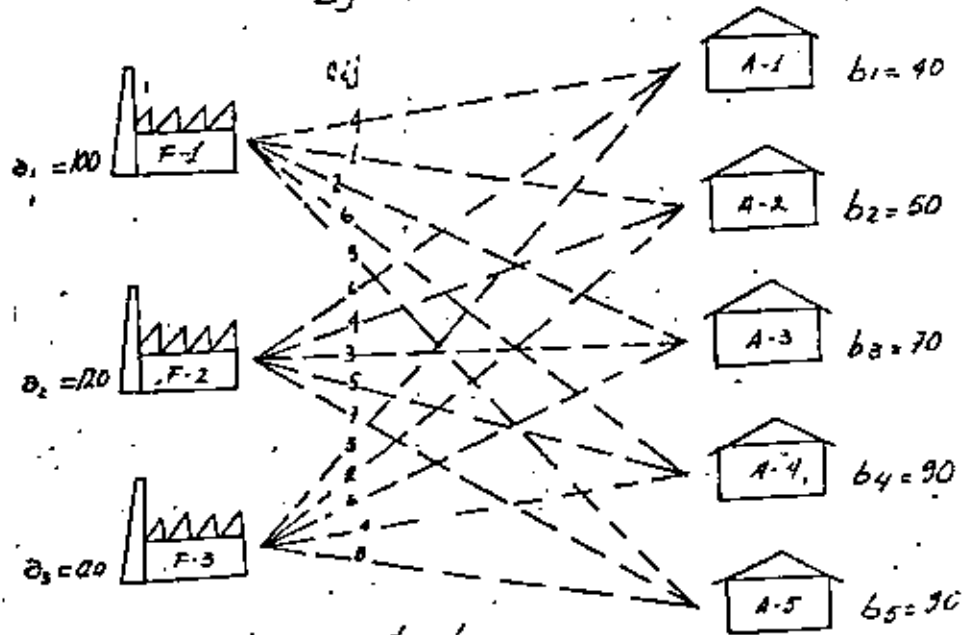
$\sum_{j=1}^m X_{ij} = a_i$ para $i=1,2,\dots,n$ (2) a (n+1)
 Cant. enviada del origen i a todos los destinos \approx Cant. disp. en el origen i

$\sum_{i=1}^n X_{ij} = b_j$ para $j=1,2,\dots,m$
 Cant. recibida en el destino j de todas las orígenes \approx Cant. requerida en el destino j

$X_{ij} \geq 0$ para $i=1,2,\dots,n$
 $j=1,2,\dots,m$

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

Ejemplo:



Formulación matemática:

(n+1) a (n+m+2) 1) Minimizar: $Z = 4x_{11} + x_{12} + 2x_{13} + 6x_{14} + 5x_{15} + 6x_{21} + 9x_{22} + 3x_{23} + 5x_{24} + 7x_{25} + 5x_{31} + 2x_{32} + 6x_{33} + 4x_{34} + 8x_{35}$
 Sujeta a las restricciones.
 $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$ $100 + 120 + 200 = 40 + 50 + 70 + 90 + 90 = 340$
 a) $\sum_{j=1}^m X_{1j} = 100$
 b) $X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} = 100$
 c) $X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} = 120$
 d) $X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} = 200$
 e) $X_{11} = 40$
 f) $X_{12} = 50$
 g) $X_{13} = 70$
 h) $X_{14} = 90$
 i) $X_{15} = 90$

Solución factible

Orígenes	Destinos.					
	1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4	50 1	10 2	— —	9 —	230
2 (120)	160 6	50 4	60 3	10 5	— 7	480
3 (120)	— 5	— 2	180 6	30 9	90 7	840
Total de costo						1550

x_{ij}
 c_{ij}
 $c_{ij} x_{ij} \rightarrow \Sigma$

Solución óptima

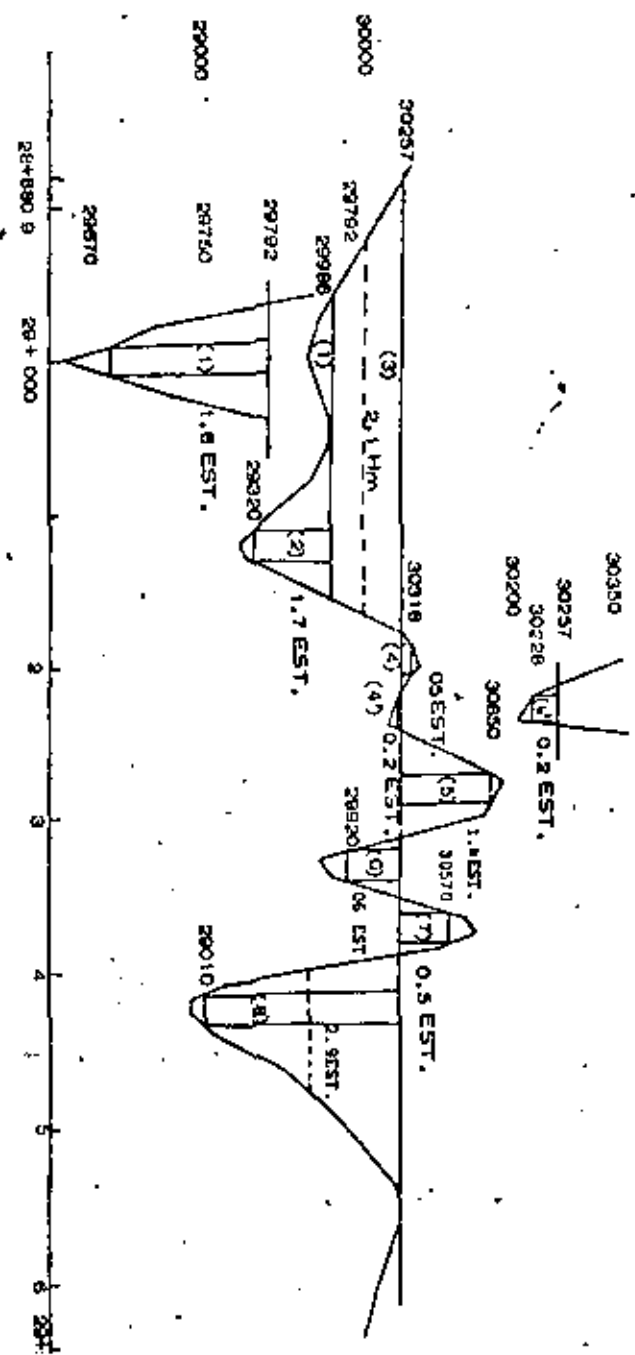
Orígenes	Destinos					
	1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
1 (100)	40 4	20 1	40 2	— —	9 —	260
2 (120)	160 6	20 4	30 3	— 5	90 7	720
3 (120)	— 5	30 2	— 6	50 4	— 8	420
Total de costo						1400

Disposicion de datos

x_{ij}
c_{ij}
$c_{ij} x_{ij}$

 $\rightarrow \sum_{j=1}^5 c_{ij} x_{ij}$

CURVA MASA Y MOVIMIENTO DE TERRACERIAS (CONVENCIONAL)

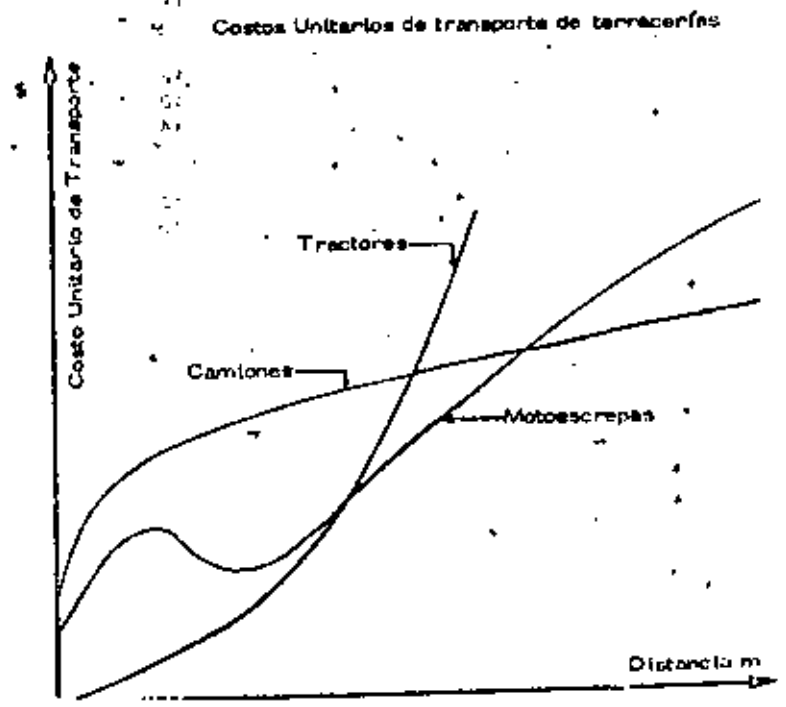
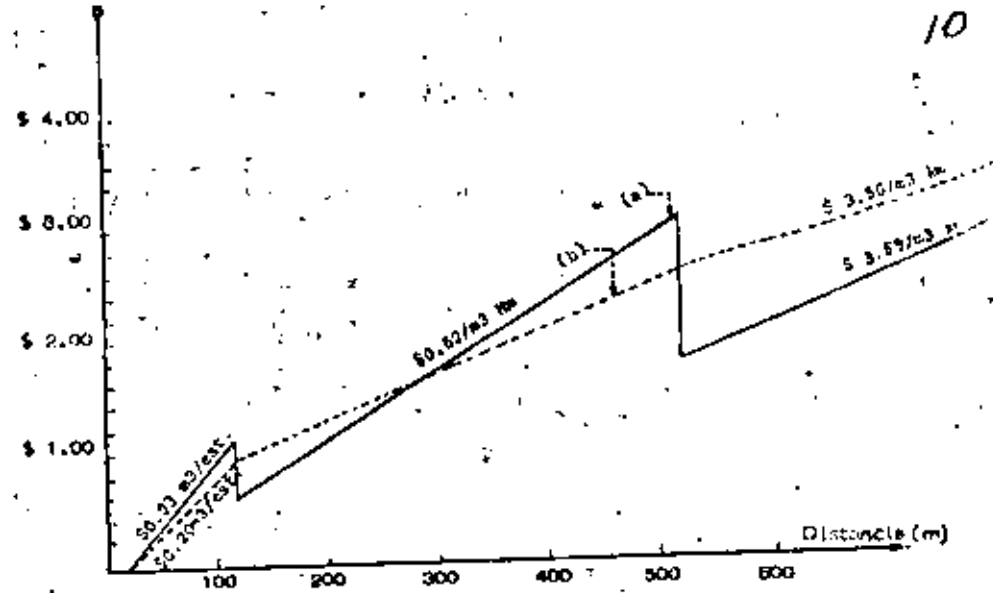


VOLUMEN DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

09

10

UBICACION	CORTE		TERRAPLEN	
	Origen No.	Volumen	Destino No.	Volumen
29+880 a 29+900			1	124
29+900 a 29+920			2	154
920 940			3	118
940 960			4	110
960 980			5	102
29+980 29+000			6	50
29+000 29+020	1	57		
020 040	2	70		
040 060	3	2		
060 080			7	87
29+080 29+100			8	244
29+100 29+120			9	217
120 140	4	203		
140 160	5	406		
160 180	6	392		
29+180 29+200	7	188		
29+200 29+220			10	142
220 240			11	26
240 260	8	386		
260 280	9	344		
29+280 29+300			12	122
29+300 29+320			13	780
320 340			14	217
340 360	10	580		
360 380	11	359		
29+360 29+400			15	965
29+400 29+420			16	649
420 440	12	181		
440 460	13	367		
460 480	14	252		
29+480 29+500	15	201		
29+500 29+520	16	189		
520 540	17	136		
540 560	18	34		
560 580			17	67
29+580 29+600			18	80
29+600 29+620			19	47
29+620 29+640			20	52
Bco a 500 m der. de est. 33+000	19	5000		
Terraplén ficticio			21	4710
Sumas iguales		9266		9265



FUNCION OBJETIVO 433626

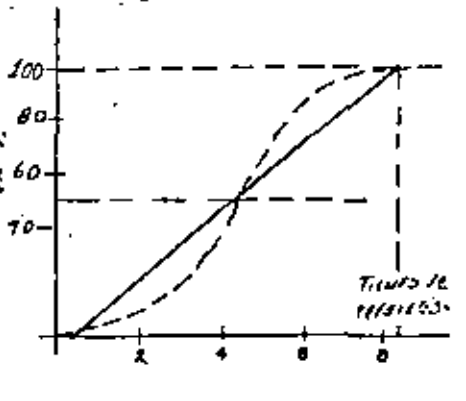
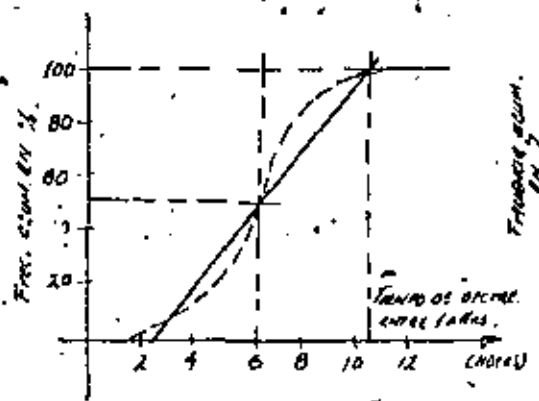
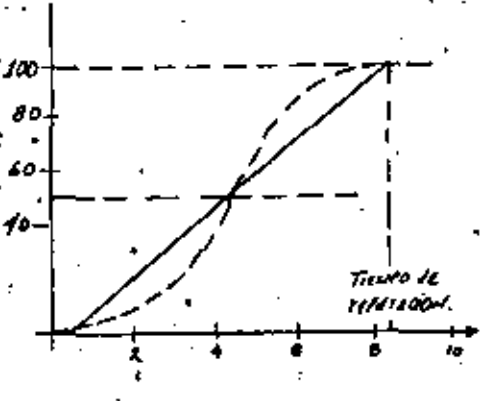
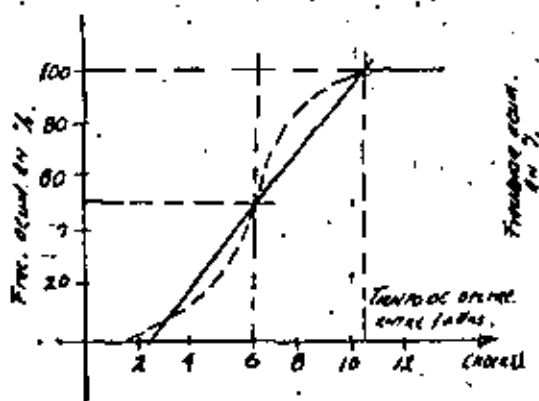
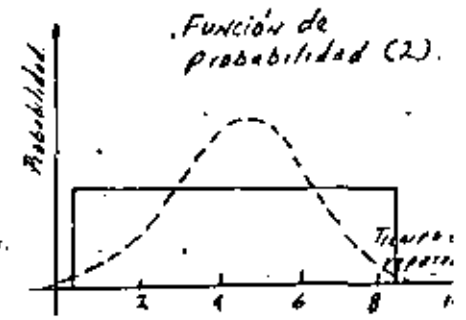
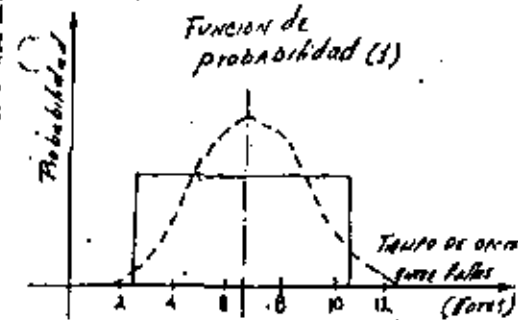
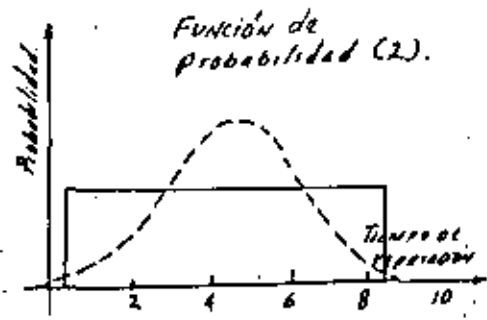
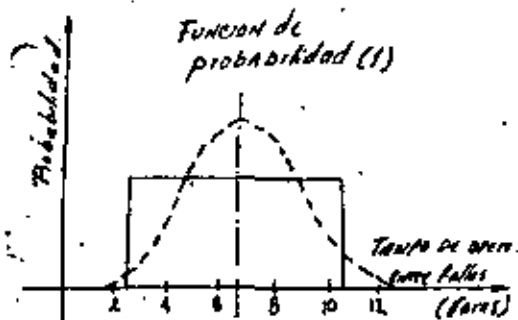
COSTOS UNITARIOS DE TRANSPORTE

Terrañón/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	124	100	106	118	148	156	164	172	196	204	226	244	267	274	281	288	295	302	30	81
2	154	80	100	108	140	148	156	164	188	196	228	236	260	267	274	281	288	295	302	1074
3	118	80	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	1067
4	110	40	60	80	124	132	140	148	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	1080
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	1053
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	1046
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	1018
8	244	60	40	20	20	39	60	80	116	124	166	164	188	196	204	212	220	228	236	1011
9	217	60	60	40	0	20	40	60	108	116	148	156	180	188	196	204	212	220	228	1004
10	142	132	124	116	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	997
11	26	140	132	124	60	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	992
12	122	164	166	148	116	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	941
13	780	172	164	156	124	116	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	934
14	217	180	172	164	132	124	116	108	60	40	0	20	60	100	108	116	124	132	140	927
15	985	204	196	188	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	80	100	108	116	908
16	849	212	204	196	164	156	148	140	116	108	40	20	0	19	40	60	80	100	108	890
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	80	60	40	20	0	843
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	116	108	100	80	60	40	20	836
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	156	148	124	116	108	100	80	60	40	829
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	822
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	6265	57	70	2	203	406	392	126	366	344	580	359	161	367	252	201	189	136	34	500

FUNCION OBJETIVO 433926

SOLUCION AL PROBLEMA DE TRANSPORTE

Terrañón/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	124	0	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	154	0	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	118	0	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	110	0	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	87	0	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	244	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	217	0	0	0	116	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	142	0	0	0	0	0	0	50	92	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	26	0	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	122	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	780	0	0	0	0	0	0	0	268	222	200	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	161	0	163	0	0	0	0	
16	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	92	201	189	0	0	0	
17	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	34	0	
18	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	6265	37	70	1	203	406	392	126	366	344	580	359	161	367	252	201	189	136	34	500



1ª	2ª	3ª	OPERACION	REPARACION
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	6
	S	A	9	7
		S	10	8

1ª	2ª	3ª	OPERACION	REPARACION
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
		S	6	4
S	A	A	7	5
		S	8	6
	S	A	9	7
		S	10	8

Compensación de camiones por medio del problema de transporte



SIMULACION

- Otra clasificación de modelos
 - determinísticos estático
 - estocásticos dinámico
- Concepto de Simulación
- Metodología
 - Definición de objetivos.
 - Obtención y revisión de datos, análisis del problema
 - Diseño del experimento
 - Construcción del modelo
 - Validación (calibración del modelo)
 - Simulación
 - Análisis e Interpretación de resultados

Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m³ de un banco a un tiradero; la longitud de acarreo es de 1 200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento utilizando un cargador Michigan de 3 1/2 yd³ y 8 camiones fletados, cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

- Cargadores de la misma capacidad a un costo horario efectivo de \$ 160,00/hr vs \$ 200,00/hora del primero.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6,5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de compostura promedio es de 4,5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.
- En compensación, el fabricante ofrece enviar sin costo para el constructor, otro cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno esté descompuesto entra el otro en operación.
- El fabricante también ofrece proporcionar a un mecánico y cubrir las reparaciones que surjan durante el desarrollo del trabajo.
- El constructor tiene la obligación con los fletados de pagar \$ 60,00/ hora en caso de descompostura del cargador, en compensación por tiempo de espera.

MÉTODOS PARA LA SELECCION DE EQUIPO

USO DE MODELOS

Ing. José Piña Garza.

- Concepto de modelo
- Clasificación de modelos

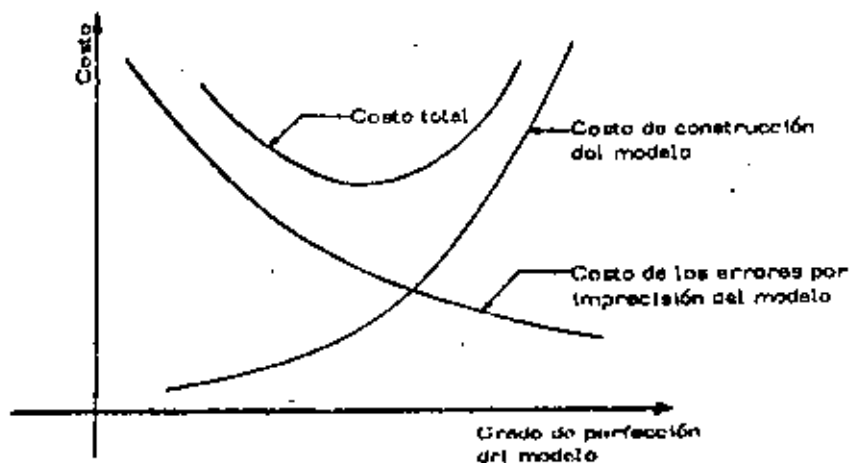
Por la forma de representación

- Descripción escrita (hablada)
- Económicos
- Lógicos (diagramáticos)
- Análogos
- Simbólicos (matemáticas)

Por el uso

- Comunicación
- Análisis
- Predicción
- Control
- Entrenamiento

- Modelo versus realidad



- Actitud ante el uso de modelos matemáticos
- Preparación matemática del Ingeniero

	Materia	Créditos
1	Matemáticas I	9
2	Matemáticas II	9
3	Matemáticas III	9
4	Matemáticas IV	9
5	Álgebra Lineal	9
6	Computación Numérica	9
7	Probabilidad y Estadística	9
8	Ingeniería de Sistemas I	6
9	Ingeniería de Sistemas II	6
	Total de Créditos	75

- Objetivos de la formación matemática del ingeniero
- Evolución de las herramientas para el manejo matemático de problemas
- Concepto de sistemas
- Limitaciones para el empleo del instrumental matemático
- Dimensionamiento económico de los problemas de movimiento de tierras
- Costo y valor de la información

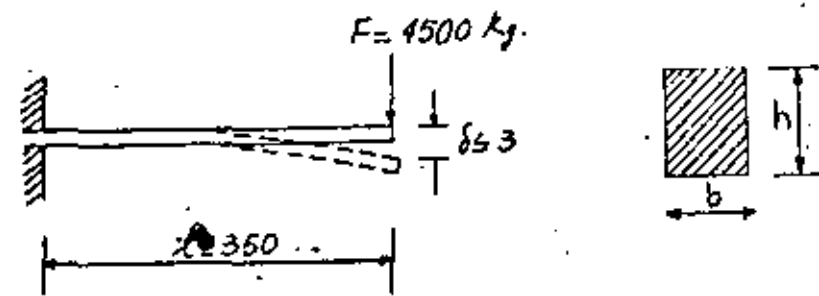
Problema 1

Se desea determinar las dimensiones de una viga de madera en vola tipo de 3,50 m de longitud, sujeta a una carga en el extremo libre de 4,5 ton.

En atención a las características de trabajo se requiere un desplazamiento vertical menor de 3 mm en el extremo libre.

Se deberá especificar una sección rectangular en que la relación base/penalza sea de 1:1,5

6



$$\delta_{\max} \geq \frac{FL^3}{3EI}$$

$$I = \frac{bd^3}{12}$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{4FL^3}{Eb^3h^3}$$

$$\frac{b}{h} = \frac{1}{1.50}; \quad b = 0.67h$$

$$\delta_{\max} \geq \frac{6FL^3}{Eh^4}$$

$$h \geq \sqrt[4]{\frac{6FL^3}{E\delta_{\max}}}$$

$$f_{\max} \geq \frac{6M}{bh^2}$$

para $h \leq 40 \text{ cm}$.

$$f_{\max} \geq \frac{9FL}{h^3}$$

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{9FL}{f_{\max}}}$$

$$f_{\max} = \frac{6M}{Kbh^2}$$

$$K = 0.81 \left(\frac{h^2 + 363}{h^2 + 223} \right)$$

Minimizar costo $C = S \cdot lhb$

"Problema de Transporte"

a) Se tienen n orígenes posibles de un determinado artículo.

b) En cada uno de ellos se produce una cantidad conocida de artículos:

$$a_1, a_2, a_3, \dots, a_1, \dots, a_n$$

c) Los artículos se deben transportar a m diferentes destinos.

d) En cada destino se requiere una cantidad definida de tales artículos:

$$b_1, b_2, b_3, \dots, b_1, \dots, b_m$$

e) Se conoce el costo unitario c_{ij} que resulta de obtener un artículo en cada uno de los j destinos según cada uno de sus n posibles orígenes.

El problema consiste en:

1) Determinar la cantidad X_{ij} de artículos que conviene enviar de cada uno de los orígenes i a cada uno de los destinos j , de tal manera que el costo total de transporte sea mínimo.

2) Suponiendo que existe una variación lineal de costo de producción y transporte en función del número de unidades requeridas, o sea que el costo de producir y enviar un artículo del origen i al destino j es c_{ij} el costo de entregar X_{ij} artículo será $c_{ij}X_{ij}$.

10

Formulación del modelo matemático

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

Función objetivo Minimizar $Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} X_{ij}$ (1)
 costo total de transporte.

Sujeta a las restricciones:

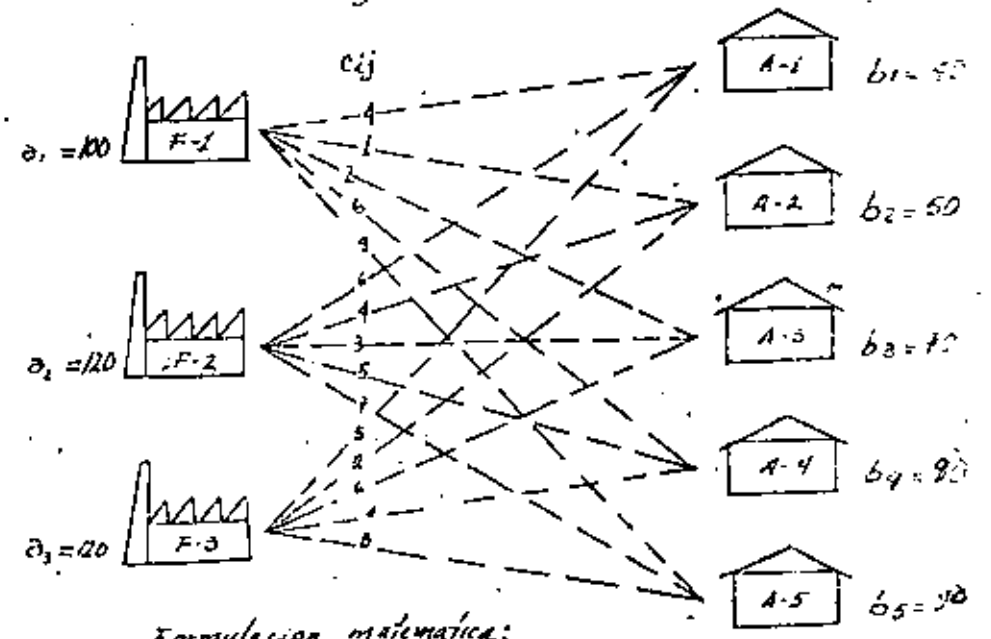
(a) $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$
 Total de disponibilidades = Total de requerimientos.

(b) $\sum_{j=1}^m X_{ij} = a_i$ para $i=1,2,\dots,n$ (2) a (n+1)
 Cant. enviada del origen i a todos los destinos = Cant. disp. en el origen i

(c) $\sum_{i=1}^n X_{ij} = b_j$ para $j=1,2,\dots,m$ (n+1) a (n+m)
 Cant. recibida en el destino j de todas las orígenes = Cant. requiere en el destino j

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

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



Formulación matemática:

(1) Minimizar: $Z = 4x_{11} + x_{12} + 2x_{13} + 6x_{14} + 4x_{15} + 4x_{21} + 3x_{22} + 5x_{23} + 7x_{24} + 8x_{25} + 5x_{31} + 2x_{32} + 6x_{33} + 4x_{34} + 8x_{35}$
 Sujeta a las restricciones.

(2) $\sum_{i=1}^n a_i = \sum_{j=1}^m b_j$ $100 + 120 + 20 = 50 + 50 + 70 + 90 + 30 = 340$

(3) $x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + x_{i5}$

(4) $x_{11} + x_{21} + x_{31}$

(5) $x_{12} + x_{22} + x_{32}$

(6) $x_{13} + x_{23} + x_{33}$

(7) $x_{14} + x_{24} + x_{34}$

(8) $x_{15} + x_{25} + x_{35}$

(9) $x_{ij} \geq 0$

Solución factible

37

		Destinos					
		1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
Origenes	1 (100)	40 4 160	50 1 50	10 2 20	— — —	— — —	230
	2 (120)	— 6 —	— 4 —	60 3 180	60 5 300	— 7 —	
3 (120)	— 5 —	— 2 —	— — —	— 6 —	30 4 120	90 1 90	840
Total de costo							1550

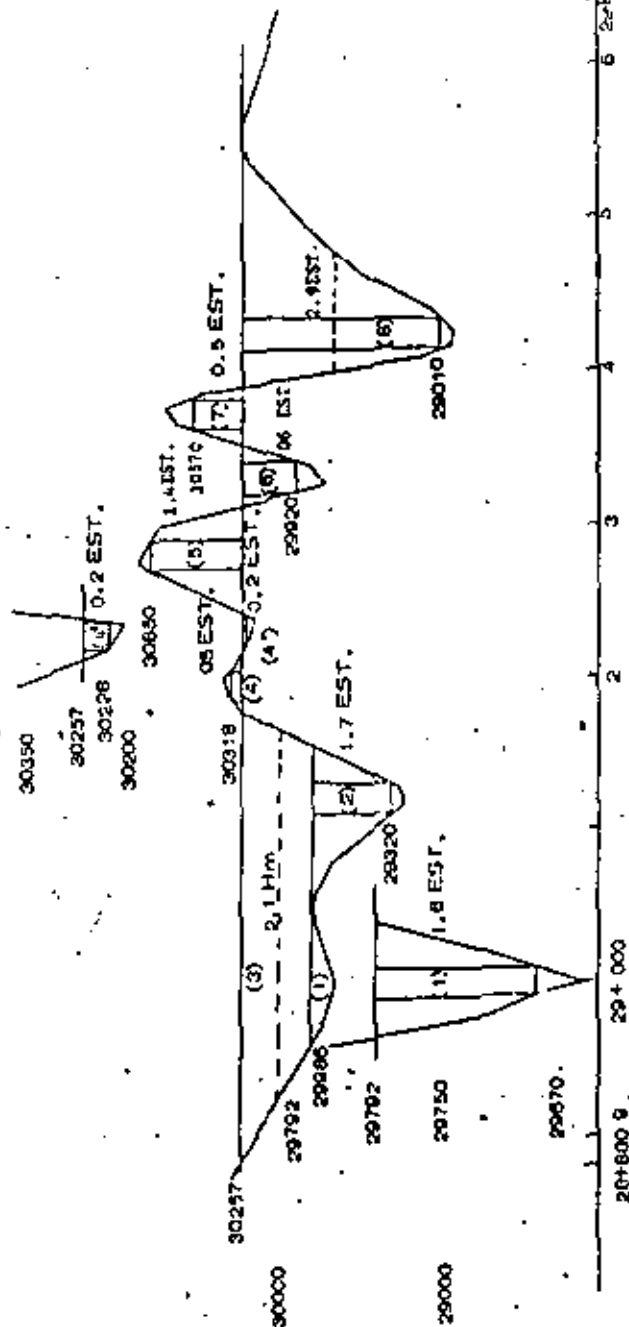
X_{ij}
 C_{ij}
 $C_{ij} X_{ij} \rightarrow \Sigma$

Solución óptima

		Destinos					
		1 (40)	2 (50)	3 (70)	4 (90)	5 (90)	
Origenes	1 (100)	40 4 160	20 1 20	40 3 140	— 6 —	— 9 —	260
	2 (120)	— 6 —	— 4 —	30 3 90	— 5 —	90 7 630	
3 (120)	— 5 —	— 2 —	— 40 —	— 6 —	30 4 120	— 8 —	420
Total de costo							1400

Disposición de lotes

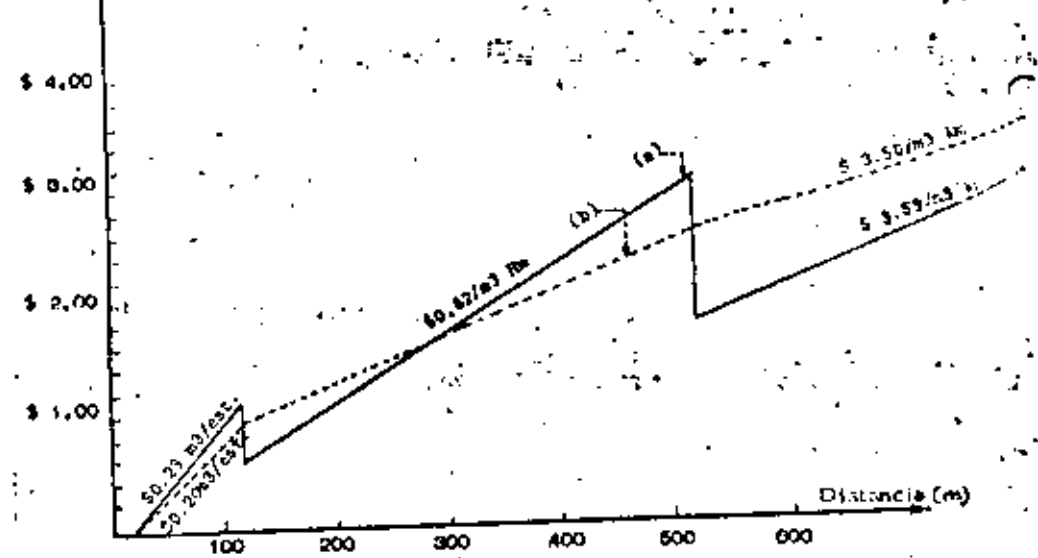
X_{ij} C_{ij} $C_{ij} X_{ij}$	$\rightarrow \sum_{j=1}^5 C_{ij} X_{ij}$
---	--



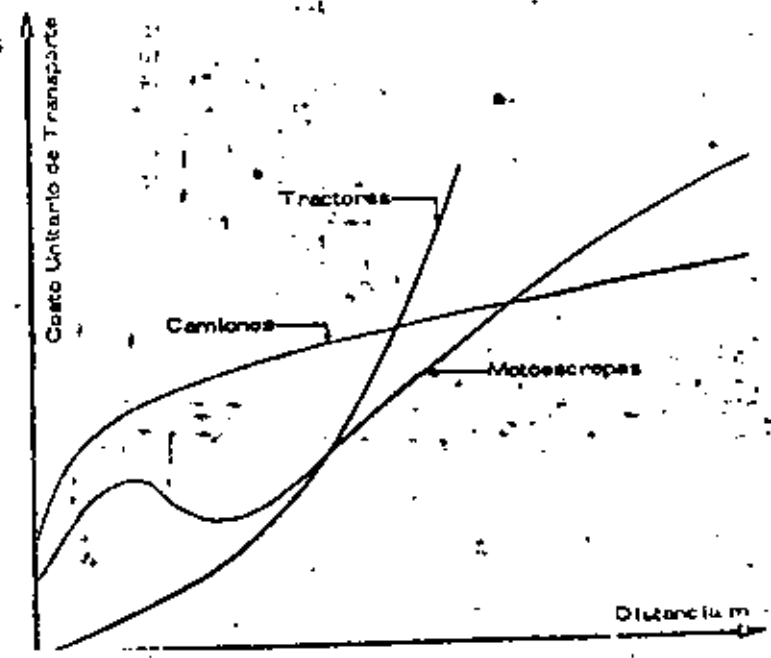
CURVA MASA Y MOVIMIENTO DE TERRACERIAS (CONVENCIONAL)

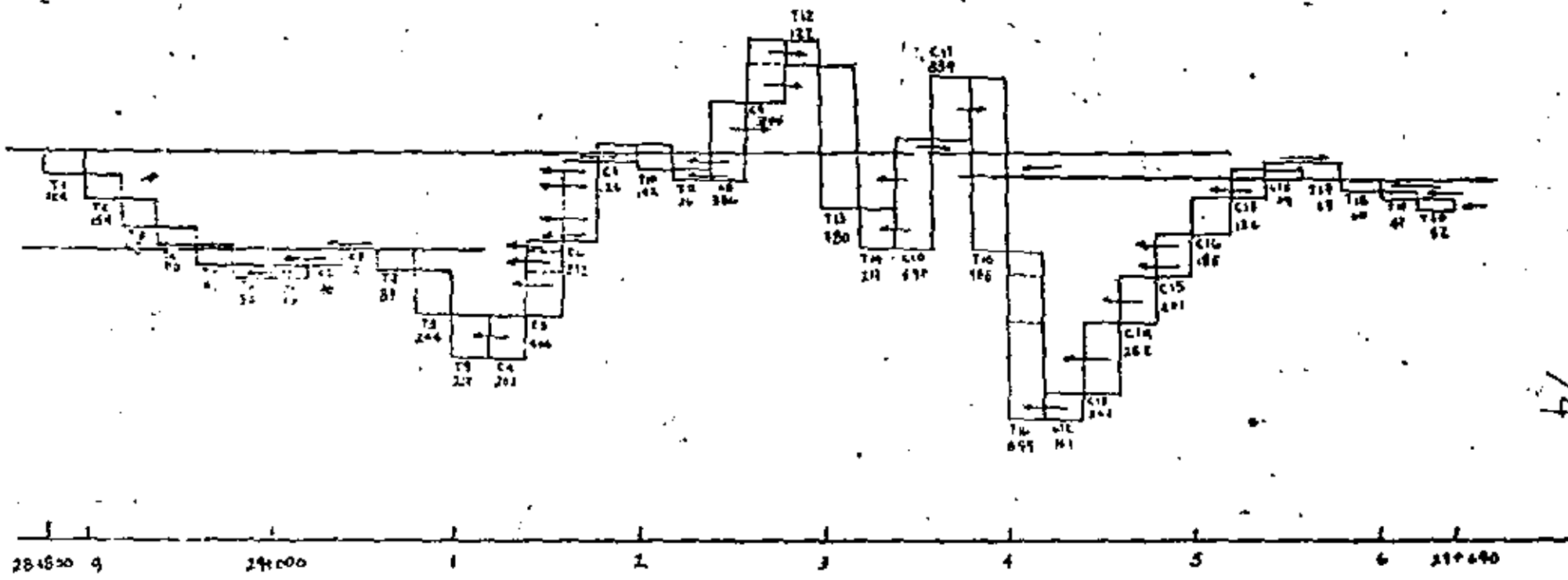
VOLUMEN DE TERRAPLEN, CORTE Y BANCOS

UBICACION	CORTE		TERRAPLEN	
	Origen No.	Volumen	Destino No.	Volumen
28+000 a 28+100			1	124
28+000 a 28+320			2	154
920 940			3	118
940 960			4	110
960 980			5	102
28+800 29+000			6	50
28+070 29+020	1	57		
020 040	2	70		
040 060	3	2		
060 080			7	87
28+080 28+100			8	244
28+100 28+120			9	217
120 140	4	203		
140 160	5	406		
160 180	6	302		
28+180 28+200	7	126		
28+200 28+220			10	142
220 240			11	26
240 260	8	386		
260 280	9	344		
28+280 28+300			12	122
28+300 28+320			13	760
320 340			14	217
340 360	10	680		
360 380	11	359		
28+380 28+400			15	985
28+400 28+420			16	848
420 440	12	161		
440 460	13	307		
460 480	14	262		
28+480 28+500	15	201		
28+500 28+520	16	109		
520 540	17	130		
540 560	18	94		
28+560 28+580			17	67
28+580 28+600			18	605
28+600 28+620			19	47
28+620 28+640			20	52
Para fines de transporte de				
est. 71 + 000	19	5000		
Terraplen ficticio			21	4712
Suma iguales		9261		9265



Costos Unitarios de transporte de terracerías





14

Compensación de terracerías por medio del problema de transporte

15

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	124	100	108	118	148	156	164	172	198	204	236	244	267	274	281	288	295	302	309	104
2	184	80	100	108	140	148	156	164	188	198	228	236	260	267	274	281	288	295	302	107
3	118	80	80	100	132	140	148	156	180	188	220	228	252	260	267	274	281	288	295	104
4	110	40	60	80	124	132	140	146	172	180	212	220	244	252	260	267	274	281	288	10
5	102	20	40	60	116	124	132	140	164	172	204	212	236	244	252	260	267	274	281	110
6	50	0	20	40	108	116	124	132	156	164	196	204	228	236	244	252	260	267	274	10
7	87	40	20	0	40	60	80	100	124	132	164	172	196	204	212	220	228	236	244	10
8	244	60	40	20	20	38	60	80	118	124	156	164	188	196	204	212	220	228	236	10
9	217	80	60	40	0	20	40	60	106	118	148	156	180	188	196	204	212	220	228	10
10	142	132	124	118	60	40	20	0	20	40	108	116	140	148	156	164	172	180	188	8
11	26	140	132	124	80	60	40	20	0	20	100	108	132	140	148	156	164	172	180	6
12	122	164	156	148	118	108	100	80	20	0	40	60	108	116	124	132	140	148	156	6
13	780	172	164	156	124	118	108	100	39	20	20	40	100	108	116	124	132	140	148	6
14	217	180	172	164	132	124	118	108	60	40	0	20	60	100	108	116	124	132	140	6
15	985	204	196	188	156	148	140	132	108	100	20	0	20	40	60	60	100	108	116	6
16	849	212	204	196	164	156	148	140	118	108	40	20	0	19	40	60	60	100	108	6
17	67	274	267	260	228	220	212	204	180	172	140	132	108	100	60	60	20	20	0	1
18	60	281	274	267	236	228	220	212	188	180	148	140	118	108	100	80	60	40	20	1
19	47	288	281	274	244	236	228	220	196	188	158	148	124	118	108	100	60	60	40	1
20	52	295	288	281	252	244	236	228	204	196	164	156	132	124	116	108	100	80	60	1
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	358	161	367	252	201	189	136	34	5

Terraplén/Corte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
1	124	0	0	0	0	48	76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	184	0	0	0	0	154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	118	0	0	0	0	118	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	110	0	0	0	38	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	102	7	70	2	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	50	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	87	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	244	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	217	0	0	0	110	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	142	0	0	0	0	0	50	82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11	26	0	0	0	0	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	122	0	0	0	0	0	0	0	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	780	0	0	0	0	0	0	258	222	290	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14	217	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	985	0	0	0	0	0	0	0	0	73	359	181	0	100	0	0	100	0	100	
16	849	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	92	201	162	0	0	0	
17	67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	34	0	
18	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	63	
19	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	
20	52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52	
21	4712	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4712	
	9265	57	70	2	203	406	392	126	386	344	580	358	161	367	252	201	189	136	34	570

CANTIDAD	EN OPERACION			EN REPARACION			ESPERA CARROLES			
	INICIO	TIEMPO OPERAL	SUSA	INICIO	TIEMPO REPAR.	TERM.	INICIO	TERM.	TIEMPO ESPERA	USO
A										
B										
A										
B										
A										
B										
A										
B										
A										
B										
A										
B										
A										
B										

16

Bibliografía

1. Invitación a la Investigación de Operaciones - A. Kaufmann Arnold.
2. Principles of Operations Research - Harvey M. Wagner - Prentice-Hall, Inc.
3. New Power for Management (Computer Systems and Management Science) - David B. Hertz - Mc Graw Hill.
4. Introduction to Operations Research - C.W. Churchman, R.L. Ackoff, E.L. Arnoff - John Wiley
5. El Desafío Americano - J.J. Servon Schreiber - Plaza de Jams S.A.
6. Las Técnicas Modernas de Fotogrametría y Cómputo Electrónico Aplicadas al Diseño de Carreteras en México - Gerardo Chulchavsk García - Noviembre 1970 - Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia No. 2, Nov-Dic 1970
7. Movimiento de Terracerías y Costo Mínimo - José Pita G. - Revista Ingeniería Civil

SIMULACION

- Otra clasificación de modelos

determinísticos	estático
estocásticos	dinámico

- Concepto de Simulación

- Metodología

Definición de objetivos
 Obtención y revisión de datos, análisis del problema
 Diseño del experimento
 Construcción del modelo
 Validación (calibración del modelo)
 Simulación
 Análisis e interpretación de resultados

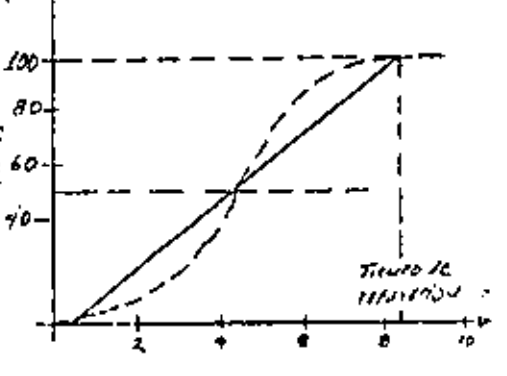
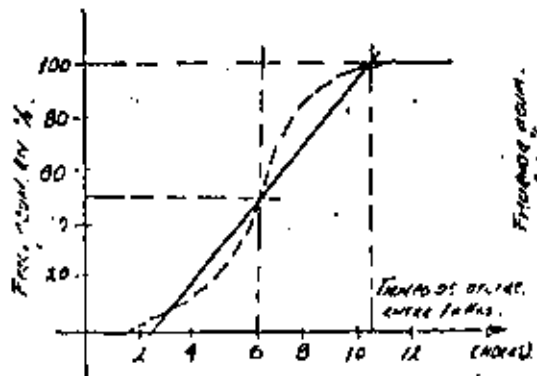
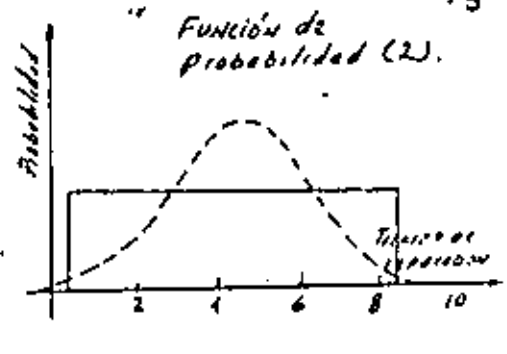
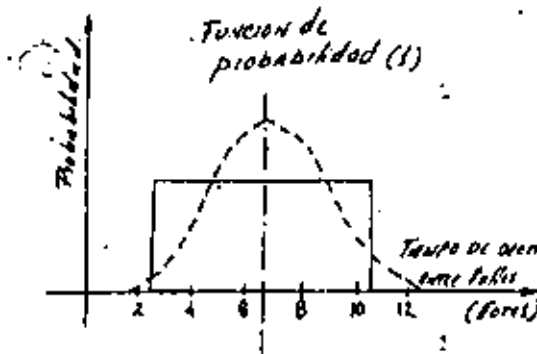
Problema de selección de equipo

Se necesita efectuar un movimiento de tierras en un volumen de 400,000 m³ de un banco a un tiradero; la longitud de terreno es de 1,200 m.

Se ha analizado el problema y se recomienda efectuar el movimiento de tierra un cargador Michigan de 3 1/2 yd³ y 11 cubillos (cilindros), cuando se presenta una opción interesante que conviene analizar.

Características de la opción.

- Capacidad de la mina capacidad a un costo horario efectivo de \$ 100.00/hr. vs \$ 200.00/hora del primario.
- Los cargadores son defectuosos; el tiempo promedio entre fallas es de 6.5 horas según función de probabilidad (1) y el tiempo de reparación promedio es de 4.5 horas según función de probabilidad (2). Esta información se garantiza ampliamente.
- En caso necesario, el fabricante ofrece enviar al costo pleno el consuelo, con cargador igual por el cual sólo se pagará el costo horario efectivo, de manera que cuando uno está descontinuado entra el otro en operación.
- El fabricante también ofrece proporcionar un mecánico y sus herramientas para que trabajen durante el desarrollo del trabajo.
- El contratista tiene la obligación con los flujos de pagar \$ 50.00/hora de costo de descompostura del cargador, en compensación por tiempo perdido al parar.



1º	2º	3º	OPERACION	REPARACION
A	A	A	3	1
		S	4	2
	S	A	5	3
S	A	S	6	4
		A	7	5
	S	S	8	6
		A	9	7
		S	10	8



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

ING. JOSE PIÑA GARZA

JUNIO, 1984

EL EQUIPO DE CONSTRUCCION EN EL PROCESO INFLACIONARIO

Ing. José Piña Garza

El proceso inflacionario que atraviesa nuestro país desde hace algunos años incide directamente en la Industria de la Construcción ocasionando alteraciones importantes en los precios de adquisición de maquinaria, en los costos unitarios y, consecuentemente, en los criterios de operación y selección de equipo.

El objetivo de este tema es la presentación de algunos conceptos que conviene tomar en cuenta para la determinación de costos en el uso del equipo de construcción ante este proceso inflacionario.

De hecho todos en nuestro medio percibimos los efectos de la inflación. Un ejemplo concreto en equipos de construcción lo tenemos en el tractor D-8 cuyas características no han variado en los últimos años; podemos considerar, por tanto, que se trata de un mismo producto. Los precios de adquisición con el transcurso del tiempo se muestran en la tabla (A).

Es evidente la pérdida del valor adquisitivo de la moneda; además, observamos que dicha pérdida es diferente si se mide en pesos o en dólares, lo que pone de manifiesto una mayor inflación en México que en Estados Unidos.

Por lo que se refiere a nuestra moneda, el Banco de México elabora periódicamente los índices de precios al consumidor, tabla (B), que pretenden medir la pérdida en el valor adquisitivo revaluando el precio de adquisición de una canasta representativa de bienes y servicios a los precios de mercado y dividiendo el importe así obtenido entre el que

TABLA (A).- VARIACION EN EL PRECIO DE UN TRACTOR D-8

AÑO	PRECIO (dólares EUA)	CAMBIO (\$Mex/1 dólar EUA)	PRECIO (pesos Mex)	Indice de precios
1972	72,000	12.50	900,000	27.0
1973	73,000	12.50	913,000	27.4
1974	113,000	12.50	1'413,000	42.4
1975	125,000	12.50	1'563,000	46.9
1976 (ago)	127,000	12.50	1'588,000	47.6
(sep)	132,000	19.60	2'489,000	74.6
1977	143,000	22.50	3'218,000	96.5
1978	145,000	23.00	3'335,000	100.0
1979	166,000	23.00	3'818,000	114.5
1980	191,000	23.00	4'393,000	131.7
1981 (ene)	221,700 (10%)*1	23.34	5'435,000	163.0
(jul)	265,900 (25%)	24.57	6'861,000	205.7
(oct)	272,600 (25%)	25.20	7'213,000	216.3
1982 (ene)	334,900 (50%)	26.50	9'318,000	279.4
(feb)	334,900 (50%)	37.50	13'186,000	395.4
(mar)	267,900 (20%)	47.25	13,290,000	398.5
(sep)	271,800 (20%)	70.00	23'200,000	695.7
1983	276,300 (20%)	120.00	40'280,000	1207.8
1984	285,900 (20%)	150.00	52'100,000	1562.2

*1 Variación en el arancel de importaciones.

TABLA B.- INDICE GENERAL DE PRECIOS

1930	3.320	1958	22.518
1931	2.976	1959	22.500
1932	2.580	1960	23.756
1933	2.787	1961	23.997
1934	3.062	1962	24.272
1935	2.976	1963	24.565
1936	3.131	1964	25.407
1937	3.784	1965	26.061
1938	4.077	1965	26.078
1939	4.025	1967	26.870
1940	4.180	1968	27.816
1941	4.387	1969	27.902
1942	4.885	1970	30.276
1943	5.918	1971	31.136
1944	7.122	1972	31.875
1945	7.965	1973	36.124
1946	8.997	1974	45.155
1947	9.771	1975	49.336
1948	10.356	1976	57.008
1949	11.371	1977	65.959
1950	12.282	1978	100.000
1951	15.774	1979	116.338
1952	16.239	1980	142.024
1953	15.740	1981	180.370
1954	17.271	1982	252.519
1955	19.301	1983	404.030
1956	20.625	1984	731.294
1957	21.279		

resulte de aplicar los precios constantes de un determinado año base. Observamos que dicha pérdida es también diferente de la que se aprecia para el caso concreto del tractor D-8.

Con objeto de lograr una razonable comprensión respecto a las causas y efecto del fenómeno que envuelve a las actividades de la industria de la construcción, conviene plantear el diagrama de circulación económica, fig. (1), que describe las relaciones entre los principales componentes del sistema de economía mixta vigente en nuestro país. Considera en primer término a los organizadores de la producción (empresas o personas) que se encargan de producir los bienes o proporcionar los servicios que se ofrecen en el mercado de bienes y servicios.

Para producir tales bienes y servicios, los organizadores de la producción requieren de mano de obra y de capital que los obtienen a cambio de un salario y de una renta; además requieren de los insumos y bienes de capital que adquieren de otros productores, que a su vez requirieron de mano de obra y capital para producirlos.

La mano de obra y el capital son los factores de la producción que ofrecen sus propietarios, las familias de una sociedad, en el mercado de factores.

(El análisis clásico considera a los recursos naturales, cuando son susceptibles de apropiación, como un tercer factor de la producción; para efectos de esta presentación se los considera incorporados al capital suponiendo la intercambiabilidad entre los elementos que lo forman).

Con el ingreso logrado a cambio de los factores de la producción, las familias adquieren en el mercado de bienes y servicios los que requieren para satisfacer sus necesidades, pagando por ellos el precio fijado en el mercado, importe que finalmente reciben los organizadores de la producción por haber proporcionado tales bienes y con el cual pagan a su vez los factores utilizados.

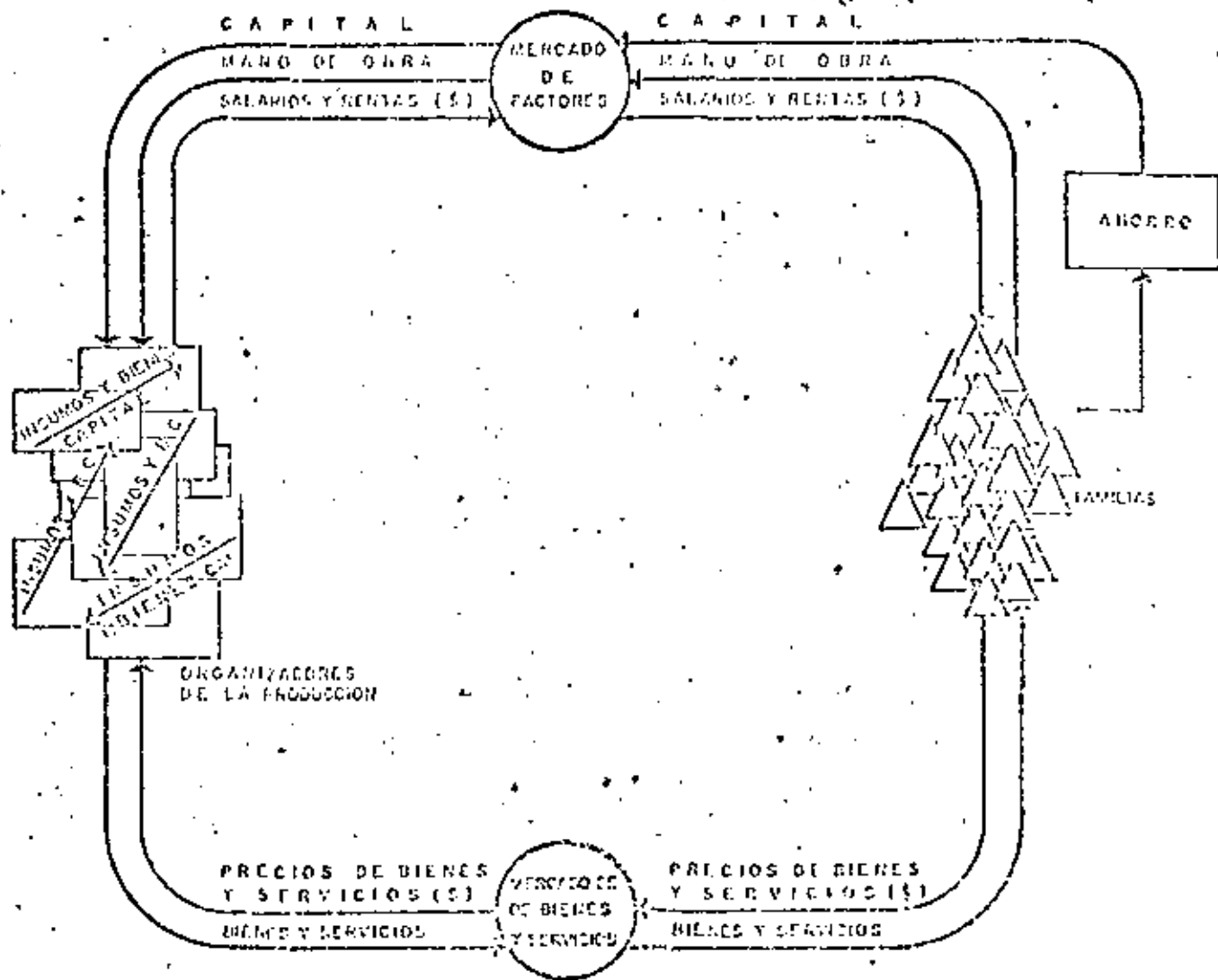


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 1

CIRCUITO BASICO

No todo el ingreso de las familias se destina a la adquisición de bienes y servicios; parte de él se destina al ahorro que es la base de la formación de nuevo capital. Con ello se cierra el circuito básico de circulación económica. Este ahorro es fundamental si se desea expandir la economía, como en nuestro caso, para crear nuevas organizaciones de producción que den empleo suficiente a la creciente población y generen los bienes que ésta demanda.

El diagrama se complementa, fig. (2), con la intervención del Estado que recibe ingresos vía impuestos, tanto de los organizadores de la producción como de las familias, con los cuales ocupa factores y adquiere bienes para proporcionar servicios institucionales que, por sus características, por su naturaleza o por su redituabilidad, no deben o no pueden ser proporcionados por el sector privado.

El diagrama permite comprender las causas y efectos más importantes del proceso inflacionario al considerar que el sistema tiende a mantener el equilibrio entre el ingreso y el gasto; esto es, que el total del ingreso logrado por las familias en un cierto período tiende a ser igual al importe total de los bienes y servicios producidos en el mismo período (incluido el ahorro como fuente de satisfactores a futuro).

Las leyes de oferta y la demanda mantienen este equilibrio, toda vez si se presenta un excedente en el ingreso, las familias demandan más bienes y servicios de los que los productores proporcionaron, ocasionando la escasez de productos y el correspondiente incremento en los precios, logrando, finalmente, que el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado. De manera semejante, si los productores ofrecen más bienes y servicios de los que las familias pueden adquirir normalmente, se presenta un fenómeno de abundancia con el respectivo abatimiento de precios, que origina por una parte, la disminución del ritmo de producción, y por otra, que nuevamente el total del ingreso destinado a la adquisición de bienes y servicios se equilibre con el valor de los productos disponibles en el mercado.

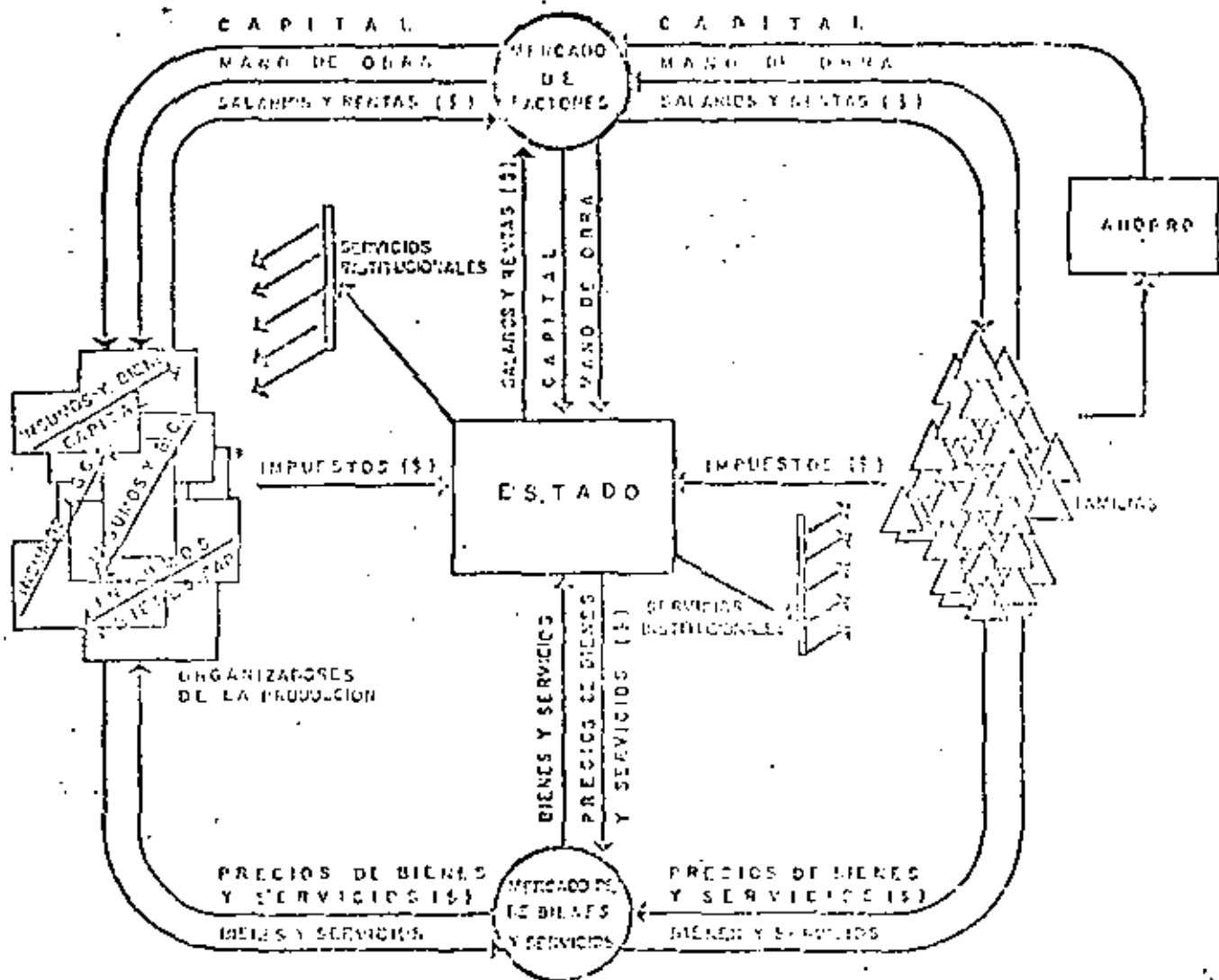


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 2 INTERVENCION DEL ESTADO

Cuando se presenta un desequilibrio temporal en el mercado de bienes y servicios, ya sea por exceso de gasto público no soportado por el correspondiente incremento en producción (emisión de moneda por arriba de lo razonable), o bien cuando con el mismo esfuerzo se obtiene menor producción (como ocurrió en 1973 en el sector agropecuario a nivel mundial) se origina un claro fenómeno de escasez, el cual motiva la elevación de precios.

Otro elemento característico del desequilibrio en el sistema está constituido por las decisiones unilaterales de sectores importantes de la economía en el sentido de fijar, intempestivamente, elevaciones de precios que alteran profundamente la relación con el precio de otros bienes y servicios, como ocurrió a partir de 1973 con el precio de los hidrocarburos y sus derivados.

Ante la elevación de precios, los propietarios de los factores demandan (y generalmente obtienen) un mayor pago con la intención de satisfacer las necesidades que venían cubriendo con su ingreso anterior. Los organizadores de la producción se ven precisados a transferir al precio de venta el importe adicional que pagaron por los factores utilizados, con lo que se cierra el circuito y nuevamente se produce una elevación de precios originando que los propietarios de los factores exijan un nuevo incremento de salarios y rentas, estableciéndose el círculo elevación de salarios-elevación de precios. Es importante observar que la inflación puede continuar a pesar de haber desaparecido el detonante que la motivó inicialmente.

El sistema económico es un producto natural de la evolución económica y de la distribución del trabajo; sin embargo, la administración pública ha intentado controlarlo con el propósito de modificar su comportamiento, de manera que puedan cumplirse con algunos objetivos de carácter social.

Es preciso reconocer que, entre otros aspectos, el proceso inflacionario limita la inversión en organizaciones de producción y, en consecuencia, limita el crecimiento económico y las oportunidades de empleo, dificulta

las relaciones con economías externas por la falta de consistencia monetaria en el mercado internacional, de ahí que la administración pública intervenga para estabilizar el proceso con diversas medidas, entre las que se pueden mencionar: la reducción del gasto público y su orientación al fomento de actividades productivas, la modificación de la política impositiva para evitar la especulación con bienes raíces, la creación de nuevos impuestos sobre ingresos extraordinarios, las restricciones y controles sobre precios, etc.

No todas las medidas tienen el efecto deseado por lo que generalmente se presenta en forma simultánea un proceso de recesión, que se manifiesta en un alto grado de desempleo motivado por el cierre de entidades productivas que no pueden transferir al precio de venta los incrementos de costo, ya sea por las restricciones de precios o por la falta de demanda ocasionada a su vez por lo reducido del ingreso.

Con la reducción de la demanda de bienes y servicios por los trabajadores sin empleo, otras empresas se ven obligadas a cerrar sus líneas de producción generando más desempleo y nuevamente se tiene un círculo por falta de demanda-abatimiento de producción-desempleo-falta de demanda.

En ocasiones la inflación es originada por decisiones y acciones que se toman fuera de un ámbito local o nacional (esta situación se ha exagerado por el caso de nuestro país); para lograr una mejor comprensión del fenómeno se deben considerar adicionalmente las relaciones con economías externas, fig. (3) a las cuales recurren los organizadores de la producción y las familias para adquirir insumos y bienes de capital, así como bienes y servicios, cuyo intercambio debe compensarse con la exportación de otros bienes para que el sistema permanezca en equilibrio, con la posibilidad de que, como ha ocurrido en el país, el déficit en la balanza de pagos se tenga que cubrir con empréstitos del exterior, aunados a la aceptación de inversiones extranjeras.

Ahora bien, cuando el proceso inflacionario de un país presenta índices

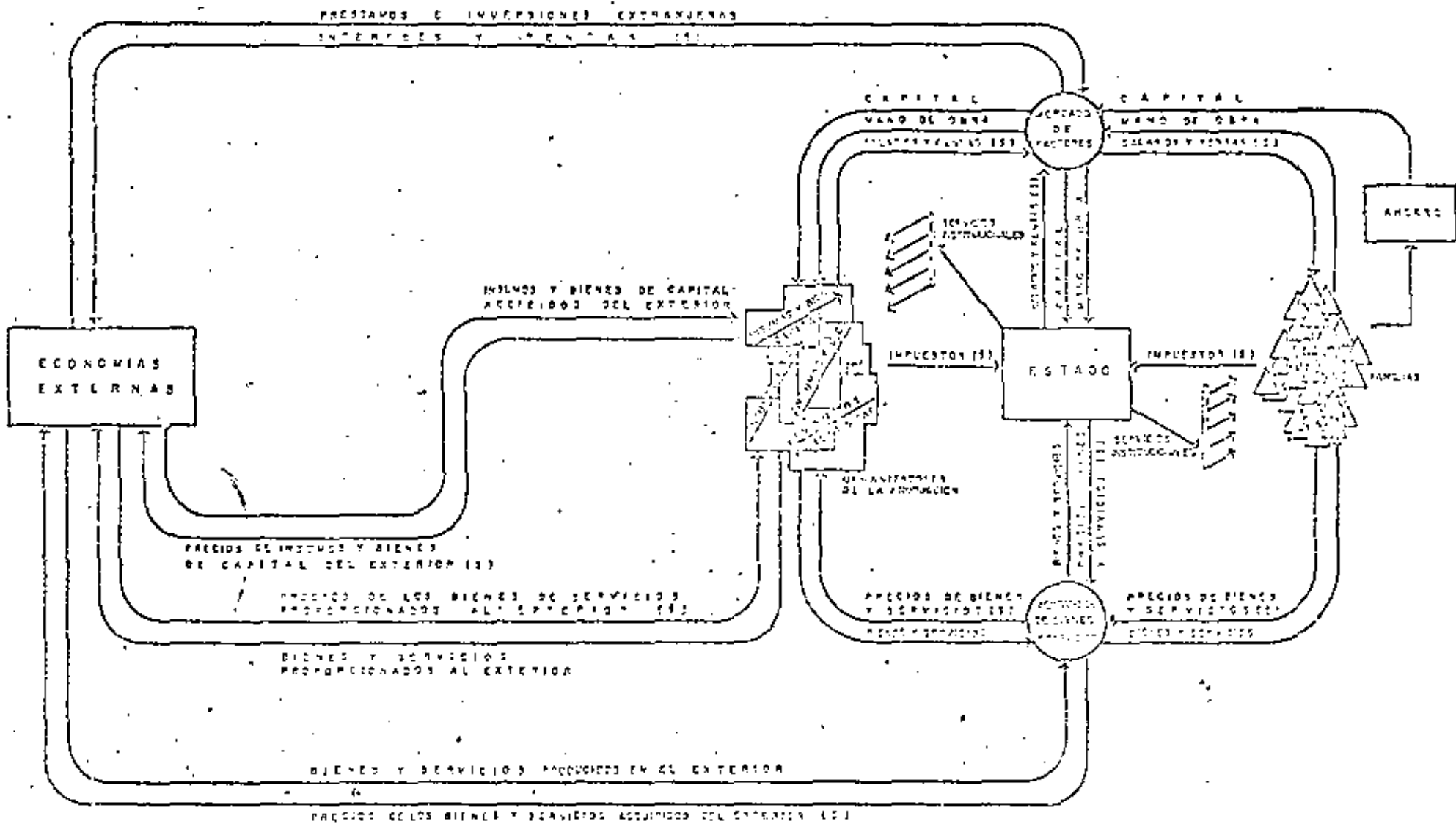


DIAGRAMA DE CIRCULACION ECONOMICA

Fig 3

superiores al promedio de los países con los que intercambia bienes y servicios, esto es, cuando sus precios se incrementan con mayor rapidez, dicho país se ve obligado a cambiar la paridad de su moneda (devaluarla) con respecto a la escala monetaria vigente en el mercado internacional, ya que de no hacerlo, los productos elaborados dentro del sistema productivo del país, serán cada vez más costosos que en otros sistemas, ocasionando con ello la cada vez menor venta de productos al exterior y simultáneamente la cada vez mayor adquisición (legal e ilegal) de productos del exterior por parte de personas y empresas del propio sistema, acelerando el desequilibrio en la balanza de pagos que solo puede ser compensado con mayores inversiones extranjeras y empréstitos. Si por otro lado, por razones políticas (a veces inexplicables) se sostiene artificialmente la paridad cambiaria, además de acelerar el proceso de desequilibrio por adquisición de bienes del exterior, se llega rápidamente al límite del endeudamiento y se suspenden las inversiones por falta de competitividad, presentándose entonces el derrumbe económico del país en cuestión con repercusiones que resultan profundamente negativas. (Ejemplo: México en septiembre de 1976 y febrero de 1982).

No es fácil detener la inflación, puesto que existen elementos distorsionantes que crean profundas confusiones, que mantienen la tendencia inflacionaria y que ameritan cuidadosas consideraciones para precisar el efecto que verdaderamente pueden ocasionar en los precios. El análisis que a continuación se presenta trata de ilustrar una manera de conocer estos efectos en lo relativo a los costos de equipos de construcción; se considera previamente la discusión de los conceptos de rendimiento real y rendimiento aparente de capital.

La diferencia entre uno y otro surge en los propietarios de capital por encontrar un mejor "valor de oportunidad" para el patrimonio que, en muchos casos, han logrado formar a través de un gran esfuerzo en un período de prolongado tiempo y que conviene precisar a través de un ejemplo.

Supongamos a una persona que ha logrado mediante el ahorro, un determinado capital y se encuentra ante la decisión de dónde invertir su patri-

monio, para lo cual considera tres alternativas:

- 1) Invertir en valores de renta fija a largo plazo en un banco del país con rendimiento de 48% anual.
- 2) Invertir en valores de renta fija en dólares y en un banco extranjero con rendimiento de 12% anual.
- 3) Invertir en la construcción de un edificio de departamentos con rendimiento de 12% anual, menos gastos de administración, mantenimiento e impuestos.

Esta persona está consciente del proceso inflacionario y ha estimado la tasa de inflación para nuestro país en 40%, e igualmente ha estimado la tasa de inflación en dólares en 9%, con lo cual ha formado las siguientes tablas (ver tablas C, D y E) que muestran los rendimientos reales futuros de un capital unitario para las 3 alternativas.

Obsérvese la diferencia entre rendimientos reales y rendimientos aparentes, por lo que de estas alternativas elegiría la última, ya que representa el (mejor) valor de oportunidad para su inversión y que corresponde al mayor rendimiento real, aun cuando el rendimiento aparente sea el menor de las alternativas consideradas.

Sin embargo, por las características políticas de nuestro sistema económico (inflación real mayor que la anunciada, congelación de rentas, control de cambios, etc.) es posible que el ahorrador de nuestro ejemplo pudiera tomar otra decisión.

Pero cualquiera que ésa sea, lo relevante para los fines de nuestra exposición es encontrar una manera de determinar los importes que deben aplicarse a la utilización de maquinaria de construcción a efecto de que representen una cuarta alternativa de inversión, equivalente a la mejor opción accesible en los mercados de capital; esto es, bajo la hipótesis

TABLA (C).- (CASO 1) VALORES DE RENTA FIJA A LARGO PLAZO (48%)

AÑO	CAPITAL A PRECIOS CONSTANTES	CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES 40%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 48%	CANTIDAD QUE REINVIERTE 40%	CANTIDAD DISPONIBLE 8%
1	1'000	1'000	480	400	80
2	1'000	1'400	672	560	112
3	1'000	1'960	941	784	157
4	1'000	2'744	1'317	1'098	219
5	1'000	3'842	1'844	1'536	308
6	1'000	5'378	2'581	2'152	429
7	1'000	7'530	3'614	3'011	603
8	1'000	10'541	5'060	4'217	843
9	1'000	14'758	7'084	5'903	1'181
10	1'000	20'661	9'917	8'264	1'653
11	1'000	28'925	13'884	11'571	2'313
12	1'000	40'496	19'438	16'198	3'240
13	1'000	56'694	27'213	22'677	4'536
14	1'000	79'371	38'098	31'749	6'349
15	1'000	111'120	53'338	44'448	8'890
		155'568			

TABLA (D).- (CASO 2) VALORES DE RENTA FIJA EN DOLARES (12% ANUAL)

AGE	CAPITAL A PRECIOS CTES.	CAPITAL A PRECIOS CORRIENTES 7%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 12%	CANTIDAD QUE REINVIERTE 7%	CANTIDAD DISPONIBLE 5%	TASA DE CAMBIO	CANT. DISP. (SIN IMPS.)
1	5.556	5.556	0.667	0.389	0.279	100.00	0'050
2	5.556	5.924	0.713	0.417	0.296	235.51	0'070
3	5.556	6.361	0.763	0.445	0.318	308.15	0'098
4	5.556	6.806	0.817	0.476	0.341	403.19	0'137
5	5.556	7.282	0.874	0.510	0.364	527.53	0'192
6	5.556	7.792	0.935	0.545	0.390	690.23	0'269
7	5.556	8.337	1.000	0.584	0.416	903.10	0'376
8	5.556	8.921	1.071	0.624	0.447	1181.63	0'527
9	5.556	9.545	1.145	0.669	0.476	1546.06	0'735
10	5.556	10.214	1.226	0.715	0.511	2022.88	1'033
11	5.556	10.929	1.311	0.765	0.546	2646.76	1'446
12	5.556	11.694	1.403	0.818	0.585	3463.05	2'025
13	5.556	12.512	1.501	0.876	0.625	4531.10	2'835
14	5.556	13.388	1.607	0.937	0.670	5928.51	3'969
15	5.556	14.325	1.719	1.003	0.716	7756.97	5'554
		15.238					

TABLA (E).- (CASO 3) EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS

AÑO	VALOR EDIFICIO A PRECIOS CONSTANTES	VALOR EDIFICIO A PRECIOS CORRIENTES 40%	RENDIMIENTO DE CAPITAL 12%	GASTOS DE ADMON. Y MANIENIMIENTO 3%	CANTIDAD DISPONIBLE 9%
1	1.000	1.000	0.120	0.030	0.090
2	1.000	1.400	0.168	0.042	0.126
3	1.000	1.960	0.235	0.059	0.176
4	1.000	2.744	0.329	0.082	0.247
5	1.000	3.842	0.461	0.115	0.346
6	1.000	5.378	0.645	0.161	0.484
7	1.000	7.530	0.904	0.226	0.678
8	1.000	10.541	1.265	0.316	0.949
9	1.000	14.758	1.771	0.443	1.328
10	1.000	20.661	2.479	0.620	1.859
11	1.000	28.925	3.471	0.863	2.603
12	1.000	40.496	4.859	1.214	3.645
13	1.000	56.094	6.803	1.701	5.102
14	1.000	79.371	9.525	2.382	7.143
15	1.000	111.120	13.334	3.333	10.001
		155.568			

de que quienes están dispuestos a invertir en equipo de construcción esperan, cuando menos, un rendimiento semejante al que pudieran obtener de su dinero colocado en otro rubro industrial o de servicios.

Tal inversión podrá llevarse al cabo como persona física o como accionista de una arrendadora de maquinaria o bien, como accionista de una empresa constructora; en este último caso (el más frecuente) para evitar confusiones en la determinación de la rentabilidad de maquinaria debe suponerse una división explícita de la operación de la empresa, agrupando por una parte lo relativo a los ingresos por concepto de equipo y por otro los ingresos originados en las actividades propiamente de construcción.

Esta separación es conveniente en cuanto a que permite distinguir hasta qué grado las utilidades de la empresa se generan en la actividad constructora "per se", de las que se originan por el uso y la tenencia del equipo, a fin de precisar el rendimiento al capital invertido en uno y otro campo, además de que presenta ventajas importantes en cuanto al manejo de información y a la delimitación de áreas de responsabilidad y autoridad para tomar decisiones.

En consecuencia, supondremos que el costo por concepto de utilización de equipo para la empresa constructora está compuesto por dos grandes rubros: el correspondiente a la "renta" (que abarca la depreciación y el interés) y el correspondiente a los "gastos de operación y mantenimiento" (que abarca seguros, almacenaje, mantenimientos, combustibles, lubricantes, llantas y salarios de operación).

La renta representa el pago que la empresa constructora debe efectuar a la entidad propietaria del equipo (en su caso a la división maquinaria de la propia empresa) para recuperar el capital invertido y para obtener un determinado rendimiento sobre ese capital, mientras que los gastos de operación y mantenimiento representan costos que corren por cuenta de la constructora y son aplicables directamente a las obras.

Se considera que no existe mayor dificultad en la determinación de estos últimos (incluyendo el efecto inflacionario, obviamente) ya que tienen un comportamiento semejante al de los otros costos de la actividad constructora (como el del cemento, el del acero de refuerzo, la de la mano de obra, etc.) excepto, quizá, en lo relativo al mantenimiento que requiere de cierta base estadística para crear una pequeña reserva reguladora de las fluctuaciones que mes a mes pudieran presentarse en este rubro, pero que en última instancia podrá expresarse como una fracción de la tarifa de depreciación que se calculará posteriormente.

Conocida entonces la parte del costo correspondiente a los gastos de operación y mantenimiento (bajo el criterio mencionado) faltaría por determinar la renta que configura la mayor parte del costo atribuible al empleo del equipo y que además es la que determina la rentabilidad de la inversión en maquinaria de construcción.

Para ello es necesario especificar una tasa de rendimiento deseada sobre el capital invertido y, por los efectos que posteriormente se describen, es necesario también suponer la tasa de inflación esperada a futuro. En la presentación subsecuente se ha supuesto una tasa de inflación de 40% anual y se ha elegido una tasa de rendimiento aparente de capital de 48% anual, equivalente a 8% real a precios corrientes e igual a 5.71% real a precios constantes; cifras que no tienen otro objeto que el de mostrar con un ejemplo la mecánica de cálculo utilizada. La correcta comprensión de esta mecánica permitirá elaborar cálculos semejantes variando los parámetros de acuerdo a las necesidades o los deseos de cada caso en particular.

Consideramos en primer término la tabla (F) de valores de referencia que muestran mes a mes y para un período de cinco años, la evolución de una inversión unitaria (de un millón de pesos) bajo las tasas de interés e inflación señaladas y cuyo contenido se indica a continuación:

Col.	Contenido	Cálculo
(1)	- Período considerado (mes i)	$i = (i-1) + 1$
(2)	- Interés mensual (rendimiento aparente) del capital inicial	$(1.0 + 0.48)^{\frac{1}{12}} - 1.0$
(3)	- Interés en el mes i de los intereses acumulados hasta el mes i-1	$(5)_{i-1} \times (2)$
(4)	- Intereses obtenidos en el mes i	$(2) + (3)$
(5)	- Intereses acumulados hasta el mes i	$(5)_{i-1} + (4)$
(6)	- Capital más intereses acumulados hasta el mes i a precios corrientes	$1.0 + (5)$
(7)	- Capital inicial a precios corrientes en el mes i	$\left[(1.0 + 0.40)^{\frac{1}{12} \cdot i} \right]$
(8)	- Incremento aparente del capital inicial por inflación en el mes i	$(7)_i - (7)_{i-1}$
(9)	- Rendimiento real del capital a precios corrientes en el mes i	$(4) - (8)$
(10)	- Acumulado de rendimientos reales del capital hasta el mes i a precios corrientes	$(10)_{i-1} + (9)$
(11)	- Acumulado de rendimientos reales de capital hasta el mes i a precios constantes	$(10) / (7)$
(12)	- Capital más intereses acumulados hasta el mes i a precios constantes	$(6) / (7)$

De esta tabla se observa que por cada millón de pesos invertido en maquinaria se debe obtener, después de 5 años, un capital más intereses igual a \$7'100,800 (precios corrientes), equivalente apenas a \$1'320,300 medido a precios constantes.

TABLA (F) - VALORES DE REFERENCIA

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0				0.0000	1.0000	1.0000			0.0000	0.0000	1.0000
1	0.0332	0.0000	0.0332	0.0332	1.0332	1.0332	0.0332	0.0047	0.0047	0.0045	1.0046
2	0.0332	0.0011	0.0343	0.0675	1.0675	1.0677	0.0342	0.0050	0.0049	0.0048	1.0049
3	0.0332	0.0022	0.0354	0.1010	1.1010	1.0978	0.0350	0.0057	0.0055	0.0054	1.0054
4	0.0332	0.0034	0.0366	0.1346	1.1346	1.1187	0.0359	0.0065	0.0063	0.0062	1.0062
5	0.0332	0.0046	0.0378	0.1684	1.1684	1.1505	0.0368	0.0073	0.0071	0.0070	1.0070
6	0.0332	0.0058	0.0391	0.2024	1.2024	1.1832	0.0377	0.0081	0.0079	0.0078	1.0078
7	0.0332	0.0071	0.0404	0.2367	1.2367	1.2169	0.0386	0.0089	0.0087	0.0086	1.0086
8	0.0332	0.0085	0.0417	0.2713	1.2713	1.2515	0.0395	0.0097	0.0095	0.0094	1.0094
9	0.0332	0.0099	0.0431	0.3062	1.3062	1.2871	0.0405	0.0105	0.0103	0.0102	1.0102
10	0.0332	0.0113	0.0445	0.3414	1.3414	1.3236	0.0415	0.0113	0.0111	0.0110	1.0110
11	0.0332	0.0128	0.0459	0.3770	1.3770	1.3613	0.0425	0.0121	0.0119	0.0118	1.0118
12	0.0332	0.0143	0.0475	0.4130	1.4130	1.4000	0.0435	0.0129	0.0127	0.0126	1.0126
13	0.0332	0.0159	0.0491	0.4497	1.4497	1.4378	0.0445	0.0137	0.0135	0.0134	1.0134
14	0.0332	0.0175	0.0507	0.4875	1.4875	1.4766	0.0455	0.0145	0.0143	0.0142	1.0142
15	0.0332	0.0192	0.0524	0.5264	1.5264	1.5173	0.0465	0.0153	0.0151	0.0150	1.0150
16	0.0332	0.0210	0.0542	0.5666	1.5666	1.5602	0.0475	0.0161	0.0159	0.0158	1.0158
17	0.0332	0.0228	0.0560	0.6082	1.6082	1.6107	0.0485	0.0169	0.0167	0.0166	1.0166
18	0.0332	0.0246	0.0578	0.6513	1.6513	1.6565	0.0495	0.0177	0.0175	0.0174	1.0174
19	0.0332	0.0265	0.0597	0.6957	1.6957	1.7038	0.0505	0.0185	0.0183	0.0182	1.0182
20	0.0332	0.0285	0.0617	0.7414	1.7414	1.7526	0.0515	0.0193	0.0191	0.0190	1.0190
21	0.0332	0.0306	0.0638	0.7885	1.7885	1.8019	0.0525	0.0201	0.0199	0.0198	1.0198
22	0.0332	0.0327	0.0659	1.0519	2.0519	1.8531	0.0535	0.0209	0.0207	0.0206	1.0206
23	0.0332	0.0349	0.0681	1.1000	2.1000	1.9058	0.0545	0.0217	0.0215	0.0214	1.0214
24	0.0332	0.0371	0.0704	1.1494	2.1494	1.9600	0.0554	0.0225	0.0223	0.0222	1.0222
25	0.0332	0.0395	0.0727	1.2003	2.2003	2.0157	0.0563	0.0233	0.0231	0.0230	1.0230
26	0.0332	0.0419	0.0751	1.2528	2.2528	2.0730	0.0572	0.0241	0.0239	0.0238	1.0238
27	0.0332	0.0444	0.0776	1.3070	2.3070	2.1320	0.0581	0.0249	0.0247	0.0246	1.0246
28	0.0332	0.0470	0.0802	1.3630	2.3630	2.1926	0.0590	0.0257	0.0255	0.0254	1.0254
29	0.0332	0.0496	0.0829	1.4209	2.4209	2.2550	0.0599	0.0265	0.0263	0.0262	1.0262
30	0.0332	0.0524	0.0856	1.4807	2.4807	2.3191	0.0608	0.0273	0.0271	0.0270	1.0270
31	0.0332	0.0552	0.0885	1.5424	2.5424	2.3850	0.0617	0.0281	0.0279	0.0278	1.0278
32	0.0332	0.0582	0.0914	1.6060	2.6060	2.4529	0.0626	0.0289	0.0287	0.0286	1.0286
33	0.0332	0.0612	0.0944	1.6715	2.6715	2.5226	0.0635	0.0297	0.0295	0.0294	1.0294
34	0.0332	0.0644	0.0976	1.7390	2.7390	2.5943	0.0644	0.0305	0.0303	0.0302	1.0302
35	0.0332	0.0676	0.1008	1.8085	2.8085	2.6681	0.0653	0.0313	0.0311	0.0310	1.0310
36	0.0332	0.0709	0.1042	1.8800	2.8800	2.7440	0.0662	0.0321	0.0319	0.0318	1.0318
37	0.0332	0.0744	0.1077	1.9535	2.9535	2.8230	0.0670	0.0329	0.0327	0.0326	1.0326
38	0.0332	0.0780	0.1112	2.0290	2.9290	2.9053	0.0679	0.0337	0.0335	0.0334	1.0334
39	0.0332	0.0817	0.1149	2.1065	2.9065	2.9910	0.0687	0.0345	0.0343	0.0342	1.0342
40	0.0332	0.0855	0.1187	2.1860	2.9860	3.0793	0.0696	0.0353	0.0351	0.0350	1.0350
41	0.0332	0.0894	0.1227	2.2675	3.0675	3.1703	0.0704	0.0361	0.0359	0.0358	1.0358
42	0.0332	0.0935	0.1268	2.3510	3.1510	3.2640	0.0713	0.0369	0.0367	0.0366	1.0366
43	0.0332	0.0977	0.1310	2.4365	3.2365	3.3603	0.0721	0.0377	0.0375	0.0374	1.0374
44	0.0332	0.1021	0.1353	2.5240	3.3140	3.4593	0.0730	0.0385	0.0383	0.0382	1.0382
45	0.0332	0.1066	0.1398	2.6135	3.3935	3.5610	0.0738	0.0393	0.0391	0.0390	1.0390
46	0.0332	0.1113	0.1445	2.7050	3.4745	3.6653	0.0747	0.0401	0.0399	0.0398	1.0398
47	0.0332	0.1160	0.1493	2.8000	3.5570	3.7723	0.0755	0.0409	0.0407	0.0406	1.0406
48	0.0332	0.1210	0.1542	2.8975	3.6415	3.8820	0.0764	0.0417	0.0415	0.0414	1.0414
49	0.0332	0.1261	0.1593	2.9975	3.7275	3.9943	0.0772	0.0425	0.0423	0.0422	1.0422
50	0.0332	0.1314	0.1646	3.1000	3.8150	4.0672	0.0781	0.0433	0.0431	0.0430	1.0430
51	0.0332	0.1369	0.1701	3.2050	3.9050	4.1427	0.0789	0.0441	0.0439	0.0438	1.0438
52	0.0332	0.1425	0.1757	3.3125	3.9925	4.2207	0.0798	0.0449	0.0447	0.0446	1.0446
53	0.0332	0.1484	0.1816	3.4225	4.0825	4.3013	0.0806	0.0457	0.0455	0.0454	1.0454
54	0.0332	0.1544	0.1876	3.5350	4.1750	4.3845	0.0815	0.0465	0.0463	0.0462	1.0462
55	0.0332	0.1606	0.1938	3.6500	4.2700	4.4703	0.0823	0.0473	0.0471	0.0470	1.0470
56	0.0332	0.1671	0.2003	3.7675	4.3675	4.5587	0.0832	0.0481	0.0479	0.0478	1.0478
57	0.0332	0.1737	0.2069	3.8875	4.4675	4.6497	0.0840	0.0489	0.0487	0.0486	1.0486
58	0.0332	0.1806	0.2138	4.0100	4.5700	4.7433	0.0849	0.0497	0.0495	0.0494	1.0494
59	0.0332	0.1877	0.2209	4.1350	4.6750	4.8395	0.0857	0.0505	0.0503	0.0502	1.0502
60	0.0332	0.1950	0.2282	4.2625	4.7825	4.9383	0.0866	0.0513	0.0511	0.0510	1.0510

Consideremos ahora una inversión unitaria en maquinaria (también de un millón de pesos) ya descontado del precio de adquisición lo correspondiente a consumos (llantas por ejemplo) y de la cual se espera un valor de rescate equivalente a 10% de la inversión inicial al término de su vida económica, estimada en 60 meses (5 años).

Se plantea primero el cálculo, tabla (G), de una renta mensual -col. (5)- que se incrementa al mismo ritmo de la inflación de 40% anual, con tres revisiones por año (cláusula escalatoria), para que, con los intereses que generan las rentas ya cobradas -col. (6)-, se pueda obtener al término de la vida económica un ingreso total de \$6'563,000 -col. (8)- que sumado al valor de rescate de \$537,800, nos proporcione el importe de \$7'100,800 que nos habíamos propuesto como objetivo. Los valores de las columnas (1), (2), (3) y (4) de la tabla (G) corresponden respectivamente a las cols. (1), (7), (10) y (6) de la tabla (F) de valores de referencia, la renta -col (5)- se determina por aproximaciones sucesivas que sumada al importe de la col. (6) -intereses de renta ya cobrados- integran la col. (7) como el ingreso en el mes (i) que se acumula en la col. (8).

Es pertinente observar la evolución de la inversión en maquinaria en el transcurso del tiempo que se muestra en la tabla (H); la columna (4) muestra el capital inicial (medido a precios corrientes) -igual a la col. (2) de la tabla anterior- el cual se distribuye entre el capital remanente todavía invertido en el equipo -col. (6)- y el que ha sido transferido a la reserva de depreciación -col. (8)- de acuerdo a los factores respectivos de las cols. (5) y (7), de manera que la diferencia entre el total de los ingresos acumulados -col. (8) de la tabla anterior- que se muestra en la col. (9), con el acumulado de la reserva de depreciación -col. (8)- proporciona los ingresos reales -col. (10)- por concepto de rendimiento al capital invertido.

Esta evolución puede ser importante para convertir la renta mensual en cargos o costos horarios (con los que se calculan precios unitarios)

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	1.0000		1.0000				
1	1.8094	0.0047	1.0332	0.0183	0.0000	0.0199	0.0183
2	1.8577	0.0038	1.0675	0.0183	0.0000	0.0195	0.0325
3	1.8979	0.0152	1.1030	0.0183	0.0010	0.0202	0.0537
4	1.1187	0.0209	1.1396	0.0183	0.0019	0.0209	0.0756
5	1.1505	0.0269	1.1774	0.0212	0.0026	0.0229	0.1035
6	1.1832	0.0337	1.2166	0.0212	0.0034	0.0246	0.1282
7	1.2169	0.0400	1.2572	0.0212	0.0042	0.0254	0.1536
8	1.2515	0.0472	1.2997	0.0212	0.0051	0.0263	0.1800
9	1.2871	0.0547	1.3419	0.0237	0.0059	0.0297	0.2057
10	1.3236	0.0627	1.3864	0.0237	0.0069	0.0306	0.2407
11	1.3613	0.0711	1.4324	0.0237	0.0079	0.0317	0.2750
12	1.4000	0.0800	1.4800	0.0237	0.0090	0.0327	0.3044
13	1.4399	0.0893	1.5292	0.0265	0.0101	0.0356	0.3415
14	1.4808	0.0991	1.5799	0.0265	0.0113	0.0379	0.3791
15	1.5219	0.1095	1.6324	0.0265	0.0124	0.0394	0.4185
16	1.5662	0.1205	1.6866	0.0265	0.0139	0.0404	0.4599
17	1.6107	0.1319	1.7426	0.0296	0.0152	0.0449	0.5051
18	1.6555	0.1449	1.8005	0.0296	0.0167	0.0454	0.5537
19	1.7036	0.1587	1.8603	0.0296	0.0182	0.0479	0.5960
20	1.7519	0.1782	1.9221	0.0296	0.0199	0.0495	0.6471
21	1.8019	0.1840	1.9859	0.0332	0.0215	0.0547	0.7025
22	1.8531	0.1987	2.0519	0.0332	0.0237	0.0565	0.7590
23	1.9055	0.2142	2.1200	0.0332	0.0252	0.0564	0.8175
24	1.9600	0.2304	2.1904	0.0332	0.0271	0.0563	0.8771
25	2.0167	0.2474	2.2631	0.0371	0.0291	0.0563	0.9441
26	2.0759	0.2653	2.3383	0.0371	0.0317	0.0565	1.0114
27	2.1360	0.2840	2.4160	0.0371	0.0336	0.0567	1.0824
28	2.1978	0.3036	2.4962	0.0371	0.0359	0.0571	1.1569
29	2.2609	0.3241	2.5791	0.0415	0.0384	0.0579	1.2349
30	2.3261	0.3456	2.6647	0.0415	0.0410	0.0599	1.3172
31	2.3930	0.3682	2.7532	0.0415	0.0439	0.0597	1.4043
32	2.4629	0.3918	2.8447	0.0415	0.0466	0.0592	1.4967
33	2.5328	0.4165	2.9391	0.0465	0.0495	0.0560	1.5939
34	2.5947	0.4424	3.0367	0.0465	0.0527	0.0592	1.6951
35	2.6681	0.4695	3.1376	0.0465	0.0560	0.1025	1.7996
36	2.7448	0.4978	3.2418	0.0465	0.0594	0.1060	1.9086
37	2.8220	0.5274	3.3495	0.0520	0.0629	0.1150	2.0114
38	2.9023	0.5584	3.4607	0.0520	0.0669	0.1158	2.1187
39	2.9849	0.5908	3.5756	0.0520	0.0707	0.1128	2.2302
40	3.0697	0.6247	3.6944	0.0520	0.0749	0.1169	2.3460
41	3.1570	0.6601	3.8170	0.0581	0.0790	0.1272	2.4671
42	3.2467	0.6971	3.9438	0.0581	0.0836	0.1418	2.5950
43	3.3391	0.7357	4.0748	0.0581	0.0883	0.1465	2.8055
44	3.4340	0.7761	4.2101	0.0581	0.0931	0.1514	2.9589
45	3.5317	0.8183	4.3499	0.0651	0.0982	0.1633	3.1201
46	3.6321	0.8623	4.4944	0.0651	0.1036	0.1697	3.2865
47	3.7354	0.9083	4.6436	0.0651	0.1092	0.1743	3.4632
48	3.8416	0.9563	4.7979	0.0651	0.1150	0.1891	3.6433
49	3.9503	1.0064	4.9572	0.0728	0.1210	0.1938	3.8371
50	4.0632	1.0587	5.1218	0.0728	0.1274	0.2093	4.0374
51	4.1787	1.1132	5.2919	0.0728	0.1341	0.2069	4.2443
52	4.2975	1.1701	5.4677	0.0728	0.1410	0.2138	4.4590
53	4.4197	1.2295	5.6492	0.0814	0.1481	0.2295	4.6876
54	4.5454	1.2914	5.8368	0.0814	0.1557	0.2371	4.9247
55	4.6747	1.3560	6.0307	0.0814	0.1635	0.2450	5.1697
56	4.8076	1.4234	6.2310	0.0814	0.1717	0.2571	5.4329
57	4.9443	1.4936	6.4379	0.0911	0.1801	0.2712	5.6941
58	5.0849	1.5669	6.6517	0.0911	0.1891	0.2802	5.9743
59	5.2295	1.6431	6.8726	0.0911	0.1984	0.2895	6.2638
60	5.3782	1.7226	7.1008	0.0911	0.2080	0.2992	6.5630

TABLA (H) .-EVOLUCION DE LA INVERSION EN EQUIPO

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000	0.0000	0.0000		0.0000
1	1.0332	0.0047	1.0284	0.9850	1.0130	0.0150	0.0154	0.0133	0.003
2	1.0675	0.0098	1.0577	0.9700	1.0240	0.0300	0.0317	0.0245	0.0066
3	1.1020	0.0152	1.0878	0.9550	1.0320	0.0450	0.0489	0.0347	0.0098
4	1.1366	0.0209	1.1187	0.9400	1.0516	0.0600	0.0621	0.0496	0.0125
5	1.1714	0.0269	1.1505	0.9250	1.0642	0.0750	0.0842	0.1075	0.0172
6	1.2166	0.0333	1.1832	0.9100	1.0767	0.0900	0.1065	0.1212	0.0216
7	1.2570	0.0400	1.2169	0.8950	1.0831	0.1050	0.1278	0.1336	0.0258
8	1.2987	0.0472	1.2515	0.8800	1.1013	0.1200	0.1500	0.1490	0.0297
9	1.3418	0.0547	1.2871	0.8650	1.1133	0.1350	0.1732	0.1687	0.0339
10	1.3864	0.0627	1.3236	0.8500	1.1251	0.1500	0.1985	0.1803	0.0347
11	1.4324	0.0711	1.3613	0.8350	1.1367	0.1650	0.2246	0.1920	0.0324
12	1.4800	0.0800	1.4000	0.8200	1.1480	0.1800	0.2520	0.2043	0.0300
13	1.5292	0.0897	1.4398	0.8050	1.1590	0.1950	0.2808	0.2175	0.0280
14	1.5799	0.0991	1.4808	0.7900	1.1698	0.2100	0.3110	0.2307	0.0263
15	1.6324	0.1095	1.5229	0.7750	1.1802	0.2250	0.3426	0.2439	0.0249
16	1.6866	0.1205	1.5662	0.7600	1.1903	0.2400	0.3755	0.2571	0.0230
17	1.7426	0.1319	1.6107	0.7450	1.2000	0.2550	0.4107	0.2703	0.0211
18	1.8005	0.1440	1.6565	0.7300	1.2092	0.2700	0.4473	0.2835	0.0190
19	1.8603	0.1567	1.7036	0.7150	1.2181	0.2850	0.4850	0.2967	0.0177
20	1.9221	0.1700	1.7520	0.7000	1.2264	0.3000	0.5236	0.3099	0.0162
21	1.9859	0.1840	1.8019	0.6850	1.2343	0.3150	0.5626	0.3231	0.0149
22	2.0519	0.1987	1.8531	0.6700	1.2416	0.3300	0.6115	0.3363	0.0136
23	2.1200	0.2142	1.9058	0.6550	1.2483	0.3450	0.6607	0.3495	0.0120
24	2.1904	0.2304	1.9600	0.6400	1.2544	0.3600	0.7096	0.3627	0.0102
25	2.2631	0.2474	2.0157	0.6250	1.2598	0.3750	0.7583	0.3759	0.0082
26	2.3383	0.2653	2.0730	0.6100	1.2646	0.3900	0.8069	0.3891	0.0061
27	2.4160	0.2840	2.1320	0.5950	1.2688	0.4050	0.8555	0.4023	0.0040
28	2.4962	0.3036	2.1926	0.5800	1.2727	0.4200	0.9039	0.4155	0.0024
29	2.5791	0.3241	2.2550	0.5650	1.2761	0.4350	0.9520	0.4287	0.0008
30	2.6647	0.3456	2.3191	0.5500	1.2791	0.4500	1.0000	0.4419	0.0000
31	2.7532	0.3682	2.3850	0.5350	1.2816	0.4650	1.0481	0.4551	0.0000
32	2.8447	0.3918	2.4529	0.5200	1.2835	0.4800	1.1064	0.4683	0.0000
33	2.9391	0.4165	2.5228	0.5050	1.2850	0.4950	1.1648	0.4815	0.0000
34	3.0367	0.4424	2.5947	0.4900	1.2861	0.5100	1.2234	0.4947	0.0000
35	3.1376	0.4695	2.6688	0.4750	1.2867	0.5250	1.2821	0.5079	0.0000
36	3.2418	0.4978	2.7449	0.4600	1.2868	0.5400	1.3408	0.5211	0.0000
37	3.3495	0.5274	2.8226	0.4450	1.2858	0.5550	1.3996	0.5343	0.0000
38	3.4607	0.5584	2.9023	0.4300	1.2838	0.5700	1.4584	0.5475	0.0000
39	3.5756	0.5908	2.9848	0.4150	1.2807	0.5850	1.5172	0.5607	0.0000
40	3.6944	0.6247	3.0697	0.4000	1.2767	0.6000	1.5760	0.5739	0.0000
41	3.8170	0.6601	3.1570	0.3850	1.2718	0.6150	1.6348	0.5871	0.0000
42	3.9439	0.6971	3.2467	0.3700	1.2660	0.6300	1.6936	0.6003	0.0000
43	4.0748	0.7357	3.3391	0.3550	1.2593	0.6450	1.7524	0.6135	0.0000
44	4.2101	0.7761	3.4340	0.3400	1.2518	0.6600	1.8112	0.6267	0.0000
45	4.3499	0.8183	3.5317	0.3250	1.2435	0.6750	1.8700	0.6399	0.0000
46	4.4944	0.8623	3.6321	0.3100	1.2344	0.6900	1.9288	0.6531	0.0000
47	4.6436	0.9083	3.7354	0.2950	1.2245	0.7050	1.9876	0.6663	0.0000
48	4.7979	0.9563	3.8416	0.2800	1.2138	0.7200	2.0464	0.6795	0.0000
49	4.9577	1.0064	3.9508	0.2650	1.2024	0.7350	2.1052	0.6927	0.0000
50	5.1228	1.0587	4.0632	0.2500	1.1903	0.7500	2.1640	0.7059	0.0000
51	5.2939	1.1132	4.1787	0.2350	1.1775	0.7650	2.2228	0.7191	0.0000
52	5.4677	1.1701	4.2970	0.2200	1.1641	0.7800	2.2816	0.7323	0.0000
53	5.6492	1.2295	4.4197	0.2050	1.1499	0.7950	2.3404	0.7455	0.0000
54	5.8308	1.2914	4.5454	0.1900	1.1350	0.8100	2.3992	0.7587	0.0000
55	6.0307	1.3560	4.6747	0.1750	1.1194	0.8250	2.4580	0.7719	0.0000
56	6.2310	1.4234	4.8076	0.1600	1.1031	0.8400	2.5168	0.7851	0.0000
57	6.4379	1.4936	4.9443	0.1450	1.0861	0.8550	2.5756	0.7983	0.0000
58	6.6517	1.5668	5.0849	0.1300	1.0684	0.8700	2.6344	0.8115	0.0000
59	6.8726	1.6431	5.2295	0.1150	1.0501	0.8850	2.6932	0.8247	0.0000
60	7.1008	1.7226	5.3782	0.1000	1.0312	0.9000	2.7520	0.8379	0.0000

bajo la suposición de que el equipo puede trabajar un determinado número de horas por año (usualmente 2000) a efecto de cobrar tarifa por depreciación solo cuando la máquina efectivamente trabaje, mientras que la tarifa por interés debe cobrarse independientemente de que la máquina trabaje o no.

El cálculo de la tarifa de depreciación mensual, tabla (I), se obtiene al igual que la renta de la tabla (G), solo que ahora se ha especificado un rendimiento real de cero al capital invertido, por lo que la diferencia con la renta de la tabla (G) proporciona la tarifa por interés.

Hasta aquí, las tarifas de depreciación e interés calculadas en la forma indicada son consistentes con las obtenidas con las fórmulas tradicionales $D=(VA-VR)/VE$ e $I=(VA+VR)/(2*HA)*TI$ si se ha tenido el cuidado de escalar los valores correspondientes. Sin embargo, al considerar otros factores de la realidad económica, estas fórmulas empiezan a perder validez.

Consideremos, por ejemplo, que el rendimiento de una máquina no es uniforme durante su vida económica sino que se reduce paulatinamente a razón de 2.5% cada cuatro meses para pasar de un rendimiento de 100% cuando nueva a 70.16% al término de su vida útil. Esto requiere la determinación de una renta distinta así como una evolución diferente de la inversión y una tarifa de depreciación también diferente y cuyo cálculo se muestra en las tablas (J), (K) y (L), obtenidos de manera semejante a lo indicado para las tablas (G), (H) e (I) con las modificaciones pertinentes al caso; obsérvese la introducción de las columnas (5') y (5'') de la tabla (J) con respecto a la tabla (G) que consideran respectivamente el factor de rendimiento (variable de 1.0 a 0.7016) y la renta ajustada como el producto de una renta base por este factor. Obsérvese también la variación, tabla (K) con respecto a la tabla (H), en la transferencia del capital inicialmente invertido en el equipo hacia la reserva de depreciación (el capital invertido en el equipo se reduce más rápidamente en el segundo caso)

TABLA (1). -TARIFA MENSUAL DE DEPRECIACION

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
0	1.0000		1.0000				
1	1.0284	0.0000	1.0284	0.0160	0.0000	0.0160	0.0160
2	1.0577	0.0000	1.0577	0.0160	0.0000	0.0165	0.0325
3	1.0878	0.0000	1.0878	0.0160	0.0000	0.0170	0.0485
4	1.1187	0.0000	1.1187	0.0160	0.0014	0.0174	0.0651
5	1.1505	0.0000	1.1505	0.0179	0.0014	0.0199	0.0820
6	1.1832	0.0000	1.1832	0.0179	0.0024	0.0204	0.1075
7	1.2169	0.0000	1.2169	0.0179	0.0030	0.0210	0.1255
8	1.2515	0.0000	1.2515	0.0179	0.0036	0.0216	0.1502
9	1.2871	0.0000	1.2871	0.0201	0.0042	0.0244	0.1746
10	1.3236	0.0000	1.3236	0.0201	0.0049	0.0250	0.1987
11	1.3613	0.0000	1.3613	0.0201	0.0055	0.0258	0.2255
12	1.4000	0.0000	1.4000	0.0201	0.0064	0.0265	0.2520
13	1.4398	0.0000	1.4398	0.0225	0.0071	0.0296	0.2817
14	1.4808	0.0000	1.4808	0.0225	0.0080	0.0305	0.3120
15	1.5229	0.0000	1.5229	0.0225	0.0098	0.0313	0.3432
16	1.5662	0.0000	1.5662	0.0225	0.0097	0.0322	0.3758
17	1.6107	0.0000	1.6107	0.0251	0.0106	0.0358	0.4116
18	1.6565	0.0000	1.6565	0.0251	0.0117	0.0376	0.4496
19	1.7036	0.0000	1.7036	0.0251	0.0127	0.0379	0.4886
20	1.7520	0.0000	1.7520	0.0251	0.0133	0.0392	0.5285
21	1.8019	0.0000	1.8019	0.0281	0.0149	0.0471	0.5687
22	1.8531	0.0000	1.8531	0.0281	0.0161	0.0443	0.6171
23	1.9058	0.0000	1.9058	0.0281	0.0174	0.0496	0.6657
24	1.9600	0.0000	1.9600	0.0281	0.0187	0.0469	0.7055
25	2.0157	0.0000	2.0157	0.0315	0.0200	0.0515	0.7572
26	2.0730	0.0000	2.0730	0.0315	0.0215	0.0530	0.8100
27	2.1320	0.0000	2.1320	0.0315	0.0230	0.0545	0.8648
28	2.1926	0.0000	2.1926	0.0315	0.0245	0.0561	0.9207
29	2.2550	0.0000	2.2550	0.0352	0.0261	0.0614	0.9820
30	2.3191	0.0000	2.3191	0.0352	0.0274	0.0631	1.0455
31	2.3850	0.0000	2.3850	0.0352	0.0297	0.0649	1.1100
32	2.4529	0.0000	2.4529	0.0392	0.0315	0.0698	1.1774
33	2.5226	0.0000	2.5226	0.0394	0.0334	0.0729	1.2507
34	2.5943	0.0000	2.5943	0.0394	0.0355	0.0750	1.3257
35	2.6681	0.0000	2.6681	0.0394	0.0376	0.0771	1.4024
36	2.7440	0.0000	2.7440	0.0394	0.0396	0.0797	1.4818
37	2.8220	0.0000	2.8220	0.0441	0.0421	0.0862	1.5630
38	2.9023	0.0000	2.9023	0.0441	0.0445	0.0887	1.6467
39	2.9848	0.0000	2.9848	0.0441	0.0471	0.0912	1.7330
40	3.0697	0.0000	3.0697	0.0441	0.0497	0.0938	1.8218
41	3.1570	0.0000	3.1570	0.0493	0.0522	0.1017	1.9130
42	3.2467	0.0000	3.2467	0.0493	0.0552	0.1096	2.0082
43	3.3391	0.0000	3.3391	0.0493	0.0582	0.1176	2.1059
44	3.4340	0.0000	3.4340	0.0493	0.0613	0.1197	2.2064
45	3.5317	0.0000	3.5317	0.0552	0.0644	0.1197	2.3081
46	3.6321	0.0000	3.6321	0.0552	0.0678	0.1271	2.4092
47	3.7354	0.0000	3.7354	0.0552	0.0713	0.1266	2.5159
48	3.8416	0.0000	3.8416	0.0552	0.0749	0.1302	2.6259
49	3.9508	0.0000	3.9508	0.0617	0.0780	0.1404	2.7364
50	4.0632	0.0000	4.0632	0.0617	0.0826	0.1444	2.8508
51	4.1787	0.0000	4.1787	0.0617	0.0867	0.1495	2.9693
52	4.2975	0.0000	4.2975	0.0617	0.0909	0.1523	3.0921
53	4.4197	0.0000	4.4197	0.0691	0.0953	0.1644	3.2185
54	4.5454	0.0000	4.5454	0.0691	0.1000	0.1691	3.3486
55	4.6747	0.0000	4.6747	0.0691	0.1048	0.1779	3.4829
56	4.8076	0.0000	4.8076	0.0691	0.1097	0.1789	3.6234
57	4.9443	0.0000	4.9443	0.0773	0.1148	0.1921	3.7685
58	5.0849	0.0000	5.0849	0.0773	0.1203	0.1970	3.9181
59	5.2295	0.0000	5.2295	0.0773	0.1259	0.2022	4.0714
60	5.3782	0.0000	5.3782	0.0773	0.1317	0.2080	4.2294

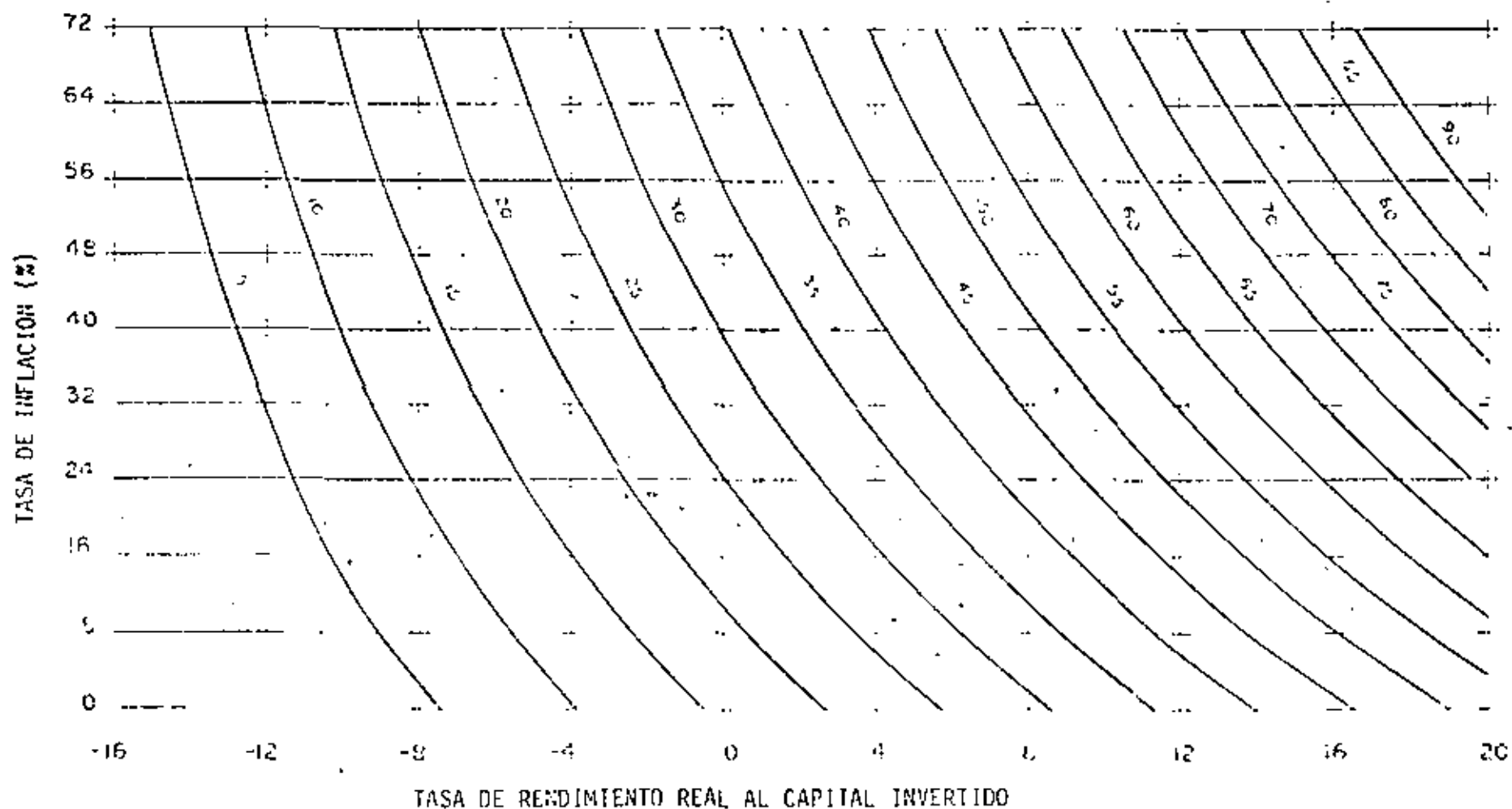
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5')	(5'')	(6)	(7)	(8)
0	1.0000		1.0000						
1	1.0074	0.0047	1.0077	0.0023	1.0000	0.0023	0.0000	0.0027	0.0001
2	1.0057	0.0038	1.0075	0.0023	1.0000	0.0027	0.0007	0.0030	0.0013
3	1.0047	0.0032	1.0073	0.0023	1.0000	0.0027	0.0015	0.0033	0.0021
4	1.0041	0.0029	1.0071	0.0023	1.0000	0.0027	0.0022	0.0036	0.0027
5	1.0039	0.0028	1.0070	0.0023	0.9999	0.0027	0.0031	0.0037	0.0032
6	1.0037	0.0028	1.0069	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
7	1.0036	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
8	1.0035	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
9	1.0034	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
10	1.0034	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
11	1.0033	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
12	1.0033	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
13	1.0032	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
14	1.0032	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
15	1.0031	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
16	1.0031	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
17	1.0031	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
18	1.0030	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
19	1.0030	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
20	1.0030	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
21	1.0029	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
22	1.0029	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
23	1.0029	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
24	1.0028	0.0028	1.0068	0.0023	0.9999	0.0027	0.0034	0.0038	0.0035
25	2.0157	0.2474	2.2631	0.0437	0.8591	0.0375	0.0122	0.0436	1.0425
26	2.0070	0.2453	2.2393	0.0437	0.8591	0.0375	0.0245	0.0701	1.1134
27	2.0030	0.2440	2.4160	0.0437	0.8591	0.0375	0.0245	0.0745	1.1331
28	2.0026	0.3036	2.4962	0.0437	0.8591	0.0375	0.0394	0.0772	1.2511
29	2.0050	0.3241	2.5791	0.0499	0.8376	0.0409	0.0420	0.0829	1.3431
30	2.3191	0.3456	2.6647	0.0499	0.8376	0.0409	0.0447	0.0857	1.4379
31	2.3850	0.3682	2.7532	0.0489	0.8376	0.0409	0.0476	0.0885	1.5314
32	2.4529	0.3913	2.8447	0.0489	0.8376	0.0409	0.0505	0.0915	1.6233
33	2.5226	0.4165	2.9391	0.0547	0.8167	0.0446	0.0534	0.0942	1.7122
34	2.5943	0.4424	3.0367	0.0547	0.8167	0.0446	0.0563	0.1015	1.8013
35	2.6681	0.4695	3.1376	0.0547	0.8167	0.0446	0.0602	0.1049	1.8917
36	2.7440	0.4978	3.2418	0.0547	0.8167	0.0446	0.0637	0.1094	1.9821
37	2.8220	0.5274	3.3495	0.0612	0.7962	0.0497	0.0673	0.1160	2.0731
38	2.9023	0.5584	3.4607	0.0612	0.7962	0.0497	0.0711	0.1199	2.1638
39	2.9848	0.5908	3.5756	0.0612	0.7962	0.0497	0.0751	0.1239	2.2549
40	3.0697	0.6247	3.6944	0.0612	0.7962	0.0497	0.0791	0.1280	2.3449
41	3.1570	0.6601	3.8170	0.0684	0.7763	0.0531	0.0835	0.1367	2.4315
42	3.2467	0.6971	3.9438	0.0684	0.7763	0.0531	0.0880	0.1412	2.5187
43	3.3391	0.7357	4.0748	0.0684	0.7763	0.0531	0.0927	0.1459	2.6036
44	3.4340	0.7761	4.2101	0.0684	0.7763	0.0531	0.0975	0.1507	2.6884
45	3.5317	0.8183	4.3499	0.0765	0.7569	0.0579	0.1026	0.1506	2.7744
46	3.6321	0.8623	4.4944	0.0765	0.7569	0.0579	0.1078	0.1659	2.8613
47	3.7354	0.9081	4.6436	0.0765	0.7569	0.0579	0.1130	0.1714	2.9487
48	3.8416	0.9563	4.7979	0.0765	0.7569	0.0579	0.1191	0.1771	3.0364
49	3.9508	1.0064	4.9572	0.0856	0.7380	0.0637	0.1250	0.1862	3.1256
50	4.0632	1.0587	5.1218	0.0856	0.7380	0.0637	0.1313	0.1945	3.2171
51	4.1787	1.1132	5.2919	0.0856	0.7380	0.0637	0.1377	0.2010	3.3100
52	4.2975	1.1701	5.4677	0.0958	0.7195	0.0689	0.1444	0.2076	3.4057
53	4.4197	1.2295	5.6492	0.0958	0.7195	0.0689	0.1513	0.2167	3.5039
54	4.5454	1.2914	5.8368	0.0958	0.7195	0.0689	0.1586	0.2276	3.6045
55	4.6747	1.3560	6.0307	0.0958	0.7195	0.0689	0.1662	0.2351	3.7086
56	4.8076	1.4234	6.2310	0.0958	0.7195	0.0689	0.1740	0.2429	3.8165
57	4.9443	1.4936	6.4379	0.1072	0.7016	0.0752	0.1820	0.2573	3.9288
58	5.0849	1.5668	6.6517	0.1072	0.7016	0.0752	0.1906	0.2659	4.0446
59	5.2295	1.6431	6.8726	0.1072	0.7016	0.0752	0.1994	0.2746	4.1639
60	5.3782	1.7226	7.1008	0.1072	0.7016	0.0752	0.2085	0.2839	4.2868

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
0	1.0000		1.0000	1.0000	1.0000	0.6000	0.0000		0.0000
1	1.0332	0.0047	1.0284	0.9822	1.0101	0.6178	0.0123	0.0023	0.007
2	1.0675	0.0098	1.0577	0.9644	1.0200	0.6356	0.0246	0.00453	0.007
3	1.1030	0.0152	1.0878	0.9466	1.0297	0.6534	0.0369	0.0091	0.0110
4	1.1396	0.0209	1.1187	0.9288	1.0390	0.6712	0.0496	0.0137	0.0140
5	1.1774	0.0269	1.1505	0.9114	1.0486	0.6885	0.1019	0.1212	0.0183
6	1.2166	0.0333	1.1832	0.8941	1.0579	0.1059	0.1253	0.1495	0.0140
7	1.2570	0.0400	1.2169	0.8767	1.0668	0.1233	0.1509	0.1798	0.0132
8	1.2987	0.0472	1.2515	0.8594	1.0755	0.1406	0.1760	0.2091	0.0331
9	1.3418	0.0547	1.2871	0.8424	1.0843	0.1576	0.2028	0.2406	0.0397
10	1.3864	0.0627	1.3236	0.8255	1.0937	0.1745	0.2310	0.2772	0.0462
11	1.4324	0.0711	1.3613	0.8086	1.1037	0.1914	0.2606	0.3129	0.0527
12	1.4800	0.0800	1.4000	0.7917	1.1083	0.2083	0.2917	0.3499	0.0581
13	1.5292	0.0897	1.4398	0.7752	1.1161	0.2246	0.3237	0.3894	0.0646
14	1.5799	0.0991	1.4805	0.7587	1.1234	0.2413	0.3577	0.4313	0.0719
15	1.6324	0.1095	1.5219	0.7432	1.1302	0.2578	0.3926	0.4756	0.0809
16	1.6866	0.1205	1.5662	0.7287	1.1365	0.2743	0.4286	0.5207	0.0886
17	1.7426	0.1319	1.6107	0.7099	1.1429	0.2904	0.4676	0.5681	0.1014
18	1.8005	0.1440	1.6565	0.6935	1.1488	0.3065	0.5077	0.6169	0.1119
19	1.8603	0.1567	1.7036	0.6774	1.1546	0.3226	0.5486	0.6673	0.1212
20	1.9221	0.1700	1.7509	0.6613	1.1587	0.3387	0.5914	0.7192	0.1303
21	1.9859	0.1840	1.8019	0.6455	1.1634	0.3544	0.6355	0.7732	0.1451
22	2.0519	0.1987	1.8551	0.6300	1.1674	0.3700	0.6807	0.8294	0.1589
23	2.1200	0.2142	1.9058	0.6143	1.1707	0.3857	0.7281	0.8871	0.1710
24	2.1904	0.2304	1.9609	0.5986	1.1732	0.4014	0.7869	0.9477	0.1849
25	2.2631	0.2474	2.0157	0.5833	1.1758	0.4167	0.8469	1.0115	0.1985
26	2.3383	0.2653	2.0770	0.5680	1.1775	0.4320	0.9154	1.1176	0.2131
27	2.4160	0.2840	2.1320	0.5527	1.1784	0.4473	0.9836	1.2661	0.2285
28	2.4962	0.3036	2.1906	0.5374	1.1787	0.4626	1.0515	1.3652	0.2439
29	2.5791	0.3241	2.2550	0.5225	1.1782	0.4775	1.0787	1.3461	0.25
30	2.6647	0.3456	2.3191	0.5076	1.1772	0.4924	1.1419	1.4779	0.26
31	2.7532	0.3682	2.3850	0.4927	1.1751	0.5073	1.2100	1.5704	0.2725
32	2.8447	0.3913	2.4529	0.4773	1.1719	0.5220	1.2829	1.6359	0.2770
33	2.9391	0.4165	2.5226	0.4632	1.1686	0.5368	1.3541	1.7112	0.2811
34	3.0367	0.4424	2.5943	0.4487	1.1641	0.5513	1.4307	1.8138	0.2855
35	3.1376	0.4695	2.6681	0.4342	1.1584	0.5658	1.5097	1.9197	0.2909
36	3.2418	0.4978	2.7440	0.4196	1.1514	0.5804	1.5926	2.0771	0.2965
37	3.3495	0.5274	2.8220	0.4054	1.1442	0.5946	1.6779	2.1431	0.2983
38	3.4607	0.5584	2.9023	0.3913	1.1356	0.6087	1.7657	2.2670	0.2983
39	3.5756	0.5900	2.9842	0.3771	1.1256	0.6229	1.8500	2.3669	0.2976
40	3.6944	0.6247	3.0697	0.3629	1.1141	0.6371	1.9356	2.5149	0.2967
41	3.8170	0.6601	3.1570	0.3491	1.1021	0.6509	2.0549	2.6816	0.2957
42	3.9438	0.6971	3.2467	0.3353	1.0896	0.6647	2.1882	2.7807	0.2946
43	4.0748	0.7357	3.3391	0.3215	1.0774	0.6785	2.2657	2.9336	0.2930
44	4.2101	0.7761	3.4340	0.3076	1.0664	0.6924	2.3776	3.0994	0.2916
45	4.3499	0.8183	3.5317	0.2942	1.0569	0.7058	2.4959	3.2449	0.2912
46	4.4944	0.8623	3.6321	0.2807	1.0485	0.7193	2.6126	3.4153	0.2906
47	4.6436	0.9083	3.7354	0.2672	0.9982	0.7329	2.7322	3.5973	0.2900
48	4.7979	0.9563	3.8416	0.2537	0.9749	0.7463	2.8668	3.7844	0.2875
49	4.9572	1.0064	3.9508	0.2406	0.9505	0.7594	3.0002	3.9526	0.2824
50	5.1218	1.0587	4.0632	0.2275	0.9242	0.7725	3.1389	4.1471	1.0050
51	5.2919	1.1132	4.1787	0.2143	0.8966	0.7857	3.2831	4.3690	1.0450
52	5.4677	1.1701	4.2975	0.2012	0.8646	0.7989	3.4329	4.5557	1.1008
53	5.6492	1.2295	4.4197	0.1884	0.8326	0.8116	3.5871	4.7759	1.1836
54	5.8368	1.2914	4.5454	0.1756	0.7991	0.8244	3.7474	5.0035	1.2561
55	6.0307	1.3560	4.6747	0.1628	0.7609	0.8372	3.9138	5.2386	1.3148
56	6.2310	1.4234	4.8076	0.1500	0.7209	0.8500	4.0867	5.4816	1.3907
57	6.4379	1.4936	4.9443	0.1375	0.6797	0.8625	4.2644	5.7368	1.47
58	6.6517	1.5668	5.0849	0.1250	0.6355	0.8750	4.4494	6.0046	1.5511
59	6.8726	1.6431	5.2290	0.1125	0.5883	0.8875	4.6412	6.2793	1.6180
60	7.1009	1.7226	5.3782	0.1000	0.5378	0.9000	4.8404	6.5630	1.7120

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(5')	(5'')	(6)	(7)	(8)
0	1.0000	1.0000							0.0000
1	1.0084	1.0101	0.0183	0.0434	1.0000	0.0434	0.0000	0.0434	0.0434
2	1.0177	1.0200	0.0376	0.0434	1.0000	0.0434	0.0014	0.0449	0.0863
3	1.0278	1.0297	0.0580	0.0434	1.0000	0.0434	0.0029	0.0464	0.1348
4	1.1187	1.0390	0.0796	0.0474	1.0000	0.0434	0.0044	0.0479	0.1807
5	1.1505	1.0486	0.1019	0.0486	0.9750	0.0474	0.0060	0.0504	0.2340
6	1.1837	1.0579	0.1253	0.0486	0.9750	0.0474	0.0076	0.0530	0.2915
7	1.2169	1.0668	0.1500	0.0486	0.9750	0.0474	0.0092	0.0556	0.3436
8	1.2515	1.0755	0.1760	0.0486	0.9750	0.0474	0.0110	0.0582	0.4006
9	1.2871	1.0843	0.2028	0.0544	0.9506	0.0517	0.0128	0.0608	0.4628
10	1.3236	1.0927	0.2310	0.0544	0.9506	0.0517	0.0147	0.0634	0.5301
11	1.3613	1.1007	0.2606	0.0544	0.9506	0.0517	0.0167	0.0660	0.6026
12	1.4000	1.1083	0.2917	0.0544	0.9506	0.0517	0.0187	0.0686	0.6801
13	1.4398	1.1161	0.3237	0.0609	0.9269	0.0544	0.0208	0.0713	0.7627
14	1.4808	1.1234	0.3577	0.0609	0.9269	0.0564	0.0230	0.0740	0.8501
15	1.5229	1.1302	0.3926	0.0609	0.9269	0.0564	0.0252	0.0767	0.9426
16	1.5662	1.1365	0.4296	0.0609	0.9269	0.0564	0.0274	0.0794	1.0401
17	1.6107	1.1429	0.4678	0.0609	0.9037	0.0615	0.0297	0.0821	1.1426
18	1.6565	1.1488	0.5077	0.0609	0.9037	0.0615	0.0320	0.0848	1.2501
19	1.7035	1.1540	0.5496	0.0609	0.9037	0.0615	0.0342	0.0875	1.3626
20	1.7520	1.1587	0.5934	0.0609	0.9037	0.0615	0.0365	0.0902	1.4801
21	1.8019	1.1634	0.6385	0.0761	0.8811	0.0671	0.0388	0.0929	1.6026
22	1.8531	1.1674	0.6857	0.0761	0.8811	0.0671	0.0410	0.0956	1.7301
23	1.9058	1.1707	0.7351	0.0761	0.8811	0.0671	0.0432	0.0983	1.8626
24	1.9600	1.1732	0.7868	0.0761	0.8811	0.0671	0.0454	0.1010	2.0001
25	2.0157	1.1758	0.8400	0.0852	0.8591	0.0731	0.0476	0.1037	2.1426
26	2.0730	1.1775	0.8956	0.0852	0.8591	0.0731	0.0498	0.1064	2.2901
27	2.1320	1.1784	0.9536	0.0852	0.8591	0.0731	0.0520	0.1091	2.4426
28	2.1926	1.1783	1.0143	0.0852	0.8591	0.0731	0.0542	0.1118	2.6001
29	2.2550	1.1782	1.0767	0.0853	0.8376	0.0796	0.0564	0.1145	2.7626
30	2.3191	1.1772	1.1419	0.0853	0.8376	0.0796	0.0586	0.1172	2.9301
31	2.3850	1.1761	1.2100	0.0853	0.8376	0.0796	0.0608	0.1199	3.1026
32	2.4529	1.1749	1.2810	0.0853	0.8376	0.0796	0.0630	0.1226	3.2801
33	2.5226	1.1686	1.3541	0.1066	0.8167	0.0870	0.0652	0.1253	3.4626
34	2.5943	1.1641	1.4303	0.1066	0.8167	0.0870	0.0674	0.1280	3.6501
35	2.6681	1.1584	1.5097	0.1066	0.8167	0.0870	0.0696	0.1307	3.8426
36	2.7440	1.1514	1.5926	0.1066	0.8167	0.0870	0.0718	0.1334	4.0401
37	2.8220	1.1442	1.6778	0.1193	0.7962	0.0949	0.0740	0.1361	4.2426
38	2.9023	1.1356	1.7667	0.1193	0.7962	0.0949	0.0762	0.1388	4.4501
39	2.9848	1.1256	1.8592	0.1193	0.7962	0.0949	0.0784	0.1415	4.6626
40	3.0697	1.1141	1.9556	0.1193	0.7962	0.0949	0.0806	0.1442	4.8801
41	3.1570	1.1021	2.0549	0.1334	0.7763	0.1036	0.0828	0.1469	5.1026
42	3.2467	1.0886	2.1582	0.1334	0.7763	0.1036	0.0850	0.1496	5.3301
43	3.3391	1.0734	2.2657	0.1334	0.7763	0.1036	0.0872	0.1523	5.5626
44	3.4340	1.0564	2.3776	0.1334	0.7763	0.1036	0.0894	0.1550	5.8001
45	3.5317	1.0389	2.4929	0.1493	0.7569	0.1130	0.0916	0.1577	6.0426
46	3.6321	1.0195	2.6126	0.1493	0.7569	0.1130	0.0938	0.1604	6.2901
47	3.7354	0.9982	2.7372	0.1493	0.7569	0.1130	0.0960	0.1631	6.5426
48	3.8416	0.9748	2.8668	0.1493	0.7569	0.1130	0.0982	0.1658	6.8001
49	3.9508	0.9586	3.0007	0.1670	0.7380	0.1232	0.1004	0.1685	7.0626
50	4.0632	0.9442	3.1389	0.1670	0.7380	0.1232	0.1026	0.1712	7.3301
51	4.1787	0.9306	3.2831	0.1670	0.7380	0.1232	0.1048	0.1739	7.6026
52	4.2975	0.9146	3.4329	0.1670	0.7380	0.1232	0.1070	0.1766	7.8801
53	4.4197	0.8976	3.5871	0.1868	0.7195	0.1344	0.1092	0.1793	8.1626
54	4.5454	0.8791	3.7474	0.1868	0.7195	0.1344	0.1114	0.1820	8.4501
55	4.6747	0.8609	3.9138	0.1868	0.7195	0.1344	0.1136	0.1847	8.7426
56	4.8076	0.8209	4.0867	0.1868	0.7195	0.1344	0.1158	0.1874	9.0401
57	4.9443	0.7797	4.2646	0.2090	0.7016	0.1466	0.1180	0.1901	9.3426
58	5.0849	0.7385	4.4494	0.2090	0.7016	0.1466	0.1202	0.1928	9.6501
59	5.2295	0.6983	4.6412	0.2090	0.7016	0.1466	0.1224	0.1955	9.9626
60	5.3787	0.6578	4.8404	0.2090	0.7016	0.1466	0.1246	0.1982	10.2801
					1.4078	0.157	1.0756	3.8513	0.5378

FIG. (4).- RELACION ENTRE TASA DE INFLACION, TASA REAL DE RENDIMIENTO Y RENTAS UNITARIAS DE MAQUINARIA

RENDA INICIAL MENSUAL EN MILES DE PESOS POR
CADA MILLON DE PESOS INVERTIDO EN EQUIPO



multiplicada por el factor de actualización asociado a la inflación que en nuestro caso sería de $(1.40)^n$, para $n=1,2,\dots,5$. La mecánica de cálculo es la misma de la tabla (N).

Haciendo una variación paramétrica de las tasas de inflación y de las tasas de rendimiento real deseado y manteniendo constantes los demás parámetros de cálculo señalados en la tabla (O), -vida económica, factores de rendimiento, valor de adquisición, valor de rescate, revisiones escalatorias por año- se han determinado las rentas respectivas y se ha elaborado la gráfica anexa, fig. (4), en la que se muestra la relación que existe entre la renta mensual al inicio de la vida útil y la tasa de rendimiento real (a precios constantes) para diferentes niveles de inflación.

Debe enfatizarse que estos valores se presentan a título ilustrativo y que deben tomarse con todas las reservas del caso ya que la legislación cambia cada año y que de continuar vigente el Art. 51, es el Congreso de la Unión el que determinará anualmente los factores de actualización aplicables, además de que no se ha reconocido en el pasado todo el impacto inflacionario y que la aplicación del citado Art. 51 involucra otros conceptos (nivel de activos monetarios, exceso de pasivos, cuentas por cobrar a consumidores finales, etc.) cuyo verdadero impacto solo podrá obtenerse de una evaluación que es objeto de estudio dentro de la planeación financiera propia de cada empresa constructora.

En cualquier caso se considera que los ejemplos presentados anteriormente permiten desarrollar las tablas de cálculo (y los programas de computadora necesarios) para determinar las rentas que deben aplicarse por concepto de utilización de equipo conforme a las características de cada empresa a fin de recuperar el capital invertido en el equipo y obtener un rendimiento razonable de esa inversión.



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

CONTROL

ING. JOSE CARREÑO ROMANI

JUNIO, 1984

INDICE

	PAGINA
1. INSTRUCCIONES	2
2. EL CONTROL	3
3. CONTROL DE CANTIDADES	14
4. CONTROL DE GASTOS	17
5. CONTROL PRESUPUESTAL	19
6. CORRECCION DE DESVIACIONES	22
7. REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS	22

INSTRUCCIONES

La primera parte de estos apuntes utiliza el sistema denominado EDUCACION PROGRAMADA. Póngase el lector atencion a las siguientes instrucciones para obtener el mejor aprovechamiento:

- 1) Cubriendo la columna de la derecha con la tira que se anota, lee cada uno de los temas.
- 2) Escriba la respuesta en el espacio marcado o en una hoja — por separado, cuando así se requiera. (Es esencial que no se concrete usted a pensar la respuesta, DEBE ESCRIBIRLA).
- 3) Revise su respuesta, moviendo la tira hacia abajo, descubriendo la respuesta correcta en la columna de la derecha.
- 4) Si su respuesta es correcta pase al siguiente tema.
- 5) Si su respuesta no es correcta, lee el tema nuevamente y — trate de comprender por qué está usted equivocado.

PROCEDIMIENTO

Cada tema deberá ser resuelto en orden. NO ALTERE EL ORDEN, a menos que así se le indique. Si tiene dificultad en un determinado punto debe regresar al lugar donde este apareció por primera vez y revisar los temas relacionados con él.

CONVENCIONES

- _____ = Escriba la palabra solicitada.
- _____ = Anote la letra que se requiere.
- ...(sí/no) = Subraye o circule la alternativa correcta.
- _____ = Escriba las palabras que se requieran.
- () = Ponga el número correcto.

EL CONTROL

1.- GENERALIDADES.

1.- Control es el proceso que determina que también se está llevando a cabo una actividad va lozándose y si es necesario aplicando las medidas correctivas apropiadas, de manera que la ejecución esté de acuerdo con lo planeado.

(sin respuesta)

2.- La comparación entre lo planeado y lo ejecutado es lo que constituye la base del control y la determinación del estándar o patrón que es la esencia de dicha comparación, es el primer paso a seguir.

control

3.- El control es pues, un proceso que requiere de la determinación del estándar planeado y el trabajo ejecutado y por último el de llevar a cabo la acción correctiva en caso necesario.

proceso estándar

4.- La identificación de los objetivos que se realiza en la función de la norma el primer paso del control que consiste en la

planeación determinación estándares

5.- Entonces la definición de la cantidad de trabajo a realizar en una jornada, es lo que constituye la determinación de un patrón para la valoración del desempeño del trabajador. La definición de un modelo de comportamiento o acción es lo que constituye un estándar (sí/no)

estándar

si

6.- La valoración de lo ejecutado y lo planeado, sería una etapa de la comparación entre el estándar y lo que se está realizando. En caso de que exista una diferencia entre lo planeado y lo ejecutado es cuando se debe tomar la acción correctiva

planeado ejecutado acción correctiva

7.- Principio de Control.- Para que un control sea efectivo debe cubrir y regular el funcionamiento planeado. El control se debe buscar y lograr que la actividad se está realizando de acuerdo con lo planeado

control

planeado

8.- Se analizarán en seguida los diferentes tipos de modelos, patrones o como los hemos llamado que son más usados: Cantidad, Calidad, Uso del tiempo y Costo.

estándares

9.- La determinación del volumen medio esperado de producción, de acuerdo a la actuación de los empleados más eficientes es lo que define un estándar de

cantidad

10.- El especificar las sumas de dinero a pagar en la adquisición de materias primas o publicidad es lo que implica un estándar de costo

estándar de costo

11.- El establecimiento de un programa a seguir en la realización de ciertas actividades constituye la implantación de un estándar de

uso del tiempo

12.- Por último, al definir las tolerancias que se pueden especificar en la realización de las actividades que permiten lograr los objetivos organizacionales es lo que define un estándar de

calidad

13.- Para poder comparar los resultados obtenidos se cuenta con los estándares de y que nos indican si podremos o no lograr, por ese medio, los objetivos de la empresa.

cantidad, calidad, uso del tiempo, costo objetivos

14.- El establecimiento de puntos estratégicos de control nos permite el lograr una mejor comparación entre el estándar definido y lo que se está realizando. Cuando surgen diferencias en la comparación se dice que existe una excepción.

comparación

15.- El control administrativo es más fácil comparando la atención sobre las excepciones o variaciones entre lo planeado y lo ejecutado es lo que nos dice el Principio de Excepción. Se puede decir que donde el Principio de es válido, debemos colocar un punto de control.

ejecutado o realizado

excepción estratégico

18.- La anterior significa que el esfuerzo control está dirigido a los lugares donde una _____ tiene lugar, es decir en el punto donde lo realizado no se conforma con el _____ o patrón definido.

17.- En los sitios de excepción es donde se debe colocar un _____ de control y donde se debe aplicar el tercer paso del proceso control, es decir la toma de la acción _____.

16.- La determinación de los sitios donde exista una _____ no básica para lograr un buen control, ya que al incluir todas las factos de una empresa en él, consume demasiado tiempo y esfuerzo, por lo que resulta muy costoso.

15.- El concentrar el control en _____ estratégicos ahorra tiempo y esfuerzo y es una práctica muy unida al Principio de _____. Cuando al comparar estándares y funcionamiento no existe ninguna desviación o _____ el control de esa actividad pasa a segundo término y solo requiere de revisiones periódicas.

14.- En resumen: La _____ surge cuando al comparar el funcionamiento o resultados obtenidos y los _____ existe alguna diferencia y es el sitio donde debemos establecer un _____ de control y llevar a cabo la toma de la _____ correctiva.

DISPOSITIVOS DE CONTROL.

13.- Una vez establecidos los estándares y que se han recibido y comprobado (esto con los resultados) para poder llevar a cabo la acción _____ de utilización varían _____.

Los controles que son:

Presupuesto

Informes estadísticos de control

Análisis del punto no pérdida o no ganancia

Reportes periódicos de control

Auditoría interna

excepción

estándar

punto estratégico

correctiva

excepción

puntos

excepción

excepción

excepción

estándares

punto estratégico

acción

correctiva
dispositivos

12.- El presupuesto es el _____ de control que se utiliza con más frecuencia. Cuando el presupuesto sirve para corregir y revisar el trabajo que se está ejecutando forma parte del proceso de _____ mientras que su determinación como recurso para el logro de objetivos lo hace parte del proceso de la función _____.

23.- El presupuesto entonces es de gran importancia como dispositivo de _____ y como parte integrante del proceso de la _____. La definición del estándar costo es base común para coordinar las actividades de la empresa y forma parte del dispositivo _____.

24.- El dispositivo que se basa en la determinación de los costos, es el de _____. Pero al dar importancia a la reducción de costos solamente, puede tener como consecuencia que esto afecte al estándar (cantidad/calidad/uso del tiempo) _____.

25.- El segundo dispositivo de control consiste en la elaboración de reportes periódicos de las actividades realizadas, con el fin de estudiar la historia de la marcha de la empresa y es lo que implican los _____.

26.- El hecho de que los informes _____ de control sirvan de base para que se los compare con otros informes previos, significa que es importante que se elaboren en forma _____ (continua/no continua) _____.

27.- El análisis del punto no pérdida o ganancia es otro de los _____ que más se usa. El uso de gráficos que muestran el porcentaje de utilización en una planta contra ingresos y gastos pueden utilizarse para el análisis del punto _____.

28.- La determinación de las utilidades o pérdidas de la empresa, es otro ejemplo de lo que se puede lograr al utilizar el dispositivo de _____.

dispositivo

control

planeación

control

planeación

presupuesto

presupuesto

calidad

informes estadísticos

estadísticos

continua

dispositivos de control

no pérdida o ganancia

análisis del punto no pérdida o ganancia

29.- Los reportes especiales de control son el cuarto dispositivo de control. Estos son los que investigan casos particulares en un tiempo y lugar definido.

control, reportes especiales

30.- De acuerdo a lo anterior estos reportes se realizan en forma (continua/no continua) no continua y por el hecho de referirse a situaciones particulares donde se presume existe alguna desviación, constituyen una aplicación directa del Principio de excepción.

no continua

excepción

31.- Cuando se realizan investigaciones periódicas, sobre actividades generales se está utilizando el dispositivo de informes estadísticos de control. En cambio investigaciones acerca de los procedimientos, funcionamiento de un área específica de trabajo se usan para elaborar reportes especiales.

informes estadísticos

reportes especiales

32.- El último dispositivo de control mencionado es el de la auditoría interna. Así por ejemplo cuando la central de adiestramiento del personal revisa las operaciones de las unidades subsidiarias se está llevando a cabo una auditoría interna.

auditoría

auditoría interna

33.- Los cinco dispositivos de control son: el presupuesto, informes estadísticos de control, análisis del punto de pérdida-no ganancia, reportes especiales de control y auditoría interna.

dispositivos de control

34.- Los dos dispositivos que tienen que ver con los análisis monetarios, costos y flujo de fondos son el presupuesto, análisis del punto de pérdida-no ganancia y el análisis del punto de pérdida-no ganancia.

presupuesto, análisis del punto de pérdida-no ganancia

35.- El dispositivo de control que se elabora en forma no continua y que está relacionado con el Principio de Excepción es el de reportes especiales de control.

reportes especiales

36.- Los dispositivos que se realizan en áreas externas y en forma más o menos periódica son la auditoría interna, informes estadísticos de control.

auditoría interna, informes estadísticos

37.- Para que en toda empresa no se pierda la continuidad en el flujo de las actividades es necesario que se utilicen como forma de control, los dispositivos de control antes mencionados.

dispositivos

2.- SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL DE LA ACTUACION HUMANA

38.- Los sistemas de control son aquellos que se utilizan para determinar si los objetivos y metas de la organización definidos en la función de planeación se están ejecutando correctamente. Algunos sistemas se auxilian de los dispositivos de control para cumplir su cometido.

planeación

dispositivos

39.- El control centralizado es el sistema de control que se lleva a cabo en áreas específicas de una empresa. Así el control de presupuestos de los departamentos a cargo del staff de finanzas es lo que constituiría un control centralizado.

sistema

control centralizado.

40.- El control personal es el que incluye el chequeo y correcciones que realiza un supervisor a un trabajador o grupo de ellos. Así el sistema de control que se realiza en áreas más específicas y es de primera línea primordialmente es el control personal.

personal

41.- Los sistemas de control centralizado y control personal son los que se deben ejercer de acuerdo a las teorías clásicas de la Administración. Es lógico pensar que los costos así obtenidos fluyen hasta (los niveles superiores/los niveles más bajos) los niveles superiores.

control centralizado personal

los niveles superiores.

42.- El tercer sistema es el auto-control. El individuo que instituye cambios en sus propios métodos de trabajo con el fin de lograr mayor éxito está practicando el auto-control.

auto-control

43.- La supervisión realizada por los niveles al-
tos de la empresa sobre áreas externas de trabajo
es lo que implica un

El perfeccionamiento del
individuo aplicado a un supervisor que cheque su
trabajo constituye la meta a alcanzar del
El deseo de supervisión personal, la automotivación y la iniciativa
del individuo para perfeccionarse sus métodos de trabajo son consecuencia del

44.- Desde el punto de vista de la Teoría y (unión anterior) el sistema de control mejor es el
Según la Teoría X que establece que el hombre es incapaz de lograr nada por sí mismo, sería necesario el uso de los controles y

45.- Porque fomenta el sentido de responsabilidad y brinda una cierta libertad en la elección de los métodos de trabajo y estrategias a seguir el sistema de control ideal sería el

CONSECUENCIA DE LA APLICACION DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

46.- El éxito de los de control se basa, en que sean aceptados por los individuos a quienes se aplica. Por desgracia los estudios del comportamiento humano han demostrado que el hombre generalmente (acepta/rechaza) los sistemas de control.

47.- Los sistemas de control producen en el hombre un rechazo que se traduce en un incumplimiento del deber. El o resistencia a dichos sistemas se debe generalmente a las siguientes causas:

- 1) El control tiende a romper la imagen propia de la persona.
- 2) El no aceptar los objetivos de la empresa.
- 3) La creencia de que los estándares exigidos son demasiado altos.

control centralizado

control personal

auto-control

auto-control

centralizado personal

auto-control

sistemas

rechaza

rechaza

6) No quiere que se asigne el control a determinados grupos de la organización.

48.- El hecho de que la mayoría de los reportes o informes de control, acusen sólo las deficiencias en la actuación de la persona, hacen que sean (aceptados/rechazados) ya que tienden a la imagen de la propia persona.

49.- Ahora suponiendo que el individuo acepta el control como un medio para corregir sus deficiencias es necesario, además, que los objetivos de los sistemas de control le hagan sentir que vale la pena.

50.- Así otra de las razones por las que se rechazan los sistemas de control es porque existe incompatibilidad entre los de la persona y los de la organización.

51.- Si un empleado siente que lo que le están exigiendo es demasiado para sus aptitudes o habilidades, puede decirse a que los son muy altos y por ello (admite/no admite) que se le controle.

52.- Por ejemplo la fijación de volúmenes de venta a un vendedor basados en su desempeño anterior es más fácilmente (aceptada/rechazada) que al se aplica un volumen estándar sin tener en cuenta la experiencia.

53.- Se estableció que un individuo rechaza los de control cuando no le gusta, que para tal efecto, hayan asignado a un determinado. Es de esperarse que un control ejercido por los más compañeros su (acepta/rechaza) un tanto que un control proveniente de un staff de "afuera" sea (aceptado/rechazado)

54.- Se han visto hasta ahora, las razones por las que se un sistema de control, que trae como consecuencia un incumplimiento del deber. Un individuo no cumple con su ante la percepción del peligro.

rechazados romper

(sin respuesta)

objetivos

estándares

no admite

aceptados

sistemas

grupo

acepta

rechazado

rechaza

deber

53.- Cuando aquellos a quienes se aplica un sistema de control sienten que éste constituye una amenaza para ellos, se dice que hay _____

percepción
del peligro

55.- La percepción del _____ rige cuando se insiste en el castigo en vez de la ayuda y del apoyo para alcanzar las metas y/o los _____ cuando existe falta de confianza en las relaciones entre superior y subordinado, personal staff y de línea, etc.

peligro

objetivos

57.- Las amenazas y castigos, así como la falta de confianza o comunicación entre los jefes y los _____ es lo que hace que aparezca la _____ y con ella la falta de _____ del deber.

subordinados
percepción
del peligro
cumplimiento

58.- Se puede concluir que los sistemas de control tienden a provocar y a acentuar la conducta que tratan de evitar que es la falta de _____ la razón de esto es que las presiones para cumplir con el deber en una atmósfera de falta de _____ en las relaciones y de castigos hacen percibir el _____

cumplimiento
del deber

confianza
peligro

59.- Desgraciadamente la ausencia del peligro no garantiza el cumplimiento del _____ El cumplimiento del deber puede lograrse con sentido de dedicación a la causa.

deber

60.- Como ya vimos el objeto de todo control es lograr la determinación de un _____ o patrón para evaluar el trabajo. Entonces el éxito del control consiste en la determinación del nivel del estándar apropiado, ni muy alto porque puede ser inalcanzable y por ello _____ ni tan bajo que no se logran las metas y los _____ organizacionales.

estándar

requisitos

objetivos

61.- Sin embargo la reacción favorable del individuo no estará determinada por la meta-objetivo en sí sino por la percepción que de ella tenga de acuerdo a sus sentimientos, necesidades y actitudes de ahí que el estudio de las Ciencias del _____ humano son básicas en la administración.

comportamiento

62.- El cumplimiento del deber, según se dijo en el cuadro 80, se logra con sentido de _____ a la causa y ello se logra cuando el individuo logra la _____ de los metas u objetivos.

dedicación

percepción

63.- Mayor será la _____ a la causa cuando más compatibles sean las _____ de la empresa con los sentimientos, inquietudes, aspiraciones y necesidades del hombre que en ella trabaja.

dedicación
metas
objetivos

64.- Viviendo en medio estas cosas, se puede en lugar de estudiar de lo que está constituyendo el sistema de control modularlo y que se trata de lograr una mayor _____ a alcanzar las metas y objetivos de la empresa. A este sistema se le conoce por sistema orgánico de control.

dedicación

65.- El sistema _____ de control viene siendo la forma de promover una mayor _____ a la causa de la empresa basada en la idea de que imponiendo a los demás determinadas objetivos y normas atractivas se logra su aceptación.

orgánico

dedicación

66.- El establecimiento de los _____ y los _____ tiene origen en base a una exploración conjunta y abierta de la realidad. Así la exposición y discusión de los criterios de la empresa para cumplir con éxito en cualquier ocasión son la base para el _____ de los objetivos y las normas.

objetivos
normas

establecimiento

67.- Si no puede parecer orgánico y lento, pero se puede en la concepción de que el tiempo empleado en lograr la identificación de los objetivos, de acuerdo a la propia de la función _____ es un tiempo que se sobra con el tiempo que se ahorra en la solución de problemas posteriores.

planeación

68.- Así, listados en forma conjunta y conjunta todos los objetivos, metas y normas a seguir y por haber sido determinados con el concurso de todos los miembros de la empresa, teniendo en cuenta todos los puntos de vista y sugerencias, _____ (total/parcial) _____ potencia dedicación por el sujeto a la causa.

total

69.- El sistema orgánico de control basado en lo antes expuesto tendría una aplicación (igual/muy distinta) a los sistemas convencionales, ya que si se ha lo grado la entera al logro de los , lo primero, para realizar un efectivo, será proporcionar ayuda a los subsistemas (departamentos) en su esfuerzo por alcanzar los niveles acordados en común.

muy distinta

dedicación
objetivos
control

70.- La función de las unidades administrativas en el sistema será la de proporcionar a cada una de las niveles de la empresa la información relativa a su funcionamiento para que pueda utilizarla a esta fin.

orgánico de
control

71.- Así cada subsistema tendrá que dar cuenta de sus actividades al sistema inmediato superior, periódicamente indicando el desarrollo alcanzado, la exposición de los problemas encontrados y de los planes para resolverlos. Esto elimina la utilización de grupos asociados de control que no son (más caro/más barato) el control.

más caro

72.- Con ello también se evita en gran parte la vigilancia directa, en el sentido estricto de la palabra, ya que el problema no consiste en obtener un cumplimiento pasivo, sino en capacitar a todas las secciones a lograr los propuestas.

objetivos

73.- Así el sistema , motiva al empleado a controlar sus errores y a ejercer sobre sí mismo un control de sus movimientos. El autocontrol es la mejor manera de responsabilizar al individuo y lograr el de su poder y su mayor de alcanzar los objetivos de la empresa.

orgánico de
control

auto

cumplimiento
aplicación

74.- El -control desarrollado en el estado de situaciones particulares, responde a la vez de las necesidades e inquietudes del individuo y que se ejerce por medio de informes de sus actividades al sistema superior, a base de confianza y sinceridad es lo que constituye el de control.

auto

sistema orgánico

CONTROL DE CANTIDADES

El control de las cantidades es muy usual en la industria de la Construcción. Como norma típica la planeación la cantidad de una obra determinada por unidad de tiempo (hora, día, mes) que se requiere producir es muy fácil utilizar esa cantidad planeada como estándar. A medida que se desarrolla la obra pueden irse afinando los estándares.

En el proceso de planeación se determina primero un estándar básico o teórico, esto es la cantidad de obra que puede producirse con un 100% de eficiencia, luego se aplican factores producto de la experiencia para llegar al estándar práctico, o de otra manera, si se tienen datos estadísticos de obras anteriores con el mismo proceso productivo pueden tomarse tales datos para determinar los estándares reales o prácticos.

Establecidos los estándares por unidad de tiempo se procede a establecer los puntos de control; normalmente se ven controlando las cantidades por lapsos cortos con el control contable de la obra. Así pueden establecerse controles diarios, semanales o mensuales.

La ventaja de ligar el control de cantidades a la contabilidad de costos es que se tendrán puntos de control iguales para cantidades y costos lo cual es muy fácil puesto que la producción real en un determinado plazo junto con el costo real nos dará el costo por unidad de obra ejecutada que es un dato que interesa primordialmente al constructor.

Otra característica del control de cantidades es que los puntos de control son diferentes dependiendo del nivel jerárquico que toma de decisiones usando el control. Así por ejemplo en una planta de agregados el jefe de la planta recibe un informe de producción por turno, el superintendente de pavimentación recibe un informe condensado de producción semanal y el superintendente general este mismo informe para mensual. Esto sucede desde luego si no hay desviaciones significativas. Si las hay el sistema de control debe ser capaz de alertar hasta un nivel que pueda tomar las decisiones que corrigiera aquellas fallas del proceso que estamos provocando una falta de producción respecto a los estándares.

Esto se hace en diferentes términos. El superintendente de pavimentación puede por ejemplo recibir al jefe de la planta que debe avisarle si la producción de cualquier turno no es inferior en 10% al estándar por turno. El superintendente general podrá enterarse si la producción semanal es 10% inferior al estándar semanal. Esto desde luego facilita la operación organizada de control.

Es muy común que al reporte de control se le añada una serie de datos estadísticos que sirven para tomar decisiones en caso de que exista alguna desviación.

Siendo el ejemplo de la planta de agregados el reporte debería contener aquellos datos que permitan conocer las causas de alguna posible desviación. Por ejemplo el número de horas paradas de la máquina por cualquier causa incluyendo dichas causas como, demoras causadas por deficiencias en el suministro, deficiencias en el almacenamiento, fallas en el personal, etc.

Si todos estos datos se llevan a lo largo del trabajo esto permitirá que además de llevar el control y facilitar las decisiones se pueda revisar periódicamente las causas de las demoras para poder, por ejemplo, replantear el proceso o si es conveniente, fijar estándares más altos en beneficio de la economía de la obra modificando el proceso completo, parte del proceso o simplemente aumentando el estándar en función de la experiencia acumulada si parece la indicada.

En realidad el control es un proceso de estabilización, es decir, un sistema que toma muestras, las compara con el estándar y en caso de desviaciones significativas actúa sobre el proceso de producción para regresar a la producción planeada.

El reporte de control permite pues a los diferentes funcionarios que manejan el proceso tomar decisiones. Estas decisiones son de dos tipos y podemos dividirlos en dos:

- a) Decisiones de Emergencia.
- b) Decisiones Preventivas.

Como ejemplo de decisiones de emergencia podría mencionarse el hecho de que una máquina tridimensional tenga problemas mecánicos y esto origine una producción inferior al estándar. Otro ejemplo sería que una máquina se descomponga por rotura de una pieza. En estos casos la decisión inmediata será proceder a la reparación.

Como ejemplo de decisión preventiva podría mencionarse la siguiente: las horas perdidas por descomposición de una máquina, tienen tendencia a aumentar. Analizando la causa pueden presentarse varios casos:

- a) La máquina está fuera de la vida económica
- b) El mantenimiento es deficiente
- c) La operación es defectuosa
- d) Algún mecanismo de la obra tiene un efecto importante

El atacar este problema y tomar decisiones respecto a él sería una decisión preventiva si se toma antes de que ésta causa de demoras provoque que la producción quede abajo del estándar.

Es costumbre que para poder tomar estas acciones preventivas se usen cartas de control, que indiquen en forma gráfica y durante largos períodos las variaciones reales del comportamiento de la producción, nombras, etc.

CONTROL DE COSTOS

Este sistema de control es muy usual en la que a construcción — se refiere, típicamente el control de cantidades como ya se indicó.

Este control consiste en ordenar en diferentes cuentas los costos correspondientes a las insumos que se van utilizando en la obra.

El conjunto de estas cuentas se denomina catálogo de cuentas de costos, y pueden dividirse de acuerdo con las necesidades del control. Así por ejemplo puede llevarse una cuenta de costos para producción — de agregados, otra cuenta de costos para elaboración de concreto so — fístico, una más para colocación de concreto revestido, etc., es usual que se subdividan estas cuentas de costos en sub-cuentas, en función — del tipo de insumo, así pues cada una de estas cuentas podrá llevar — las siguientes sub-cuentas:

- a) Obra de Mano
- b) Materiales
- c) Maquinaria
- d) Acarfeos
- e) Destrajistas

El control de costos compara las cantidades erogadas por cada — una de las cuentas y sub-cuentas con las suuestas y cuando hay una — desviación importante tomará una decisión para corregir esta desvia — ción.

El estándar en el caso de control de costos puede establecerse a — base de presupuestos mensuales o, relacionarlo un control de cantida — des con el de costos en base a los costos unitarios suuestos en la pla — neación.

Así por ejemplo se puede producir cuando se va a gastar en — una determinada empresa por concepto de maquinaria para agregados, y usar esta cantidad como estándar y contra ella comparar el costo — real. Puede también fijarse un costo unitario como estándar por mé — tro erogados por ejemplo y con los datos reales de cantidades de costos dividiendo la cantidad erogada realmente en el mes entre la cantidad — producida realmente en el mes un más tendremos el costo unitario real que se comparará con un costo unitario suuesto. En ambos casos, — si hay desviaciones se deberá revisar con un porcentaje en la organiza — ción de la obra que tome decisiones de inmediato para corregir las in — eficiencias que presente el mecanismo de producción, con objeto de ha — cer que el costo real sea igual o menor que un costo estimado.

La información del control de costos se puede presentar en base — a listones que nos indican las cantidades realmente erogadas en cada — una de las cuentas y sub-cuentas, se puede presentar en gráficas, o — pueden presentarse exclusivamente aquellos costos que se desparan del presupuesto (control por excepción).

Como se puede ver estas cuentas de costos pueden sofisticarse y pueden ampliarse hasta llegar a un control muy detallado. La expe — riencia en construcción indica que es muy difícil llegar a un gran deta — lle ya que normalmente en los datos de campo se originan errores que hacen inútil este control tan detallado. Es más frecuente que se ten — gan cuentas por actividades generales y en caso de tener que tomar una — decisión se hace un análisis de detalle de esa cuenta particular divi — diéndola con el criterio del ingeniero en sub-cuentas.

La contabilidad de costos implica una buena organización conta — ble de la obra, ya que esta contabilidad de costos deberá estar ligada a la contabilidad general de la empresa para que dé siempre datos re — lios.

Desde luego se deberán llevar cuentas de los costos directos, — así como de indirectos y gastos generales de la empresa con objeto de tener siempre un panorama completo y tomar decisiones que conduzcan a la obra y a la empresa al objetivo cuantitativo predefinido.

Los estándares deben modificarse y revisarse continuamente, ya que es muy frecuente que haya variaciones en el proyecto en las canti — dades de obra y en los métodos de construcción que evidentemente mo — difican el estándar.

Para llevar adecuadamente el control de costos es indispensable que el ingeniero que hace uso de este control tenga conocimientos bá — sicos de contabilidad, lo que le permitirá interpretar adecuadamente — los resultados de las diferentes cuentas que tiene que supervisar.

Existen diferentes métodos para llevar el control de costos, que — usan desde sistemas manuales hasta computadoras electrónicas, en — general el uso de computadoras está restringido a aquellas áreas de — trabajo en donde se tenga una máquina central, ya que la transmisión de datos masivos por teléfono o radio no ha sido muy satisfactoria — mente en México. Esto es muy importante ya que la información debe — ser oportuna para que las decisiones que se tienen que tomar en base — a esa información también lo sean.

CONTROL PRESUPUESTAL

El control presupuestal permite llevar el control de cantidades y costos al mismo tiempo, y desde luego permite tomar las decisiones que se requieren tanto en el área de producción como en otras áreas tales como compras, manejo financiero, cobranzas, etc.

Para poder llevar un control presupuestal, se requieren los siguientes requisitos.

Un sistema de planeación que permita la elaboración de un presupuesto completo que servirá de estándar para el control.

Un sistema idóneo de contabilidad y costos de la empresa.

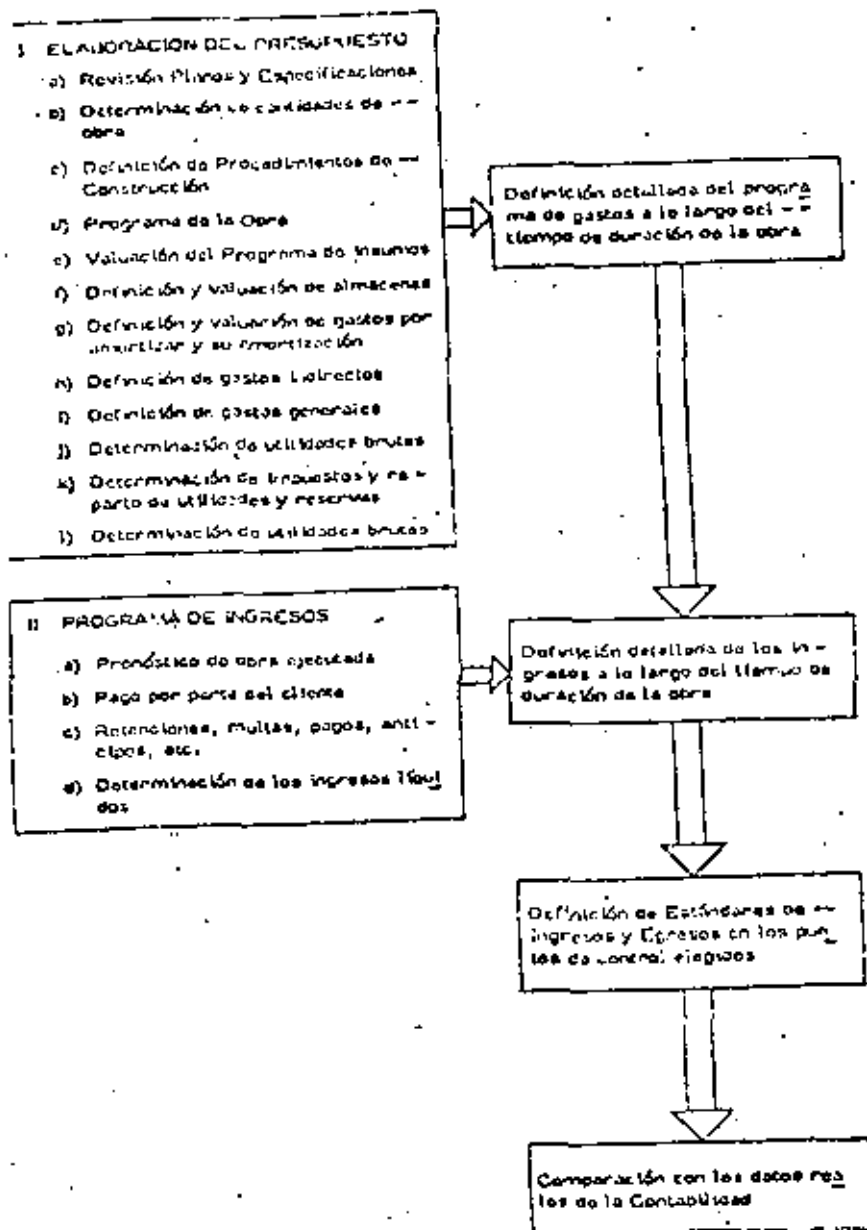
En general puede decirse que un sistema integrado de control presupuestal en una empresa de construcción tiene limitaciones e inconvenientes que algunas veces anulan a las innumerables ventajas que tiene el sistema.

Entre los inconvenientes que presenta pueden mencionarse:

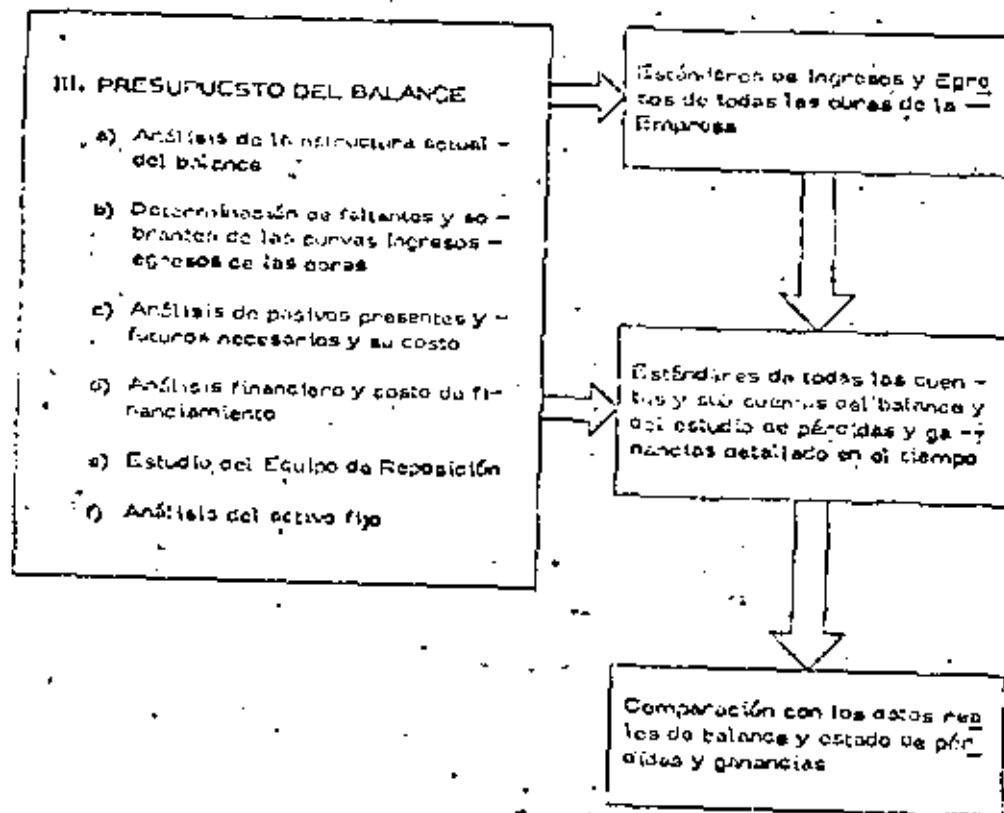
- Los presupuestos deben modificarse continuamente debido a las variaciones en programas y volúmenes que tienen la mayor parte de las obras de construcción en nuestro país.
- Al implantar el sistema no se deben esperar resultados completos a corto plazo.
- Existen obstáculos psicológicos importantes, pues el cambio de sistema significa una modificación en los hábitos del personal.

Existen gran número de procedimientos diferentes para llevar el control presupuestal, desde sistemas que se operan manualmente hasta los que hacen uso de las computadoras.

El control presupuestal a través de que podría definirse como el...



El control presupuestal a nivel de empresa podría automatizarse así:



Como en los casos anteriores desviaciones significativas originan de inmediato acciones correctivas.

CORRECCION DE DESVIACIONES

El establecimiento de los medios adecuados para corregir las desviaciones de los estándares es probablemente la etapa más importante de todo control.

Si el "aviso" no es oportuno y no llega rápidamente a la persona — capaz de tomar las decisiones correctivas se pierden total o parcialmente las ventajas del control.

La empresa puede mejorar sistemas de construcción, modificar su organización para definir mejor las funciones y responsabilidades de cada puesto, mejorando así la coordinación de sus actividades, o modificar los sistemas de dirección de la empresa, en función de los reportes de control debidamente evaluados.

Como consecuencia del control de costos, puede reducirse la inversión real y mejorar la rentabilidad de la obra, o aumentar los beneficios del contratista, generalmente muy por encima del gasto necesario para ejercer el control. Cuando la decisión para ejecutar una obra se ha basado en hipótesis falsas respecto a los costos, el control de éstos generalmente revela prontamente este hecho, permitiendo así una oportuna reevaluación y corrección de los planes. Por supuesto que el control de costos no puede corregir los defectos en los estimados de costos, pero la misma experiencia derivada del control permitirá realizar estimados cada vez mejores.

REQUISITOS DE UN SISTEMA DE CONTROL DE COSTOS, DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA.

Los textos de administración señalan diversas exigencias para que un sistema de control opere satisfactoriamente. Se analizará cada una de ellas con referencia especial al control de los costos.

1. Los controles deben reflejar la naturaleza y las necesidades de la actividad. El sistema para controlar los costos de ingeniería de proyecto será radicalmente distinto del que se usa para controlar los costos de construcción. Los sistemas e instrumentos necesarios para controlar los costos de construcción de una planta industrial son diferentes de los que deben usarse en la construcción de una presa. Los costos de operación y mantenimiento requieren

procedimientos de control especiales, y lo mismo puede decirse de los costos de producción en serie. Por lo tanto, los cálculos de cuentas de costos y los sistemas de información correspondientes tienen que diseñarse para las necesidades de cada empresa y las características de cada tipo de obras.

2. Los controles deben indicar rápidamente las desviaciones. Ya se hizo notar anteriormente la importancia del "tiempo de respuesta" de un sistema de control. Los sistemas de contabilidad tradicionales generalmente tienen un tiempo de respuesta exageradamente largo, debido a que tienen que sufrir con diversas requisitorias legales, además de servir para el control financiero de la empresa, deben ser meticulosamente exactos y reportar únicamente transacciones completamente terminadas y debidamente documentadas. Por lo tanto, su funcionamiento es lento y un tanto inflexible. El control de los costos requiere el establecimiento de un sistema de información más ágil y flexible, que permita conocer rápidamente las desviaciones de los planes y apreciar con igual rapidez los efectos de las medidas correctivas. El procesamiento electrónico de estas cuentas es una valiosa herramienta para lograr sistemas de control de respuesta rápida. Es importante, sin embargo, que exista una fuente de datos común para el sistema contable y el de control de costos, de tal manera que exista armonía y complementación entre ellos.
3. Los controles deben mirar hacia adelante. A este respecto debe también señalarse que los sistemas contables están generalmente orientados al pasado, es decir, tienen el carácter de registros de las transacciones realizadas en el pasado. Por lo tanto, se concluye como en el punto anterior, que es necesario establecer sistemas de control de costos orientados al futuro o lo que es lo mismo, capaces de preverir las consecuencias de las desviaciones de los planes. Los sistemas de programación y control de obras por fases de actividades constituyen instrumentos adecuados para proyectar hacia el futuro el efecto de las desviaciones presentes.
4. Los controles deben señalar las excepciones en los puntos estratégicos. Se ha referenciado aquí al principio de control por excepción, según el cual el ejecutivo debe concentrar su atención en los casos de excepción, es decir, en aquellos en que lo largo de su avance de los normas o planes establecidos. Los sistemas de programación por ruta crítica, al señalar claramente la secuencia de actividades cuyo cumplimiento es crítico para la consecución de la meta proyectada, facilitan la identificación de los puntos estratégicos. Para poder apreciar las desviaciones significativas en los costos, es indispensable que los presupuestos

y uniformes de costo sean enteramente congruentes con el programa de obra aprobado y se elaboren mediante un análisis de las frecuencias de actividades por realizar. Podrá advertirse fácilmente cuando el costo se aparta en forma inconveniente del presupuesto y de los estándares proyectados.

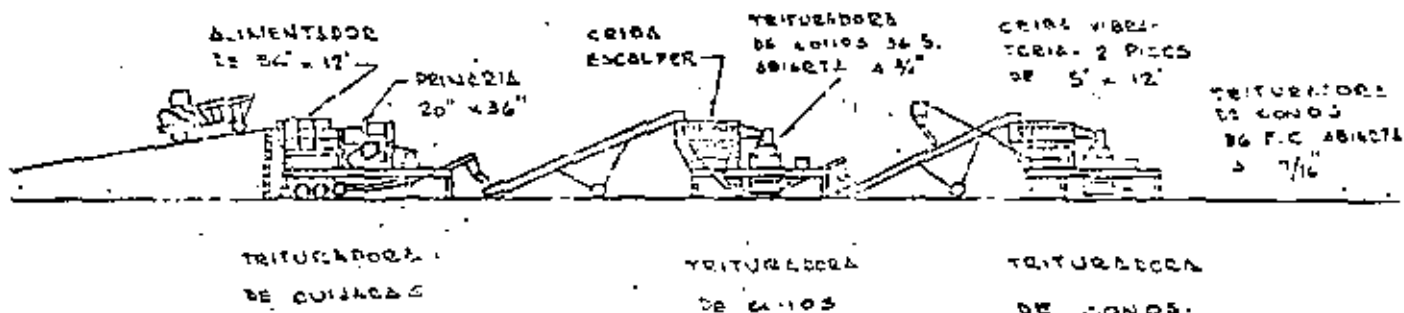
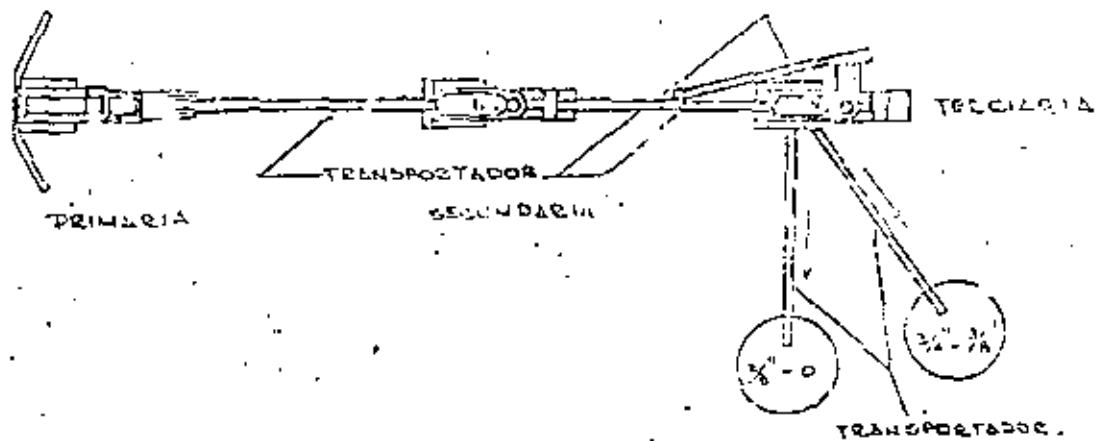
5. Los controles deben ser objetivos. Es necesario subrayar aquí nuevamente la importancia de basar el control de costos en un buen estimado de costo. Sin él, la apreciación que pueda hacerse respecto a los costos observados en la obra se convierte en un proceso totalmente subjetivo y de escasa significación. Cuando el estimado de costo se integra con el programa de obra, de tal manera que se fija un costo directo para cada actividad, el control de costos adquiere máxima objetividad y oportunidad.
6. Los planes deben ser flexibles. Con frecuencia, diversas circunstancias fuera de control del ejecutivo hacen que se tengan que cambiar los planes. Los sistemas de control de costos deben poder adaptarse fácilmente a tales cambios sin perder su validez y utilidad. Sucede en ocasiones que al elaborar un programa (CPM), se insistió darle un carácter estático e inflexible, que lo hace obsoleto rápidamente, debido a que no se ha previsto su frecuente revisión y actualización, de acuerdo con los cambios imprevistos por las circunstancias. Los estimados de costo deben mantenerse consecuentemente actualizados para que siempre se basen en forma realista las metas alcanzables.
7. Los controles deben reflejar el modo de descentralización. En toda buena organización un responsable de los diferentes niveles ejecutivos o de diferentes niveles están perfectamente definidos. Es indispensable que los sistemas de control provean a cada ejecutivo de una información congruente con sus responsabilidades. Se refiere la necesidad de establecer reportes de costos adecuados a cada nivel administrativo. Así por ejemplo, el reporte que recibe el responsable de una fase de la obra será más detallado y más específico que el que recibe el superintendente general de la misma, y el que éste recibe, más detallado y más general que el que se da al gerente de la empresa constructora.

1. Los controles deben ser confiables. Deben distinguirse claramente el volumen de información y el valor de la información. Un mayor número de datos no significa necesariamente mejor información, por el contrario, en muchas ocasiones el exceso de información provoca incertidumbre, indecisión e incapacidad para interpretar adecuadamente la gran cantidad de datos que se reciben. Por lo tanto, hay que establecer un equilibrio adecuado

de entre la cantidad de datos que conviene generar y el costo de procesamiento y distribución para convertirlos en información utilizable. En general sólo debe proporcionarse la información indispensable para que cada ejecutivo pueda tomar las decisiones que le competen.

9. Los controles deben ser comprensibles. Los reportes de costos deben tener siempre una interpretación fácil y presentarse en forma inmediatamente utilizable. Resultan de poca utilidad los datos de costos que el ejecutivo deba todavía procesar y analizar para que adquieran significado.
10. Los controles deben indicar una acción correctiva. Ya se expresó anteriormente que si no hay acción correctiva no existe control. Por lo tanto, los informes de costos deben presentarse de tal manera que se puedan apreciar claramente las causas de las desviaciones, las responsabilidades de las mismas y las medidas que pueden adoptarse para corregirlas.

INSTALACION PORTATIL



PRODUCCION REAL ESPERADA

90 TON. CORTAS.

$$\begin{aligned}
 90 \text{ Ton. C.} &= 0.454 \times 2000 \times 90 \\
 &= 81720 \text{ kg} \\
 &= 81.72 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

a) HORARIA :

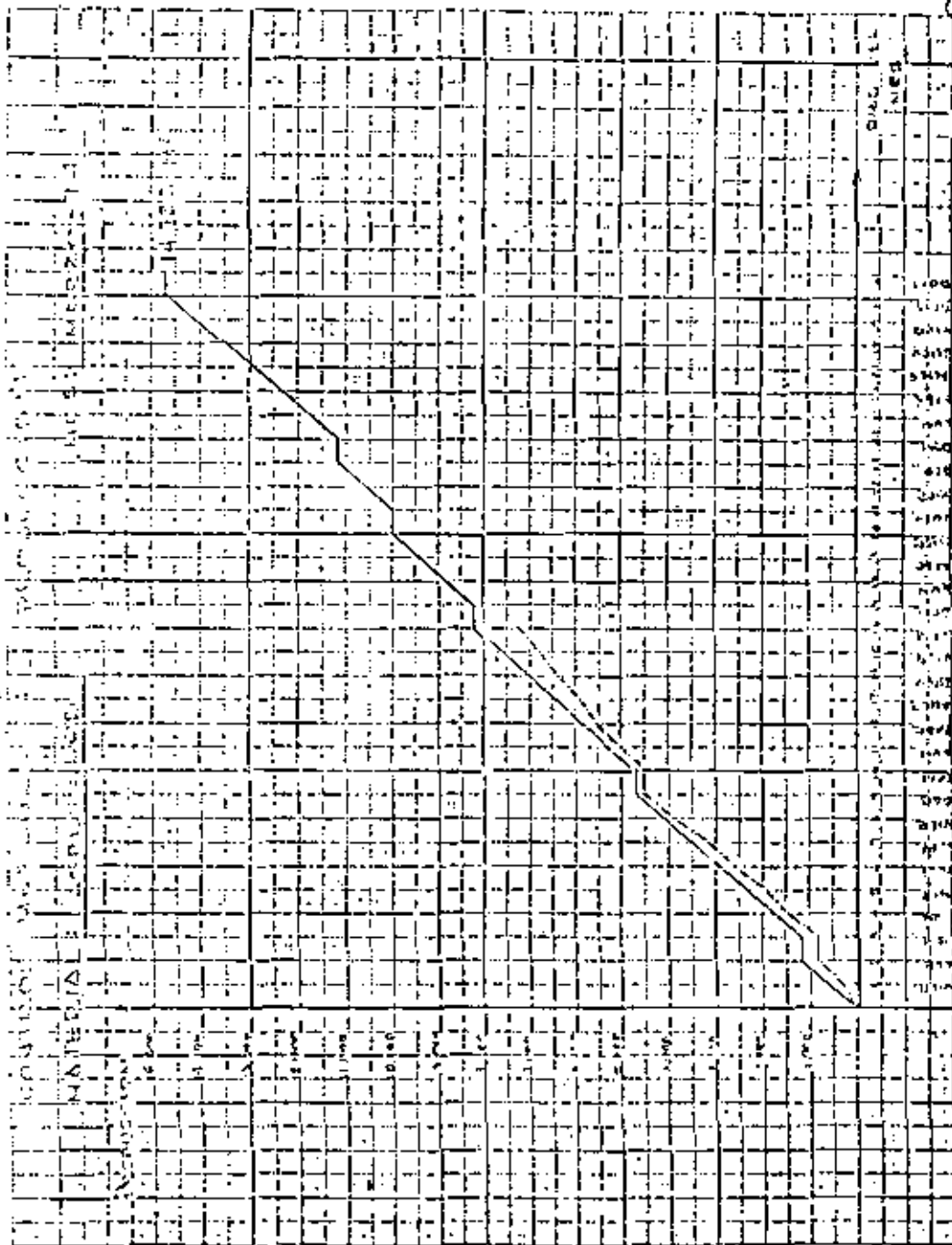
$$P_h = \frac{81.72 \text{ ton/hr.}}{1.5 \text{ ton/m}^3} \times 0.70 = 38 \text{ m}^3/\text{hr.}$$

b) MENSUAL :

$$\begin{aligned}
 P_m &= 38 \frac{\text{M}^3}{\text{hr}} \times 15.5 \frac{\text{hr}}{\text{Día}} \times 25 \frac{\text{Día}}{\text{mes}} \\
 &= 14725 \text{ M}^3/\text{mes}
 \end{aligned}$$

c) DIARIA :

$$P_d = \frac{14725 \text{ M}^3/\text{mes}}{25 \text{ Día/mes}} = 589 \text{ M}^3/\text{día}$$



(29)

INFORME DE PRODUCCION SEMANAL

(30)

INFORME DIARIO DE PRODUCCION DE AGREGADOS

OBRA : 28

FECHA: VIER. -15-III-74

TIEMPO TEORICO OPERACION : 15:30 HRS.

TIEMPO REAL DE OPERACION : 7:20 HRS.

NUMERO DE DEMORAS : 6

EFICIENCIA : 47.5 %

PRODUCCION REAL : 400 M³

CAUSA DE DEMORAS	HORAS PERDIDAS	% EFIC. PERDIDA
FALTA DE MATERIAL	0:30	3.2 %
PIEDRAS ATORADAS	2:00	12.9
REPARACION PLANTA LUZ	1:10	7.5
REPARACION TRIPLE	1:30	9.7
SOLDANDO MALLA	1:10	7.5
FALTA ENERGIA ELECT.	0:35	3.7
REPARACION CRIBA	0:40	4.3
FALTA DE MATERIAL	0:35	3.7
TOTAL	8:10	52.5 %

OBRA : 28

PERIODO DEL : 11-III-74 AL 16-III-74

PRODUCCION ESPERADA : 3534 M³PRODUCCION OBTENIDA : 2600 M³

EFICIENCIA : 51.2 %

DIAS	PRODUCCION EN M ³	% EFICIENCIA
LUNES	600 M ³	59.0 %
MARTES	525	62.0
MIERCOLES	300	35.5
JUEVES	225	50.2
VIERNES	400	47.4
SABADOS	450	53.1
TOTAL	2600 M ³	51.2 %

31

CAUSA DE DEMORES	% HRS. PERDIDAS
FALTA DE MATERIAL	2.1
PIEDRAS ATORAZAS	23.1
REPARACION PLANTA DE LUZ	5.2
REPARACION TRIPLE	6.1
SOLDANDO MALLA	5.2
FALTA ENERGIA ELECT	1.4
REPARACION CRIBA	1.8
REPARACION VIBRADOR	3.5
REPARACION MOTOR	0.4
	47.8



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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS
APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

ING. ROBERTO LEON RENDON

2

JUNIO, 1984

TECNICAS DE ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS APLICADAS A LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

1. INTRODUCCION

Ing. José Castro Orvañanos
Jefe del Area de Construcción - U.A.M. Azcapotzalco.

El motivo por el cual se decidió presentar este trabajo fue la observación de que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos han sido empleadas con bastante éxito en la industria manufacturera y, en cambio, su aplicación en la industria de la construcción ha sido casi ignorada por completo.

Estas técnicas consisten en analizar la forma de realizar - las operaciones rutinarias para llevar a cabo una determinada tarea, con el objeto de encontrar una manera más fácil, económica y segura de llevarlas a cabo. Tratan de optimizar la efectividad de cada esfuerzo que se lleva a cabo. Toman como premisas de su aplicación:

1. "Cada peso ahorrado incrementa la ganancia o disminuye la pérdida".
2. "Siempre hay una mejor manera de hacer las cosas, una - óptima solución que no estamos aplicando".

Ventajas resultantes de su aplicación:

1. No se pasan por alto puntos importantes.
2. Al analizar cada actividad, aislandola de los problemas cotidianos, es posible descubrir una mejor forma de realizarla.

El análisis de tiempos y movimientos se ha usado poco en la construcción, a pesar de la gran importancia de esta actividad, por los siguientes argumentos:

- a) Cada obra es diferente
- b) El personal no es de planta
- c) Las actividades no son repetitivas
- d) Las actividades duran poco

Además de lo anterior existe la tendencia en el constructor de responsabilizar al maestro de obra de la ejecución, dirección y selección de procedimientos, atribuyéndole una "gran habilidad" organizadora y planificadora.

Por otro lado, si tenemos presente que un 75% a 85% de todas las actividades de una obra consisten en el manejo y movimiento de materiales, y que observadores de la implementación de estas técnicas sostienen que los ahorros derivados de estos estudios se estiman conservadoramente en 8 a 10 veces el costo de su aplicación, puede concluirse que es indispensable aplicar estas técnicas en la industria de la construcción.

II. EL ELEMENTO HUMANO

El éxito de la aplicación de las técnicas de análisis de tiempos y movimientos en la industria de la construcción, depende en gran parte de la colaboración que presta el personal, por lo que es aconsejable involucrarlo en su aplicación, motivarlo lo más posible y hacerlo participe en la toma de decisiones, incrementando con esto su interés en aumentar la productividad.

Por lo anterior se comprende que es de sumo interés no desanimarlo, ni que pierda su iniciativa e imaginación.

Se recomienda para lograr involucrar al personal en la aplicación de estas técnicas, las reuniones informales en grupo, dirigidas por el encargado de estos estudios, acompañadas de exhibiciones de material fotográfico, procurando la participación espontánea y sincera de los asistentes y tratando de explotar la máxima: "Hágalo usted mismo". Los principales beneficios derivados de reuniones de este tipo son:

1. La creatividad e inventiva, generadas a través de la emulación mutua, la aportación de la experiencia de los participantes y la crítica constructiva.
2. La "psicología de la participación": la gente se considera como autora del nuevo método desarrollado, lo que conduce a una mayor cooperación y entusiasmo de los que interverán en la aplicación del nuevo plan de trabajo.

El principal obstáculo que se interpone en la realización de algún cambio es el problema humano ya que, en general, la gente es renuente al cambio. La principal causa de esto es el temor a la pérdida del prestigio, al fracaso, etc. -- La mejor forma de superarlo es el buen conocimiento y entendimiento de las cosas.

Es común el uso ineficiente de la mano de obra. Esto se debe a la mala o nula comunicación que se tiene con los obreros: las órdenes no son claras y específicas, ni tampoco -- se les indica la mejor manera de hacer las cosas.

Para tratar de descubrir una mejor manera de realizar las cosas se necesita además de tener una mente abierta al cam-

bio, en espíritu de creatividad y una posición contraria al conformismo, al tradicionalismo, a la timidez y a la suficiencia. Es necesario tener presente que no se deben cambiar las formas de realización de las cosas sólo por cambiarlas, sino por mejorarlas.

Es aconsejable que este tipo de estudios sean realizados -- directamente por ingenieros jóvenes, porque:

1. Aunque generalmente tienen poca experiencia, tienen la mente abierta al cambio y deseos de considerar y valorar -- las ideas y sugerencias nuevas.

2. Como los estudios son siempre supervisados por superintendente de obra y el departamento de costos, es una excelente oportunidad para el ingeniero joven el tener a la mano un acervo de experiencia de problemas de obra, de costos de procedimientos de construcción, etc.

III. PASOS PARA PODER DESARROLLAR ESTAS TÉCNICAS

1. Registro de cómo se lleva a cabo el ciclo que se está -- estudiando, enmarcado dentro de las condiciones generales -- de la obra. Este registro se puede realizar mediante:

- a) Observación visual
- b) Estudios con cronómetro
- c) Películas con fotografías tomadas a intervalos iguales (time-lapse-photograph)
- d) Tomas con televisión (video-tape)

2. Analizar cada detalle del ciclo estudiado usando:

- a) Deliberación analítica
- b) Diagrama de flujo de proceso
- c) Estudios de balance de cuadrillas
- d) Cortillas de procesamiento

3. "Descubrimiento" de nuevos métodos de ejecución, con ayuda de las siguientes herramientas:

- a) Hacer las seis preguntas básicas para cada detalle:

- QUE se propone (objetivo)
- POR QUE se hace de esa manera
- CUANDO es el mejor momento de realizarla
- DONDE es el mejor lugar para hacerla
- COMO es la mejor manera de realizarla
- QUIEN es el más calificado para llevarla a cabo

b) Evaluar el lugar donde se lleva a cabo la obra, los recursos usados, herramientas, equipo y materiales, el flujo de los materiales y las condiciones de seguridad.

c) Discusiones en mesas redondas con gente que participe directamente en la ejecución de la obra

d) Solicitar ideas de gerentes, superintendentes, maestros de obra, etc.

4. Desarrollo del mejor método:

a) Con un claro entendimiento del objetivo deseado, eliminar detalles no necesarios; reasignar recursos, simplificar procedimientos, etc., para hacer las cosas más fáciles, rápidas y económicas.

b) Escribir una versión detallada del nuevo método propuesto

c) Vender el nuevo método al patrón, superintendente, maestro, trabajadores, etc.

5. Implantación del nuevo método:

a) Una vez aceptado, ponerlo en práctica de inmediato.

b) No dejar de poner atención en la ejecución del nuevo método para comprobar que se han aprendido hasta los pequeños detalles.

c) Dar crédito y reconocimiento a quien se lo merece.

IV. REGISTRO DE ACTIVIDADES

Las conclusiones de los estudios deben hacerse basadas en los hechos observados y no en los "deducidos".

1. Estudios con cronómetro

Ventajas Los más baratos y más rápidos de realizar en el campo. Útiles cuando es uno o muy pocos los elementos observados.

Limitaciones.

a) Siempre existe un error acumulativo, cada vez que el cronómetro se para, se lee y se vuelve a echar a andar (el error es más importante mientras más cortas sean las duraciones de las actividades observadas)

b) El observador decide el momento de tomar lecturas, cuándo empieza y cuando termina una cierta actividad, o en qué instante separar dos actividades o ciclos. Esto puede ser grave cuando el estudio lo realiza más de un observador, cosa que es necesario en obras grandes.

c) Es bastante largo, lo que puede originar un cambio de las condiciones de la obra y con ello, una falsedad en la información recabada. Por ejemplo, para registrar una actividad que involucre 10 elementos (hombres, máquinas, etc.), se requerirá de la observación de: 10 elementos X 5 observaciones/elemento = 50 ciclos.

Es probable que las condiciones hayan variado considerablemente entre la 1a. observación y la 50a.

d) El estudio se limita a lo estrictamente observado, por lo que resulta incompleto, especialmente en lo relacionado con la interdependencia de las actividades.

e) Debido al volumen de información que el observador debe ir anotando un muy poco tiempo, es usual que descuide su objetivo y la precisión en los datos tomados. Para contrarrestar esto es recomendable dedicar un tiempo del observador exclusivamente a ver los trabajos, sin tomar ninguna nota, para que nazca el criterio de sus observaciones en función de las condiciones en las que realmente se está llevando a cabo el trabajo.

f) Al darse cuenta los obreros de la realización de este estudio, adoptan una posición distinta a la normal. Esto es debido a que los trabajadores se sienten considerados -- como simples máquinas, a quienes se trata de explotar al máximo, consideran que los estudios se hacen con el objeto de bajar el monto de los destajos que se les están pagando, etc.

2. Estudios con fotografías tomadas a intervalos constantes de tiempo (time-lapse photography).

Ventajas.

a). Relativamente barato: un rollo de 100 pies dura 3 h 10 m, con foto cada 3 seg. (40 fotos/pie)

b). Capaz de tomar nota de varias actividades de un gran número de componentes a la vez.

c). Capaz de tomar nota de la interrelación de los componentes.

d). Es una colección de observaciones permanentes y de fácil comprensión.

e). Los supervisores y maestros de obra pueden estudiar y mejorar su trabajo con la sola visualización de la película.

f). Las fotografías pueden servir para fines de enseñanza, descripciones de algún problema o estudios de seguridad.

g). Descubre muchos vicios o trabajos innecesarios que se hacen por rutina y pasan desapercibidos normalmente, o a --

VII. CONCLUSIONES

Se piensa que las técnicas de análisis de tiempos y movimientos tienen un gran valor en el medio de la construcción, no sólo por su carácter formativo, sino también por los resultados que pueden obtenerse a través de su aplicación.

BIBLIOGRAFIA:

- 1.- Parker W. Henry, Oglesby H. Clarkson, Methods Improvement for Construction Managers Mc Graw-Hill S.C. 1972.
- 2.- Parker W. Henry, "Methods Improvement Techniques for - Construction and Public Works Managers", Stanford University Department of Civil Engineering, Technical Report N. 51 1965
- 3.- Nave J. Henry. "Construction Personnel Management", - Journal of the Construction Division ASCE. Enero 1968
- 4.- Mc. Nally E. Harold "Labor Productivity in the Construction Industry", Journal of the Construction Division ASCE. Sept. 67
- 5.- Schader R. Charles. "Motivation of Construction Craftsmen", Journal of the Construction Division ASCE. September 1972.
- 6.- Reynaud S.C. "The Site as the Workshop of the Industry" Building Technology and Management. Diciembre 1971
- 7.- Gillham M. John. "A Contractor's view of factors affecting Site productivity". Building Technology and Management. Abril-1972
- 8.- Sprinkle B. Howard. "Analysis of Time-Lapse Construction Films". Journal of Construction Division ASCE. Septiembre-1972.
- 9.- Fonjahl W. John. "Photographic Analysis for Construction Operations". Journal of the Construction Division ASCE Mayo-1960
10. Shihama Akiyuki. "Video Time Study", Industrial Engineering. Febrero-1975
11. Halpin W. Daniel, R. W. Woodhead, Design of Construction and Process Operation. J. Wiley and Sons, - 1976

analizar la eficiencia o rendimiento de los recursos usados)

Es importante tratar de tener siempre las cuadrillas balanceadas, porque al cambiar ciertas condiciones (entregas de material, nuevos o más elementos disponibles, más eficiencia individual de algunos trabajadores, etc.) éstas se pueden desbalancear.

Es necesario, al construir las barras, indentificar el % de cada tipo de actividad o tiempo ocioso con un determinado calor o acurado. Figuras 1 y 2

2) Diagrama de flujo

Para su elaboración se usa la simbología convenida por la ASME (American Society of Mechanical Engineers) que aparece a continuación:

<u>Símbolos Usados</u>	<u>Nombre</u>	<u>Resultados</u>	
○	Operación	Producción	Generalmente las más
⇒	Transporte	Movimientos	costosas en construcción
□	Inspección	Verificación	
D	Retardos	Interferencia, almacenamiento provisional	
△	Almacenamiento		

Los métodos mencionados son más útiles cuando se aplican simultáneamente y sin olvidar las 6 preguntas a las que antes hicimos alusión:

¿Qué, por qué, cuándo, cómo, dónde y quién?

Para ilustrar los métodos de análisis descritos se muestra un ejemplo que consiste en el habilitado de madera para su uso en un túnel, propuesto por el Prof. Henry W. Parker (2) Fig. 1 y 2

VI. MODELOS DINÁMICOS

Es posible también analizar actividades cíclicas de construcción, utilizando las herramientas que nos proporciona la Ingeniería de Sistemas, como puede ser la simulación de modo los dinámicos en los que se utilizan los principios de la Teoría de Colas.

Como ejemplo interesante del empleo de estas técnicas vale la pena mencionar el estudio que se realizó para la construcción del "Teachtree Center Plaza Hotel" cuya estructura de concreto, la más alta del mundo destinada a hotel, se levantó en Atlanta, Georgia.

los cuales no se les da la importancia que realmente tienen.

h) Los datos observados son irrefutables; la gente en ocasiones no quiere cambiar sus procedimientos tradicionales, alegando que los estudios no tienen validez por estar basados en observaciones equivocadas. Con este procedimiento aceptan los cambios al ver el estudio fotográfico y en ocasiones sugieren ellos mismos mejoras importantes y con ello se vuelven colaboradores del sistema

1) Archivo de experiencias obtenidas en distintas obras.

Equipo

A) Cámara de cine con solenoide, dispositivo para fijar la frecuencia de las fotografías (límax), fuente de energía y trípode.

b) proyector con contador de fotografías y velocidad de proyección regulable, para adelante y en reversa.

3. Estudios con video-tape

Esta en desarrollo el equipo para su aplicación a la construcción.

Es recomendable que no se re-use la cinta magnética, porque se pierden experiencias pasadas.

Tiene la ventaja sobre la fotografía de que la información tomada en el campo puede analizarse de inmediato, sin tener que esperar al revelado del material filmado. En resumen, podría asignársele a esta forma de recolección de datos, las mismas ventajas que las correspondientes a los estudios con time-lapse.

V. MÉTODOS DE ANALISIS

Los sistemas de análisis gráficos constituyen un método de registro y de comunicación.

Los más útiles y usados en construcción son los diagramas de:

1) Balace de cuadrillas (Crow blanca chart)

Es un conjunto de barras verticales que parten de un mismo eje horizontal, construidas a escala y expresadas en el tiempo del ciclo. En cada barra se expresan las actividades que desarrolla un solo elemento del grupo estudiado, (máquina u hombre), incluyendo en ellas el tiempo improductivo u ocioso, por lo que la inter-relación de cada uno de los recursos usados puede apreciarse al comparar las diversas barras a lo largo de una línea horizontal. De su observación se advierte, en muchos casos, algún cambio en la manera de realizar las cosas o de integrar más eficientemente una cuadrilla (Es importante hacer notar que con este estudio no se puede

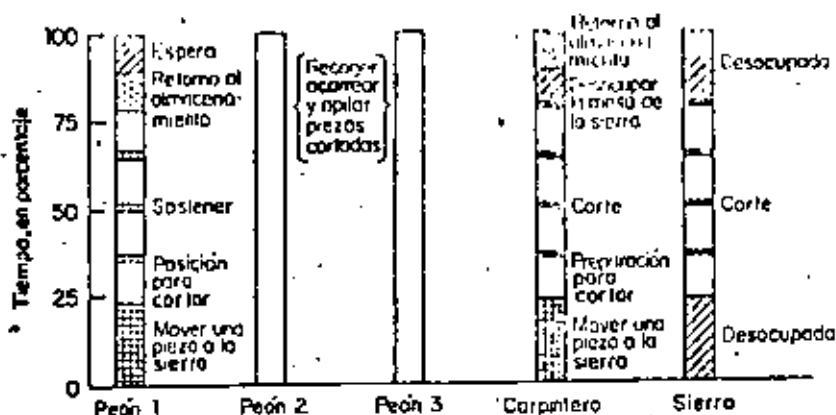


Diagrama de balance de recursos

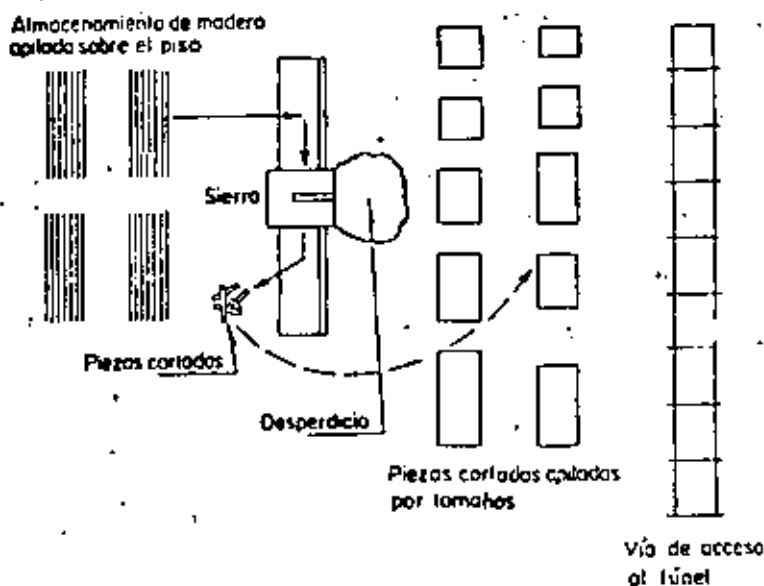


Diagrama de flujo

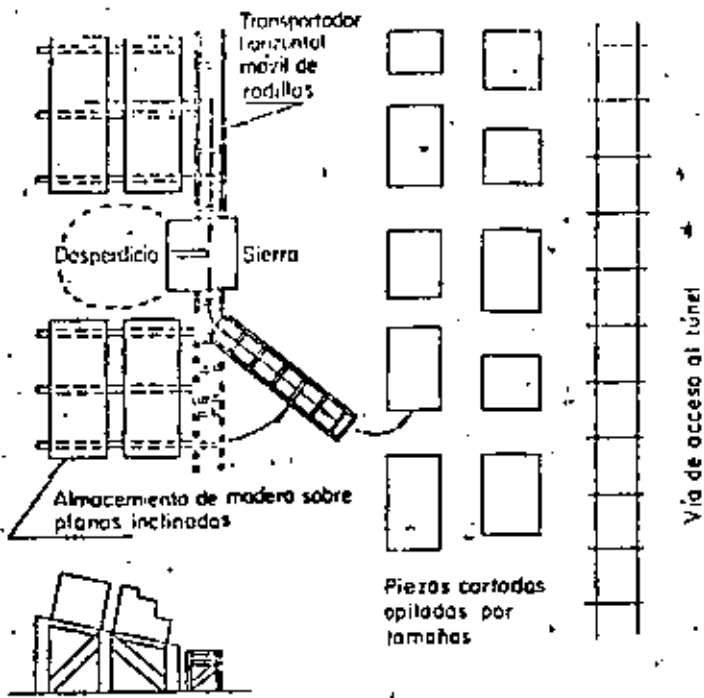


Diagrama de flujo

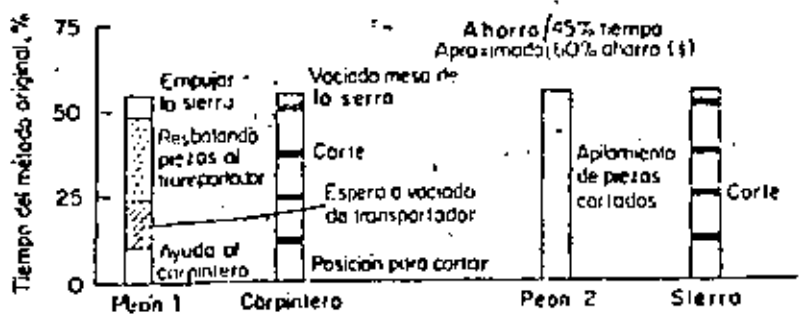
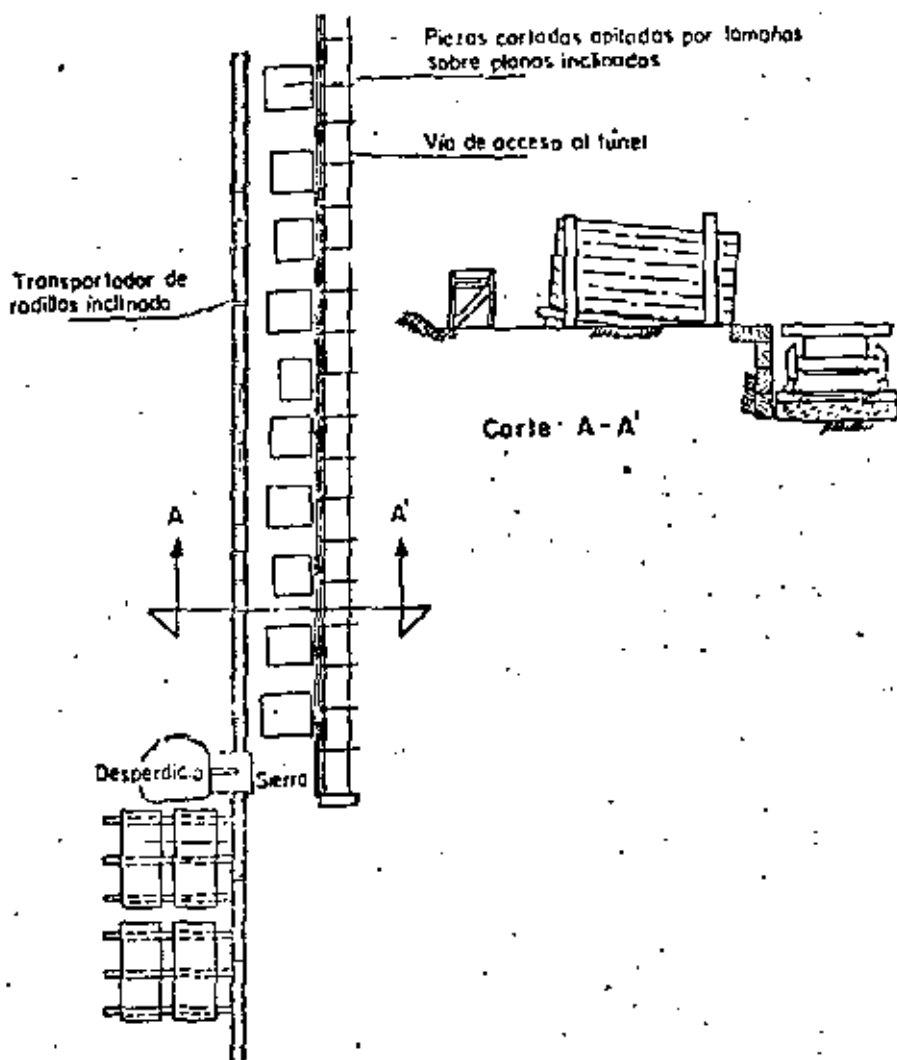


Diagrama de balance de recursos





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

MOVIMIENTO DE TIERRAS: EXCAVACIONES Y TERRACERIAS

**ADELANTOS EN LA TECNOLOGIA DE LOS EXPLOSIVOS
(ANEXO)**

JUNIO, 1984

Adelantos en la tecnología de los explosivos

por Stanley L. Lippincott, hijo

Desde que se inventó la dinamita, los explosivos y sus usos han estado en constante evolución. Con la introducción de los geles de agua, los explosivos presentan ventajas en su flexibilidad y en la reducción de los peligros de su empleo.

LA PÓLVORA negra, el primer explosivo completo en sí, causó en su día una revolución en la minería y en los trabajos de cantera. Cuando apareció la dinamita de nitroglicerina hace aproximadamente un siglo, desplazó rápidamente a la pólvora negra, ya que proporcionaba mayor energía para un peso determinado, velocidad mucho mayor para quebrar mejor las rocas y resistencia al agua para el fácil empleo en su presencia.

Durante los últimos 50 años, el nitrato de amonio ha desempeñado un papel cada vez más importante en los explosivos. Se usó primeramente como ingrediente de la dinamita y, luego, como componente principal de los agentes de voladura de nitrocarbonitrato. Hace aproximadamente un cuarto de siglo, comenzó a emplearse en una sencilla y económica mezcla con el fuel oil (NAFO) que ha constituido una revolución en la industria de los explosivos y que, hoy día, cu-

bre aproximadamente el 80% de las necesidades estadounidenses de explosivos y el grueso de las necesidades en todo el mundo.

Geles de agua

También se han desarrollado, en el último cuarto de siglo, los explosivos de geles de agua, a base de nitrato de amonio. Contrariamente a la dinamita, los explosivos de geles de agua contienen sensibilizadores distintos de la nitroglicerina, tales como los nitratos de amina, el TNT y el aluminio, así como los agentes de gelificación y otros materiales, para alcanzar su grado de sensibilidad. La mayoría de las dinamitas se basan en la nitroglicerina, que es un explosivo altamente sensible, susceptible a la detona-

ción accidental. Además, la nitroglicerina contenida en la dinamita, ocasiona fuertes cefaleas si se absorbe a través de la piel o se inhala en forma de emanaciones de postvoladura. Tales cefaleas pueden perjudicar seriamente la capacidad de los trabajadores en los túneles y las minas subterráneas.

A diferencia de la mezcla de nitrato de amonio/fuel oil (NAFO), los geles de agua son resistentes al agua y pueden prepararse según fórmulas de elevadas velocidades de detonación. Se hallan disponibles en formas que varían desde las lechadas bombeables, que se gelifican en los agujeros de voladura, hasta los cartuchos de diámetro reducido para la minería subterránea. Algunas son sensibles a las

continúa en la página 52

El Sr. Lippincott es gerente de mercado de la división de operaciones internacionales, de la división de productos explosivos de la Du Pont Company. Pusee más de 25 años de experiencia en todos los aspectos de los explosivos y de la industria de los mismos.

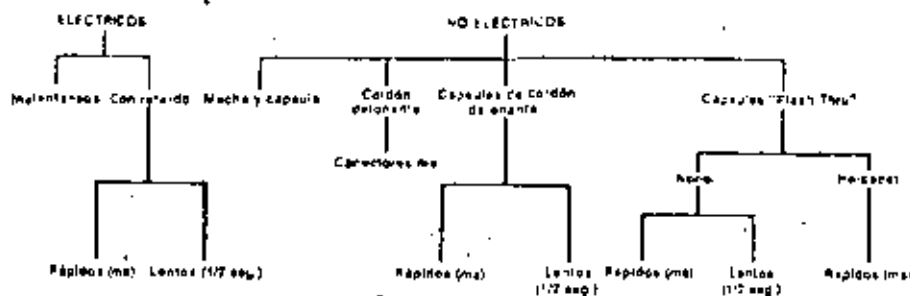


Figura 1. Sistemas de detonación.

2

cápsulas mientras otras exigen cebos de alto poder explosivo, como el TNT, para su detonación. Ya que no contienen nitroglicerina, los geles de agua son, inherentemente, menos peligrosos que la dinamita en su fabricación, transporte, manipulación y empleo. Debido a su flexibilidad y reducidos peligros, ha declinado el empleo de la dinamita.

Sistema de iniciación

Los sistemas de iniciación han evolucionado junto con los explosivos (figura 1). El método tradicional de cápsula y mecha ha sido desplazado, en gran medida, por sistemas más seguros, más flexibles, eléctricos y no eléctricos, que permiten demoras de milisegundos (ms) entre las detonaciones en los agujeros de voladura, para quebrar mejor las rocas y obtener menor efecto de choque o vibración en el suelo en las cercanías de la voladura. En muchas operaciones, la voladura se propaga por medio de un cordón detonante, que puede emplearse también con dispositivos de demora para mejorar el resultado de la voladura.

Muchos de los nuevos explosivos sin nitroglicerina exigen, para su detonación, cebos de alto poder explosivo. Los cebos pueden hacerse con cápsulas y explosivos encartuchados sensibles a las cápsulas, tales como la dinamita o ciertos geles de agua. Se hallan disponibles reforzadores explosivos fundidos especiales de elevada presión de detonación, en una gama de tipos y tamaños que cumplen el grueso de las necesidades de los usuarios. Con dichos cebos, la facilidad de empleo y la certeza de obtener detonaciones de alta calidad, constituyen ventajas importantes para el usuario de los explosivos.

Los sistemas no eléctricos que se hallan disponibles actualmente,

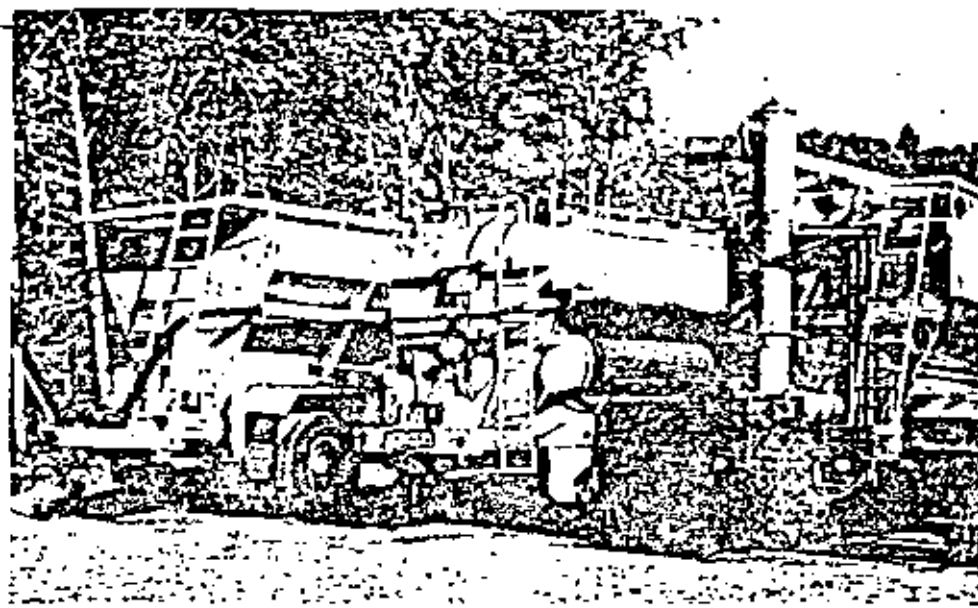


Figura 2. Estos camiones están provistos de equipos para mezclar nitrato de amonio y fuel oil para producir NAFO en un sitio de voladura y para transportarlo directamente a los agujeros de voladura.

emplean cordón o tubo miniatura detonante que contiene un explosivo que transmite el impulso detonador a las cargas. Los sistemas actuales gozan de cierto éxito y se están desarrollando otros.

La ventaja principal de los sistemas no eléctricos es la mayor ausencia de peligros, ya que existe menor peligro de iniciación prematura debida a la electricidad estática o a las corrientes eléctricas parásitas que podrían hallarse bajo tierra y en la superficie. Sus inconvenientes son la fragilidad, su mayor costo y la imposibilidad de verificar su continuidad. Con los sistemas eléctricos, la verificación de los valores correctos de resistencia y de la continuidad de los circuitos es práctica normal que ayuda a asegurar que estén conectadas todas las cargas.

Usos subterráneos

Los adelantos en la tecnología de los explosivos han tenido un efecto considerable sobre las operaciones en las minas, las canteras y la construcción. Por ejem-

plo, en la minería subterránea y en la construcción de túneles, los adelantos en los explosivos han incluido las aplicaciones de los geles de agua y del NAFO. En ciertos casos, estos materiales ahora se cargan neumáticamente desde camiones de gran capacidad, con gran velocidad y eficiencia.

El método de carga neumática no sólo es rápido, ya que se mueve una manguera, en lugar de un camión, desde un agujero de voladura al otro, sino que también ayuda a garantizar que se llenen de explosivo los agujeros de voladura. Es importante que los agujeros estén llenos, ya que entonces el explosivo puede comunicar su máxima energía a la roca. Cuando se empleen los explosivos encartuchados, deben apisonarse cuidadosamente para lograr un grado uniforme de densidad de carga.

Todos los explosivos comerciales producen humo y emanaciones al detonar. En la industria de los explosivos, se define el humo como un elemento compuesto de materias no tóxicas tales como el

continúa en la página 66

anhídrido carbónico, el nitrógeno y el vapor de agua. Las emanaciones se definen como gases tóxicos, como el monóxido de carbono y los dióxidos de nitrógeno. Dado que los gases y el humo producidos por la detonación pueden ser menos ofensivos con los geles de agua y el NAFO que con la dinamita, el trabajo suele poder reanudarse más rápidamente después de una voladura de lo que era posible con la dinamita. Las condiciones de operación ejercen una influencia preponderante sobre los tipos de gases que se producen. Una fórmula pobre del producto, el cebado inadecuado, la falta de resistencia al agua, la falta de encierro y otros factores, podrán aumentar el volumen de las emanaciones.

Para proteger contra las explosiones secundarias causadas por la interacción de los gases y las emanaciones con el metano y el polvo en las minas subterráneas de carbón, se fabrica una clase especial "permisible" de explosivos. Los permisibles son dinamitas de fórmulas especiales y geles de agua que producen relativamente poca llama, reduciendo así al mínimo la posibilidad de encender el gas o el polvo al usarse de modo permisible. Han sido aprobados para el uso subterráneo por la Oficina de Minas del gobierno estadounidense.

Usos en la superficie

En las minas de superficie y en las canteras se emplea ampliamente el NAFO, sobre todo porque es relativamente barato y eficaz. Se emplea el gel de agua o la dinamita cuando existe agua. En ciertos casos en que los agujeros estén parcialmente llenos de agua, se cargan de explosivo resistente al agua hasta la parte superior del agua, llenándose el resto con NAFO.

En las operaciones de superficie
continúa en la página 70

Propiedades de los explosivos

Velocidad de detonación:

La velocidad, en m/seg., a la cual una onda de detonación recorre una columna de explosivo. Esta velocidad deberá ser igual a, o exceder ligeramente, la velocidad del sonido a través del material a volar. La velocidad es un parámetro importante que se emplea para calcular la presión de detonación de un explosivo. Resulta afectada por el tipo de producto, el diámetro, la confinación, la temperatura y el grado de cebado.

Densidad:

El peso por unidad de volumen o peso específico, que suele expresarse en gramos por cm³. El patrón es el agua, de una densidad de 1 g/cm³; la gama de la mayoría de los explosivos comerciales es de 0,8 a 1,6 g/cm³. Es importante en la determinación del diseño óptimo de la voladura. La densidad de un explosivo determina si se hundirá en el agua y cuántos kilogramos podrán cargarse por metro de agujero perforado.

Presión de detonación:

La presión, medida en kilobares, en la zona de choque por delante de la zona de reacción. Suelen usarse valores calculados de esta presión. La presión de detonación de un cebo, que es proporcional a la densidad multiplicada por la velocidad de detonación elevada al cuadrado, deberá exceder la presión de detonación del material cebado.

Energía:

Una medida del potencial de fragmentación o movimiento de materiales de los explosivos; sirve de orientación para la formulación de nuevos explosivos.

Fuerza:

Suele considerarse como la capacidad de trabajo útil de un explosivo. Se asocia erróneamente con marcas de resistencia de cartucho.

Resistencia al agua:

La cantidad de horas durante las cuales puede hallarse cargado un explosivo en agua y aún detonar. Este tiempo resulta afectado por la profundidad del agua y por el estado de movimiento o de reposo de la misma.

Sensibilidad:

Medida del mínimo de energía, presión o potencia que se necesita para la iniciación. En la industria de los explosivos, suele expresarse en términos de la actividad de la cápsula; cuanto más alto el número, mayor su actividad (por ejemplo, podrá lograrse la iniciación con una cápsula N°6; la norma de la industria es el ensayo de sensibilidad con cápsula N°8).

Grado de sensibilidad:

Es una medida de la capacidad de propagación de cartucho a cartucho de un explosivo bajo ciertas condiciones de ensayo. Se expresa como la distancia a través del aire a la cual un semicartucho cebado (donante) detonará un semicartucho sin cebar (receptor).

Emanaciones:

Gases tóxicos, tales como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno, resultantes de la detonación de todos los explosivos. La exposición del personal puede producir efectos perjudiciales. (Nota del redactor: Véase, en el texto, la descripción de los componentes no tóxicos de los explosivos.)

Inflamabilidad:

La facilidad con que puede encenderse un explosivo o un agente de voladura, por medio de la llama o el calor.

Fuente: *Blaster's Handbook* (Manual del encargado de voladuras), E. I. du Pont de Nemours & Co., © 1977.

4

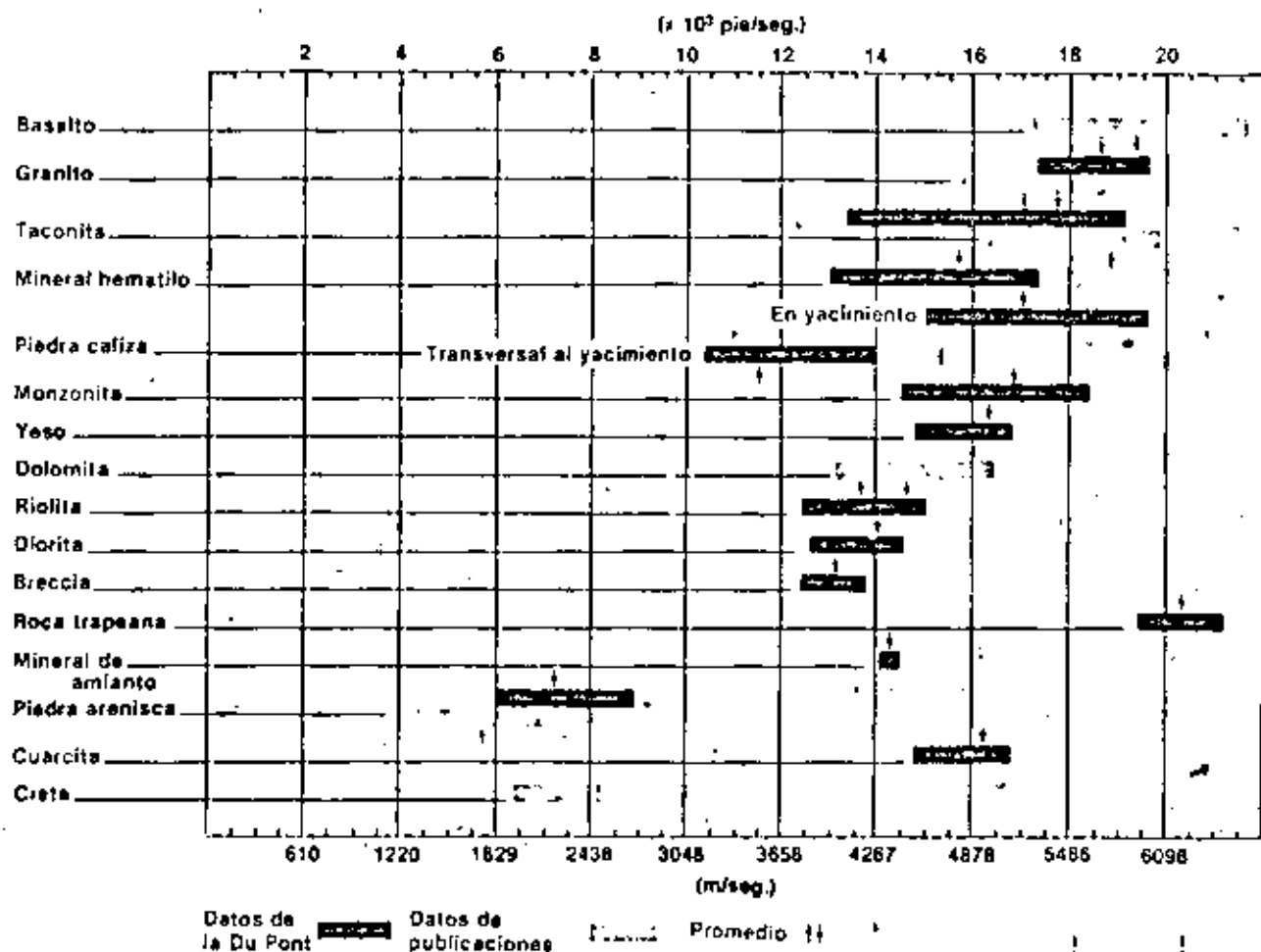


Figura 3. Velocidad sónica en la roca.

en gran escala, pueden emplearse sistemas de entrega por camiones mezcladores para el NAFO y los geles de agua. Con los camiones mezcladores, el explosivo se mezcla en el sitio de uso y se vierte o

bombea al interior de los agujeros de voladura, siendo un proceso rápido y eficiente. Por ejemplo, se están empleando los camiones mezcladores en grandes canchales y obras de construcción en Hong

FORMULAS QUIMICAS TIPICAS

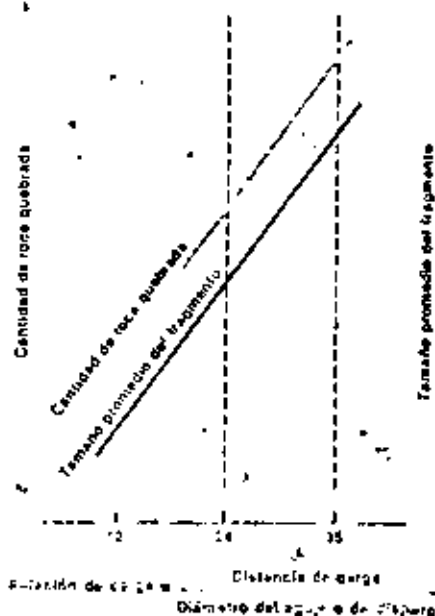
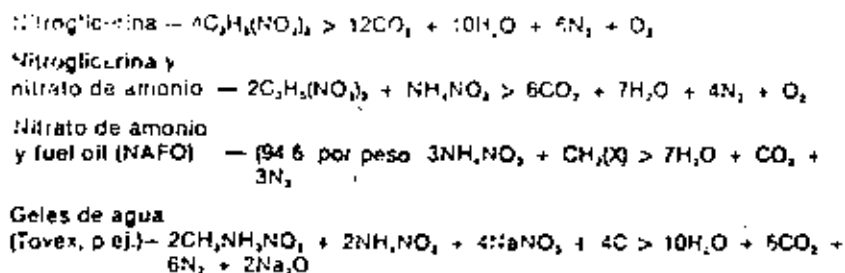


Figura 4. La mayoría de las voladuras de cara abierta se efectúan con relaciones de carga de 24 a 35 veces el diámetro del agujero. Para una primera aproximación de dimensión de carga, elijase una relación de aproximadamente 28 a 30 veces el diámetro. El espaciado sería entonces de 1,5 a 2,0 veces la carga.

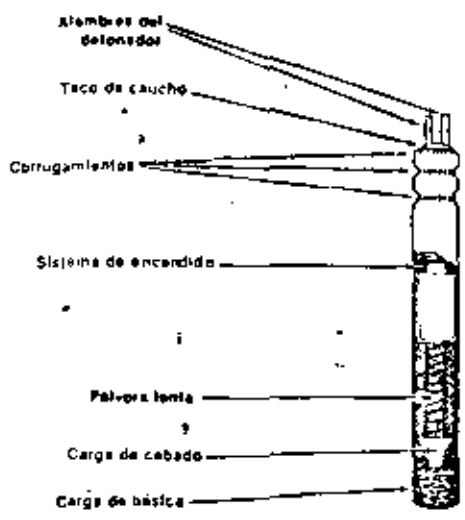


Figura 5a. Una cápsula eléctrica típica de voladura de milisegundos de retardo.

Kong. Al igual que en la carga mecánica para el trabajo subterráneo, estos métodos rinden voladuras más satisfactorias ya que llenan completamente el agujero, permitiendo que los gases explosivos en expansión actúen directamente contra las paredes de los agujeros perforados.

En las operaciones en que se empleen más de 44.000 kg de NAFO por año, suele poder usarse económicamente un sistema a granel para la carga, que incluye un recipiente de almacenamiento para el nitrato de amonio y un camión. Tales camiones están equipados para mezclar el fuel oil y el nitrato de amonio a medida que se cargan en el sitio de la voladura (figura 2). Se han obtenido los mejores resultados con municiones de nitrato de amonio de grado explosivo, que difieren físicamente de las municiones de tipo agrícola empleadas como fertilizante. Para lograr resultados óptimos con el NAFO, son sumamente beneficiosos los servicios de un proveedor de explo-

sivos con experiencia en la selección de los materiales y la definición de las mezclas.

Diseño de la voladura

Otro campo tecnológicamente

adelantado de las voladuras de superficie, es la ciencia del diseño de las voladuras para lograr una producción eficiente. Los factores a considerar incluyen la geología, la profundidad y el diámetro de los agujeros, el espacio entre agujeros,

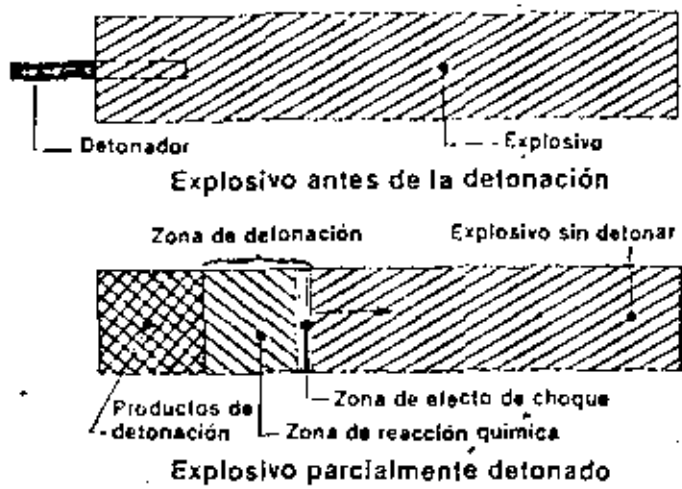


Figura 5b. Progreso de la detonación a través de una columna de explosivo.

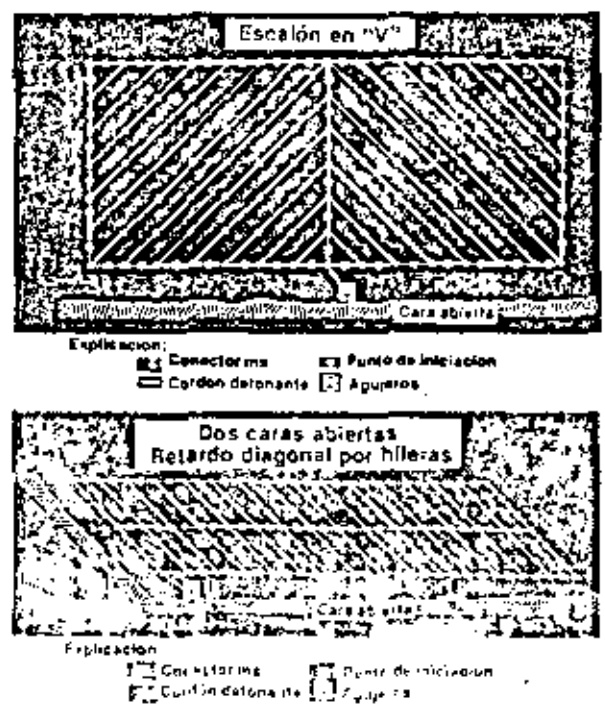


Figura 5c. Estos cuadros de voladura se diseñan con retardos para hacer que la roca más próxima a la(s) cara(s) abierta(s) salga primero, de tal lugar para la rotura efectiva de la roca más cercana de la cara.

la densidad y el tipo de los explosivos, las demoras entre agujeros, las propiedades del material volado y la gama de tamaños que se desea para el material volado*.

La geología del material a quebrar es, evidentemente, el factor más importante de planificación de una voladura (figura 3). Una formación altamente estratificada exigirá menos energía de los explosivos para su rotura que una formación monolítica. La energía se controla mediante el tamaño de los agujeros y los espacios entre los mismos y por el tipo de explosivo. Si se necesitara mucha energía, los agujeros deberán hallarse más próximos entre sí y los diámetros podrán ser mayores para que cada uno contenga más explosivo. Podrá usarse además un explosivo más potente, para obtener mayor energía.

El grado de fragmentación que se requiere en el producto final también es un factor principal determinante del diseño de una voladura. Si el tamaño final deseado fuera relativamente pequeño, podrán ayudar a su obtención el explosivo adicional y la mayor cantidad de agujeros (figura 4). No todas las operaciones exigen la fragmentación más pequeña posible.

Los agujeros perforados se disparan a intervalos de tiempo sumamente reducidos, del orden de 0,025 de segundo, de modo que disparen primero los agujeros más cercanos a la cara libre de la formación, despidiendo suficiente masa de roca quebrada para dejar espacios abiertos para los agujeros de disparo posterior. Sin una disposición correcta de los milisegundos de retardo no se obtendrá una quebradura óptima.

Los retardos proporcionan además, una eficiente utilización de la energía explosiva con un mínimo de rocas voladoras y la reducción de los efectos de choque y de vibra-

ción que se transmiten a las zonas circundantes. Los retardos en las voladuras se obtienen por medio de conectores de retardo de milisegundos con cordón detonante o de cápsulas eléctricas de voladura de retardos en milisegundos con elementos de retardo armados en su interior (figuras 5a y 5b). La voladura deberá proyectarse y diseñarse de modo que el disparo de los primeros agujeros no pueda cortar los cordones ni separar los alambres antes de la iniciación de las cápsulas o de los conectores de los agujeros subsiguientes. Podrá emplearse una máquina secuencial de voladura para ampliar las gamas de demoras de que dispone el encargado de la voladura, la que manda una serie precisa de impulsos eléctricos de tiempo controlado, separados sólo por milisegundos.

Los especialistas en voladuras, adiestrados y con experiencia, muchos de ellos empleados de los proveedores de explosivos, pueden sugerir cuadros de diseño de voladuras para lograr los resultados deseados con la mayor economía general (figura 6). En tales diseños, el costo de los explosivos es sólo uno de los factores, siendo la consideración principal el costo total de producción. Por ejemplo, un diseño en el que se emplee un explosivo de costo menor, que produzca rocas de tamaño indeseable por lo grande, que necesiten extensas voladuras secundarias para quebrarlas al tamaño correcto, podría no ser tan económico como un diseño en que se emplearan explosivos más costosos para producir directamente los tamaños deseados sin voladura secundaria.

Voladuras en la construcción

Las voladuras en la construcción son similares a las de la minería de superficie y de las canteras, pero

podrán ser menores los diámetros de los agujeros y el tamaño de las voladuras, y las operaciones más probablemente se hallen cerca de zonas habitadas. Resultan por lo tanto, sumamente beneficiosas las aplicaciones de las técnicas de voladura por retardo, ya que reducen los niveles de vibración que se extienden más allá del sitio de la voladura. La mayoría de los proveedores de explosivos podrán ofrecer orientación sobre la reducción de la vibración.

Suele emplearse en la construcción el precorte, un método de voladura que produce una cara lisa en la excavación. Requiere la perforación de muchos agujeros de voladura de pequeño diámetro con centros separados de 60 a 122 cm a lo largo del perímetro de la zona a excavar. Estos agujeros, que típicamente se cargan ligeramente con columnas continuas de explosivo encartuchado, se disparan antes de volarse la excavación principal adyacente a ellos. Se agrieta el material entre los agujeros y hace de cojín de la superficie final contra la voladura principal de excavación.

Continúan evolucionando los explosivos y la tecnología de su empleo. En los últimos años se han producido cambios importantes, muchos de los cuales han beneficiado al usuario de explosivos haciendo que sus operaciones sean más productivas y relativamente más económicas. No cabe duda de que continuarán los cambios. □

*Para obtener más información sobre diseños de voladuras, véase el artículo publicado en el número de DESARROLLO NACIONAL correspondiente a abril de 1979.

NOTA DE LA REDACCION: Para obtener información más específica, sírvase dirigir las consultas al autor, al cuidado de DESARROLLO NACIONAL, P.O. Box 5017, Westport, Connecticut 06880, E. U. A.