

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA  
GEOLOGICA MINERAY METALURGIA**



**TRANSPORTE DE MINERAL  
EMPLEANDO CAMIONES DE  
GRAN TONELAJE**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO DE MINAS**

**ERNESTO DIAZ LETURIA**

**PROMOCION 1977**

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

QUE CON SUS SACRIFI -  
CIOS Y SABIOS CONSE -  
JOS HACIA MI PERSONA,  
SUPIERON ENCAMINARME  
POR EL CAMINO DEL ES -  
TUDIO Y DE ESTA MANE -  
RA CONCLUIR MIS ASPI -  
RACIONES ANHELADAS.

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco, por su colaboración desinteresada en la elaboración de ésta tesis al Ing. Jorge Díaz A., al Sr. Félix Watson A. y a los ingenieros Máximo Romero R. y Luis Gonzales C. por su asesoría y de esta manera obtener una culminación adecuada de la tesis.

I N D I C E

	Pág.
Dedicatoria .....	I
Agradecimiento .....	II
Indice .....	III
Objetivo y alcance .....	1
Introducción .....	2
Capítulo I .....	3
Roseña Histórica y evolución de los camiones	3
I.1.1 Aparición y evolución de los camiones .....	3
I.2 Los camiones de 100 Toneladas de capacidad traen ruedas eléctricas .....	4
I.3.7 Ventajas y desventajas en el uso de camiones de descarga posterior y de descarga por el fondo .....	5
I.4 Crecimiento de los camiones en el futuro ...	10
I.5 Limitaciones al crecimiento de los camiones	10
I.6 Rol futuro de los camiones de acarreo .....	11
Capítulo II .....	14
Motores y Transmisiones .....	14
II.1 Motores Diesel de alta velocidad .....	14
II.2 Motores Diesel de baja velocidad tipo locomo tora .....	18
II.3 Turbina de gas - uso futuro .....	18
II.4 Transmisiones: Mecánica Vs. Eléctrica .....	18
II.5 Graduabilidad en grados adversos .....	21
II.6 Graduabilidad en grados favorables .....	22
II.7 Utilización del Horsepower .....	23
II.8 Ventajas y desventajas en el uso de Trolley	23
Capítulo III .....	27
Llantas frenos y suspensiones .....	27
III.1 Las llantas en la minería .....	27
III.2 Factores fundamentales que influyen en la vi da de la llanta .....	28
III.3 Estimación de la vida de la llanta .....	29
III.4 El conocer los diferentes tipos de llantas hace posible una efectiva selección de éstas	31



## IV

		Pág.
III.5	Selección adecuada = Vida mas larga .....	33
III.6	Criterios para una selección óptima de llanta .....	36
III.7	Definición de Tonelada Milla por Hora .....	36
III.8	Relación asociativa entre llanta y aro(T&R)	41
III.9	Beneficio de las llantas radiales .....	41
III.10	Acción de frenado .....	42
III.11	Retardo dinámico .....	42
III.12	Frenos de servicio .....	43
III.13	Frenos de estacionamiento .....	43
III.14	Sistemas de suspensión .....	43
III.15	Diseño de carrocerías de camiones .....	44
III.16	Diseño de carrocerías de vagones de descarga por el fondo .....	44
III.17	Armazones - Chasis .....	45
III.18	Accesorios adicionales para un mejor rendimiento del camión .....	45
	Capítulo IV .....	47
	Cálculo de la flota de camiones necesaria	47
IV.1	Evaluación de tiempos por ciclo de camión	49
	IV.1.1 Excavadoras ó palas de poder .....	50
	IV.1.2 Dragas .....	52
	IV.1.3 Cargadores frontales .....	53
	IV.1.4 Retroexcavadoras .....	54
	IV.1.5 Excavadoras - Tolva .....	54
	IV.1.6 Zanjadoras .....	54
IV.2	Consideraciones esenciales de tiempos de viaje .....	56
	IV.2.1 Resistencia al rodamiento .....	57
	IV.2.2 Resistencia a la gradiente .....	58
	IV.2.3 Graduabilidad - Tracción .....	59
	IV.2.4 Efecto de la altura en el rendimiento del motor .....	63
IV.3	Cálculo del tiempo promedio por ciclo .....	64
	IV.3.1 Productividad .....	64
	IV.3.2 Factores de velocidad .....	66
	IV.3.3 Otras consideraciones de tiempo que	

	Pág.
influyen en el tiempo del ciclo de acarreo .....	66
IV.3.4 Cálculo de la flota requerida de ca miones .....	80
Capítulo V .....	85
Parámetros de operación y capital para camio nes .....	85
V.1 Análisis del costo de capital .....	85
V.2 Beneficios del alquiler .....	89
V.3 Costos de Operación .....	90
V.4 Medida indirecta de los factores de costo ..	95
Capítulo VI .....	107
Servicio y Mantenimiento .....	107
VI.1 Mejora de la productividad de los camiones	107
VI.2 Principios técnicos para el buen mantenimien to .....	109
VI.3 Planeamiento y Programación de mantenimiento	112
VI.4 Diseño de las facilidades de mantenimiento	135
VI.5 Protección de llantas .....	136
VI.5.1 Posibilidades de las cadenas protec toras de llantas .....	136
VI.5.2 Protección de bandas .....	137
VI.5.3 Diversas construcciones de las cade nas .....	138
VI.5.4 Características de una buena protec tora .....	141
VI.6 Manipuleo de llantas no-carreteras; sistema Mantis .....	143
VI.7 Prácticas impropias de mantenimiento .....	146
VI.8 Reemplazamiento de equipo .....	147
CONCLUSIONES .....	148
SUGERENCIAS .....	152
APENDICE I .....	154
APENDICE II .....	157
APENDICE III .....	160
APENDICE IV .....	161
BIBLIOGRAFIA .....	162

## OBJETIVO Y ALCANCE

Un camión de gran tonelaje óno-carretero, es definido como uno que es demasiado grande, demasiado largo, demasiado ancho y demasiado pesado para ser usado en carreteras públicas, siendo su uso limitado a los perfiles de acarreo y accesos al tajo.

El propósito de lo que se desarrolla en esta tesis es dar a conocer la variedad de este tipo de camiones, cómo funcionan, su impacto económico en los costos de minado, las tendencias futuras de lo que probablemente sean y cómo se podría obtener una mejor performance.

Se dedica un capítulo especial al mantenimiento y servicio de este tipo de camiones, por ser éstos, factores muy importantes en el costo total de operación y como resultado en ~~la~~ marcha económica de la industria.

## INTRODUCCION

La presente tesis titulada "Transporto de mineral empleando camiones de gran tonelaje"; está centralizada en el minado superficial.

El método de acarreo más popular en el minado superficial es el de camiones, debido a su gran movilidad, flexibilidad - pudiéndoseles destinar a diferentes puntos de carguío y de descarga en el momento de la operación - su habilidad de vencer pendientes altas y su adaptabilidad a las condiciones de trabajo de los diferentes tajos.

En cuanto a selección de equipo, una de las decisiones mas importantes es la selección y cálculo del tipo y tamaño de la flota de camiones; siendo este punto, factor importantísimo para una eficaz producción que se ajuste a los planeamientos de minado.

## CAPITULO I

### INSEÑA HISTORICA Y EVOLUCION DE LOS CAMIONES

Una industria con gran demanda por mayores y más eficientes camiones, con sus supuestas economías de escala, está bien establecida. Algunos camiones a menudo son comprados fuera de las especificaciones técnicas ofrecidas en los catálogos. Con un camión individual costando varios cientos de dólares, hay una tendencia siempre creciente a conseguir un camión para una aplicación específica. El cuerpo está diseñado de acuerdo al material a transportar; el motor y la transmisión se ajustarán al perfil de acarreo; y las llantas serán diseñadas de acuerdo a las condiciones de la carretera y requerimientos de trabajo.

#### I.1.- APARICION Y EVOLUCION DE LOS CAMIONES.

Los camiones no-carreteros fueron introducidos durante los años 30 y los primeros modelos acarreaban cerca de 15 toneladas.

Los camiones no-carreteros que habían sido desarrollados una década anterior, fueron una selección natural para acarrear mineral a la concentradora y el estéril al botadero. Con una abundante fuente de combustible barato, y con un alto grado de maniobrabilidad y flexibilidad.

Con la industria minera estableciendo una demanda, resultaron muchos cambios en el diseño del camión, pero no todos fueron aceptados debido a:

- a) Malos diseños y
- b) Falta de visión y decisión para ca italizarlos.

Hacia mediados de 1,950, se introdujo en los camiones un tandem de ruedas propulsoras. El tamaño máximo alcanzó 60 toneladas de capacidad, pero fue necesario dotarlo de un doble tren de potencia. A fines de 1,950, fue introducido un camión de un solo eje propulsor con una base de rueda más corta y que favoreció la relación de potencia a carga.

Durante los últimos 15 años, los fabricantes de camiones han alcanzado considerables progresos.

Hoy día, los camiones que transportan más de 200 toneladas de carga son completamente operacionales y aún mayores podrían estar no lejanos. Terex en 1,974 presentó un prototipo de ejes en tandem de 350 toneladas. Los mayores obstáculos han sido las transmisiones, los frenos, los neumáticos y los motores.

## I.2.- LOS CAMIONES DE 100 TONELADAS DE CAPACIDAD TRAEN RUEDAS ELECTRICAS.

La barrera de la transmisión fue superada de una manera efectiva por el camión de 100 toneladas, con la introducción de ruedas propulsoras eléctricas. Estas tienen la ventaja de superar costosos, complicados y pesados mecanismos de transmisión; y permiten que el motor propulsor de tracción sea mecánicamente independiente de la fuente de poder. Este tipo de ruedas también ayudó a resolver los problemas de frenado en acarreo cuesta abajo, permitiendo el uso del freno dinámico en el cual los motores propulsores de tracción son convertidos en generadores y la energía creada es disipada como calor.

A comienzos de 1,960 se introducen motores diesel de alta velocidad - 700 a 1,000 H.P. - junto con las ruedas eléctricas, marcando el desarrollo del camión de 100 toneladas. A mediados de 1,960 se desarrolla el motor diesel de 1,600 H.P. y con él, el camión de 150 toneladas. Desde allí fue solo un pequeño paso para el empleo de motores de 2,000 H.P. de locomotoras y el camión de 200 toneladas.

### I.3.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE CAMIONES DE DESCARGA POSTERIOR Y DE DESCARGA POR EL FONDO.

A) Un camión convencional de descarga posterior, tiene la tolva montada sobre el chasis del camión, elevada por un sistema de izaje hidráulico. El camión tiene dos o tres ejes, siendo el de dos ejes mucho más común. Los camiones de dos ejes pueden ser propulsados a través de ambos ejes; pero es más común la propulsión por el eje posterior. Normalmente, en los camiones de tres ejes, los ejes posteriores en tandem son propulsores.

Los camiones hasta de 65 toneladas son accionados por motores diesel, con transmisiones de cambios de velocidad de poder y convertidores de torque.

Los sistemas de suspensión son de ballestas, colchón de aire, o colchón de caucho controlado.

Desde 65 a 100 toneladas, la potencia diesel puede ser transmitida a las ruedas propulsoras por medios mecánicos ó eléctricos.

En el nivel de 65 toneladas, la propulsión de ruedas eléctricas aparentemente puede competir solo en pits profundos donde el mantenimiento de camiones mecánicos es extraordinariamente alto.

Los camiones que exceden las 100 toneladas de capacidad son todos accionados por trenes de potencia diésel eléctrico.

E) Un camión de descarga por el fondo es del tipo tractor trailer, y su uso se debe a que el material no puede ser convenientemente vaciado a través del chasis de un camión de descarga posterior.

Los trailers tienen un eje simple o doble posterior. La parte frontal del trailer es diseñado para acoplarse al tractor, y cerca de la mitad de su peso es soportado por el tractor. Esta disposición maximiza la distancia libre entre el tractor y las ruedas del trailer, permitiendo la mayor posibilidad de abertura de puerta para la descarga por el fondo. Los camiones de descarga por el fondo pueden ser usados para descargar materiales en el terreno, como montones, ó en tolvas para posterior manipuleo.

Con la carga transportada sobre el camión las restricciones de altura y longitud de las cajas son eliminadas. La configuración puede ser usualmente más baja, y la única restricción en longitud está dada por la resistencia de los materiales usados en la construcción. Esta libertad para el dimensionamiento es particularmente valiosa cuando se transporta material relativamente ligero, tal como el carbón. El tractor en el sistema tractor-trailer de descarga por el fondo, es usualmente usado para transportar de 50% a 100% más carga de la que es llevada por la configuración equivalente de un camión de descarga posterior. Comparado a un camión de descarga posterior, el peso de uno de descarga por el fondo está distribuido sobre más ruedas, reduciendo de esta manera la carga sobre los neumáticos, y haciendo el sistema más conveniente para acarreos largos y planos.



CAMIONES CATERPILLAR:

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS</u> <u>EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
769B	Caterpillar	22.0	35
773	Caterpillar	30.6	50
777	Caterpillar-mecánico	47.5	85

CAMIONES TEREX:

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS</u> <u>EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
33-05	Allison	18.1	26
33-07	Allison	25.3	40
33-11	Allison	44.1	80
33-15	Allison	85.0	150
33-19	Allison	150.0	350

CAMIONES MACK:

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS</u> <u>EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
M-25X	Allison	16.0	25
M-32SXC	Maxitorque	(°)	(°)
M-35AX	Allison	23.0	35
M-45SX	Allison	28.0	45
M-50AX	Allison	32.0	50
M-65BX	Allison	42.0	65
M-75ASX	Allison	44.0	75
- Tractor-trailer:			
M-50AXT120EDT	Allison	132.0	120

(°) solo chasis.

CAMIONES UNIT RIG "ELECTRA-HAULS"

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
M-85	G.E.	57.0	85
M-100	G.E.	66.0	100
M-120.15	G.E.	78.0	120
M-120.17	G.E.	86.0	120
Mark 30	G.E.	84.0	130
Mark 33	G.E.	88.0	150
mark 36	G.E.	93.0	170
M-200	E.M.D.	110.0	200
<b>- Tractor-trailer:</b>			
FD-180	G.E.	204.0	180

Nota: Los Unit Rig de tracción eléctrica opcional están disponibles en todos los modelos.

WABCO HAULPAK

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
35-C	Allison	23.0	35
50	allison	30.8	50
75B	Allison	44.0	75
85C	Allison	57.0	85
85C-CB	Allison	74.5	85
120C	G.E.	66.0	100-130
150CH	Westinghouse	70-101	130-170
170C	G.E.	79-101	150-170
3200B	G.E.	100-160	hasta 235
<b>- Tractor-trailer:</b>			
35CT	Allison	( <sup>c</sup> )	( <sup>o</sup> )
50T	Allison	( <sup>c</sup> )	( <sup>c</sup> )
75B-120CT	Allison	132	120

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
75B-120RBT	Allison	72	120
150CT	Allison	172	150

(°) El vagón del trailer es manufacturado por Athey Products Co.

LINEA EUCLID:

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISION</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
R-35	Allison	23.3	35
R-50	Allison	33.3	50
R-50(perfil bajo)	Allison	28.8	50
R-75	Allison	45.6	75
R-105	Allison	60.0	105
R-170	Eléctrica		170
R-210	Eléctrica	112.0	210
- Tractor-trailer:			
B-63	allison	42.0	63
D-70	Allison	47.0	70
B-100	Allison	60.0	100
CH-100	Allison°	113.0	100
B-110	allison	67.0	110
CH-120	Allison°	136.0	110

(°) También es utilizable con transmisión de potencia Twin Disc.

LÍNEA INTERNACIONAL "PAY":

<u>MODELO</u>	<u>TRANSMISIÓN</u>	<u>CAPACIDAD AL RAS EN YARDAS CUBICAS</u>	<u>TONS. CORTAS</u>
330	International	24.0	36
340	International	26.6	40
350	International	33.3	50

I.4.- CRECIMIENTO DE LOS CAMIONES EN EL FUTURO.

Durante los últimos 15 años se han logrado grandes desarrollos en la industria de camiones no-carreteros. La introducción de motores turbo-cargadores en los años cincuenta hizo posible incrementar el tamaño de los camiones de 35 toneladas que eran usados. Con neumáticos más grandes, y la introducción de las ruedas propulsoras eléctricas permitieron el desarrollo de camiones de 100 toneladas. Durante los años sesenta, camiones de 150 y 200 toneladas surgieron en virtud de la serie 149 de motores General Motors y los motores tipo locomotora de baja velocidad. Camiones aún más grandes están sobre los tableros de diseño, y algunos ya son probados en diferentes minas.

I.5.- LIMITACIONES AL CRECIMIENTO DE LOS CAMIONES.

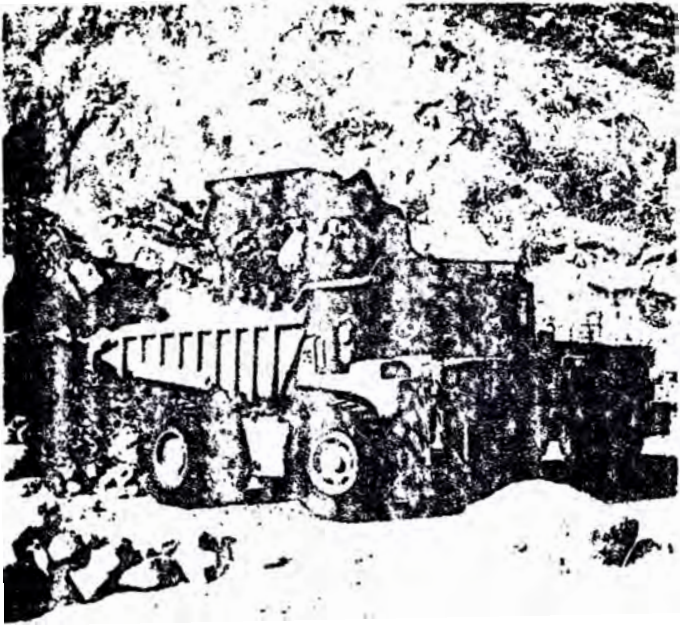
El primer objetivo, como siempre, es minimizar los costos por tonelada transportada, lo cual se obtiene consiguiendo costos más bajos con camiones más grandes.

Los camiones requieren mucha labor, mantenimiento extensivo y relativamente reemplazamiento frecuente. Estos factores todos combinados hacen a los camiones muy sensibles a la inflación. Los motores de los camiones están sujetos al control de contaminación ambiental. Es improbable que cualquier otro medio de locomoción para camiones, que los motores de combustión interna, sean desarrollados en un futuro previsible.

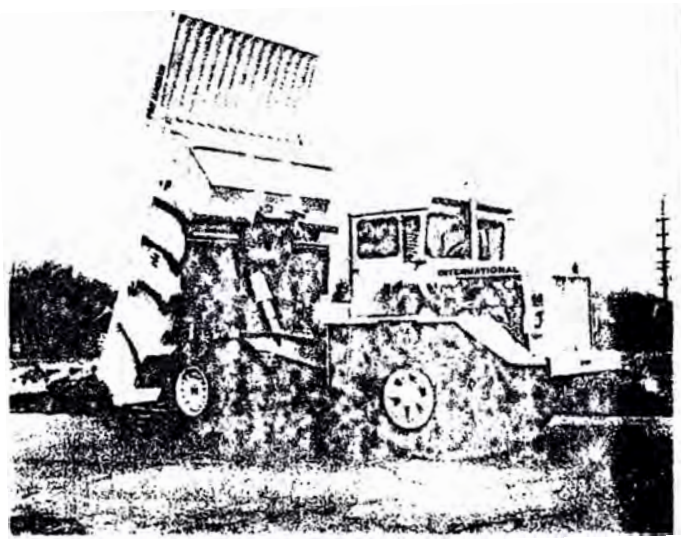
#### I.6.- ROL FUTURO DE LOS CAMIONES DE ACARREO.

El objetivo de esta discusión no es para reemplazar camiones en la mina, sino mas bien presentar la realidad de la situación y comprender las implicancias. Hay muchas situaciones en las minas de ahora donde no hay alternativa razonable para usar camiones. Donde los acarreos son cortos y el material debe ser tomado de varios sitios a diferentes destinos, es difícil concebir tal alternativa. Por la misma razón, hay situaciones donde un acarreo permanente, relativamente largo podría ser convertido a un transporte por un medio diferente.

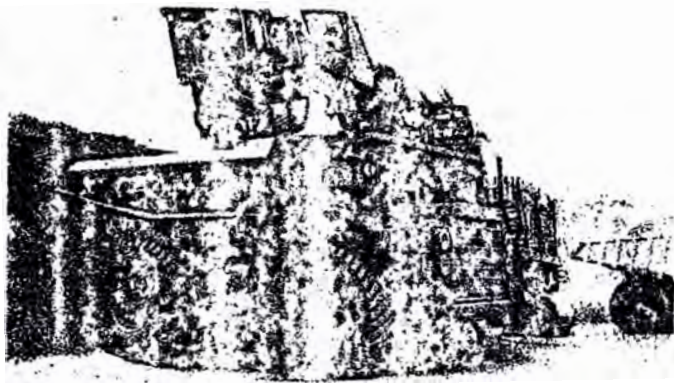
El resultado neto es que los camiones se podría esperar que continuen jugando un papel esencial en el minado superficial. Sin embargo, se presta atención, a cambiar secciones de acarreo por otras formas más económicas de acarreo. Esto podría, por extensión, reducir la demanda por camiones aun más grandes, si las longitudes de acarreo son mantenidas relativamente cortas. Bajo estas condiciones, un camión llevaría más toneladas por hora y pocas unidades serán requeridas.



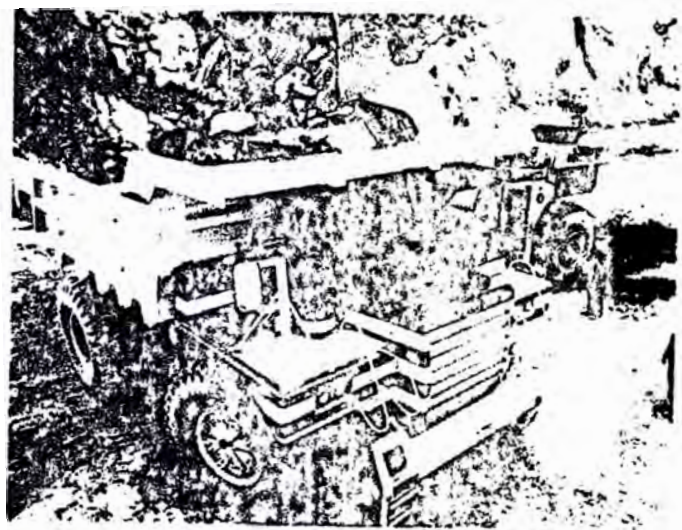
**Caterpillar Off-Highway Fleet**



**International "Pay" Haulers**



**Euclid Hauler Lineup**

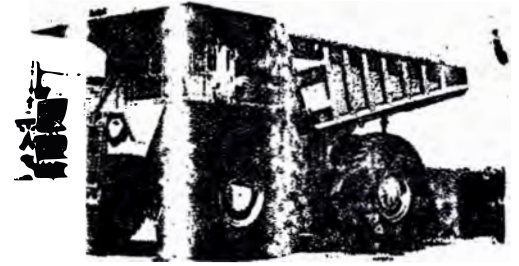


**Mack Trucks**

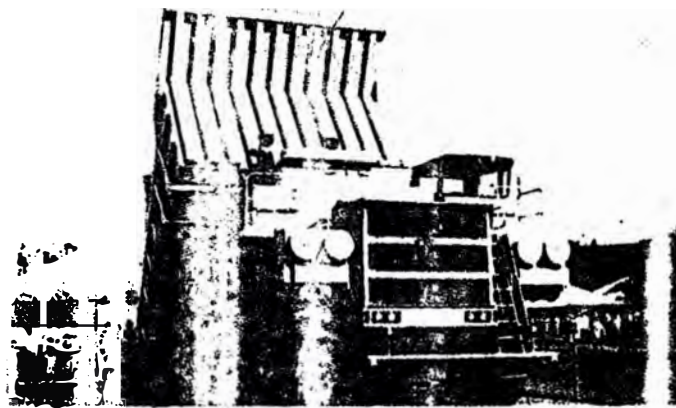




Series Haulers



Wabco "Haulpak" Line



Unit Rig "Lectra-Hauls"

## CAPITULO II

### MOTORES Y TRANSMISIONES

Conjuntamente con las llantas y los sistemas de transmisión, los motores han sido un factor limitante en el desarrollo de los grandes camiones. El problema, primordialmente, ha sido el desarrollo de motores confiables de alto rendimiento que no sean prohibitivamente pesados ó caros.

#### II.1.- MOTORES DIESEL DE ALTA VELOCIDAD.

Estos motores son la potencia motriz de la industria minera y se usan casi exclusivamente, excepto en los camiones muy pesados.

- Los máximos productores de este tipo de motor son:
- Detroit Diesel Allison Division (D.D.A.D.) de la General Motors.
  - Caterpillar Tractor Co.
  - Cummins Engines Co.

La mayor diferencia conceptual entre los fabricantes de motores está en el ciclo de encendido. Detroit Diesel fabrica exclusivamente motores de dos tiempos, mientras los



otros se concentran en motores de cuatro tiempos. El motor de cuatro tiempos puede encender más rápido estando frío, que el de dos tiempos, el cual explota cada dos veces. Consecuentemente los costos de mantenimiento pueden ser menores con el motor de cuatro tiempos. La eficacia del combustible es similar cuando ambos motores trabajan al máximo esfuerzo. Sin embargo, a menos del máximo, el motor de cuatro tiempos es más económico, resultando en un menor costo total de combustible.

La línea de motores a la fecha de los tres máximos competidores se muestra en los siguientes cuadros:

1) DIESELS DE ALTA VELOCIDAD - CATERPILAR.

MODELO	H.P. a r.p.m.	TORQUE MÁXIMO (lb-ft) a r.p.m.	RESO ESP. (lb x H.P.)	OTROS (cilindraje)
1693TA	425 2100	1275 1400	7.9	JWAC, 6 en línea
3408	450 2100	1351 1400	7.2	V-8
D-346	565 2000	1640 1500	11.4	V-8, JWAC
	600 2000	1750 1400	10.7	V-8, SCAC
3412DI-T	650 2100	1950 1200	6.6	V-12, JWAC
PC-TA	750 2100	2155 1500	5.7	V-12, JWAC
D-348	850 2000	2575 1400	8.2	V-12, JWAC
	900 2000	2680 1400	7.8	V-12, SCAC
	990 2000	2600 2000	7.1	V-12, SCAC
D-349	1130 2000	3250 1500	7.8	V-16, JWAC
	1200 2000	3335 1525	7.3	V-16, SCAC

NOTA: JWAC camisa de agua refrigerante,  
 SCAC circuito de refrigeración separado.  
 Todos los motores turbocargados.

2) LINEA CUMMINS DIESEL:

MODELO	H.P. a r.p.m.		TORQUE MAXIMO (lb-ft) a r.p.m.		PESO ESP. OTROS (lb x H.P.)	
<u>Series N-855</u>						
NT-855-C	335	2100	940	1600	8.2	Turbocargador
NTA-855-C	360	2100	990	1500	8.0	Turbocargador
	380	2300	955	1600	7.6	postenfriador
	420	2300	1060	1600	6.8	
<u>Series V-1710</u>						
V-1710-C	500	2100	1300	1550	10.6	
VT-1710-C	635	2100	1760	1550	9.1	Turbocargador
VTA-1710-C	700	2100	1920	1500	8.3	Turbocargador
	800	2100	2200	1550	9.1	postenfriador
<u>Series KT</u>						
KT-1150	450	2100	1350	1500	7.3	Turbocargador <sup>o</sup>
KTA-1150	600	2100	1650	1600	5.3	Turbocargador <sup>o</sup> postenfriador
KT-2300	900	2100	2590	1600	8.9	Turbocargador <sup>o</sup>
KTA-2300	1200	2100	3300	1600	6.8	Turbocargador <sup>o</sup> postenfriador
KTA-3067	1600	2100	4400	1500	6.7	Turbocargador <sup>o</sup> postenfriador

- (<sup>o</sup>) KT-1150 es de 6 cilindros en línea  
 KT-2300 es V-12 (12 cilindros en V)  
 KTA-3067 es V-16 (16 cilindros en V)

3) DETROIT DIESEL ALLISON DIVISION:

MODELO	H.P. a r.p.m.	TORQUE MAXIMO (lb-ft) a r.p.m.	PESO ESP. (lb x H.P.)	OTROS (cilindra.)
<u>Series 71</u>				
12V-71N	475° 2100	1154 1200	7.6	V-12
	425 2100	1200 1600	7.0	V-12
12V-71T	525 2100	1600 1450	NA	V-12, turbo- cargador.
16V-71N	539 2100	1520 1200	8.5	V-16
16V-71N	635 2100	1693 1600	7.2	V-16
16V-71T	700 2100	1930 1600	6.9	V-16, turbo- cargador.
16V-71T1	800 2100	1150 1600	NA	V-16, turbo- cargador, interenfri- ador.
<u>Series 149</u>				
12V-149N	800 1900	1310 1500	10.5	V-12
12V-149T	1000 1900	1915 1400	8.6	V-12, turbo- cargador.
12V-149T1	1200 1900	1445 1600	7.2	V-12, turbo- cargador, interenfri- ador.
16V-149N	1060 1900	1080 1500	10.0	V-16
16V-149T	1325 1900	1880 1400	8.2	V-16, turbo- cargador.
16V-149T1	1600 1900	1595 1600	6.8	V-16, turbo- cargador, interenfri- ador

(°) 60°F al nive. del mar.

## II.2.- MOTORES DIESEL DE BAJA VELOCIDAD TIPO LOCOMOTORA.

Son pesados, de recorrido relativamente lento (900rpm). Recientemente han sido adaptados para utilizarse en los grandes camiones mineros. Estos motores no fueron diseñados para camiones de carga, y la principal desventaja es su peso. Por ejemplo el EMD-645E4 de 12 cilindros y 2475 HP usado en el Wabco 3200, pesa 29,000 lb., resultando un peso específico de 11.7 lb por HP. Si se compara con el promedio de 8 lb por HP de los diesel de alta velocidad, se traduce en un peso extra a cargarse. Una desventaja adicional es el alto costo inicial.

Por otro lado, los diesel de baja velocidad continúan siendo la fuente más viable de poder para los camiones de 200 toneladas y mayores.

## II.3.- TURBINA DE GAS - USO FUTURO.

Las turbinas de gas diseñadas para la industria aeronáutica han sido adaptadas para usarse en camiones no-carreteros. Mientras el costo inicial y consumo de combustible son elevados, las turbinas de gas continúan siendo atractivas desde el punto de vista de producir la máxima potencia para un peso dado. Un motor Solar Saturn de 1100 HP fabricado por la International Harvester pesa 1250 lb, comparado con un motor diesel de 1000 HP que pesa cerca de 9000 lb. También se espera que los costos de mantenimiento sean menores, ya que las turbinas tienen menos partes que el motor recíproco.

## II.4.- TRANSMISIONES: MECANICA Vs. ELECTRICA.

Las transmisiones en camiones no-carreteros caen en dos grandes grupos:

- a) Transmisiones mecánicas y
- b) Transmisiones eléctricas.

El punto de diferencia entre los dos sistemas es el alrededor de 85 toneladas de capacidad. Generalmente, los camiones de transmisión mecánica predominan por debajo de este nivel y los camiones diesel eléctricos, por arriba del mismo.

Las transmisiones de cambios de poder consisten normalmente de un convertidor de torque y juegos de engranajes satélites operados por cambios hidráulicos de velocidad.

Es usual incorporar con las transmisiones de poder un retardador generalmente situado entre el convertidor de impulso rotativo y los juegos de engranajes satélites para dar un retardo efectivo en todos los impulsos de velocidad.

La transmisión de impulso rotativo desarrollada por motores de alta potencia para las ruedas de tracción han sido un gran tropiezo en el desarrollo de los grandes camiones. Mientras más grandes y más potentes fueron introducidos los motores diesel para propósitos de acarreo, el desarrollo de transmisiones mecánicas convencionales y componentes de transmisión relacionadas fueron incapaces de mantener el paso.

El concepto de un motor eléctrico montado dentro del aro de una gran rueda abre un nuevo paso de posibilidades. Trasladar toda la potencia del motor dentro del rimpull efectivo es una aplicación natural para la tracción eléctrica, con su inherente capacidad para situar al motor a punto de uso. Las formalidades de peso y espacio son las más importantes. Un motor de tracción eléctrica puede ser diseñado para encajar dentro de la cavidad del aro y puede ser fijado directamente al armazón del vehículo, de manera que sirva como eje y componente de poder de transmisión.

Básicamente, un sistema de rueda de tracción motorizada consiste de un generador o alternador de corriente directa, un dínamo, dos o cuatro ruedas motorizadas, un ventilador para proporcionar enfriamiento al generador y a las

ruedas, y un equipo de control asociado.

Las configuraciones estandard suministradas por General Eléctric, a través de varios tamaños normales ofrecidos, se dan en la tabla 1.

TABLA 1 - TRANSMISIONES GENERAL ELECTRIC

Carga Útil (tons.)	H.P.	Rueda motorizada	Generador ó alternador princi.
85	1000	2-GE772E/D	GT-603
85	1200	2-GE772E/D	GTA-180
100/120	1000	2-GE-772V	GT-603
100/120	1200	2-GE-772V	GTA-180
150	1200	2-GE776	GTA-18E
150	1600	2-GE776	GTA-150
200-300	2000-3000	4-GE773	GTA-15/GTA-11
200-300	2000-3000	2-GE6378	GTA-11
300-400	4000	4-GE777/4-GE6378	GTA-11

.. fin de minimizar la distancia de acarreo, es esencial maximizar la pendiente de las rampas. De esta manera, no serán raros los sistemas capaces de superar los grados equivalentes del 12% (por decir: pendiente, más resistencia al rodamiento).

La clave para la exitosa implantación de los sistemas de tracción eléctrica es disipación de calor.

La autogeneración de calor es proporcional a la inclinación y longitud de la pendiente y a la resistencia al rodamiento. Ambas pendientes tanto adversa como favorable se involucran, porque en retardo dinámico, empleado en direcciones cuesta abajo, los motores de tracción se convierten en generadores, con sus descargas de energía calorífica.

5.- GRADUABILIDAD EN CASOS ADVERSOS.

La graduabilidad se basa en apreciaciones corrientes de las máquinas rodantes. Cada pendiente requiere una fuerza específica para vencerla, y que está representada como un torque en el eje del motor. Así tenemos que:  $F = ET$  (lb).

$$ET = FBV \times \text{Resistencia total al rodamiento} \dots\dots(1)$$

$$\text{Torque (lb-pie)} = \frac{ET \times \text{Radio de rodamiento (pulg)}}{\text{Relación de engranaje} \times 12 \times \text{Eficiencia de engranaje}} \dots\dots(2)$$

Donde:

F: fuerza requerida en la pendiente.

ET: esfuerzo reactivo (lb).

FBV: peso bruto del vehículo (lb)

Se asume que la eficiencia de engranaje es 0.97 .

$$\text{Resistencia total al rodamiento} = \left( \frac{\% \text{ de inclinación}}{\% \text{ de inclinación}} \right) + \left( \frac{\% \text{ de resistencia al rodamiento}}{\% \text{ de resistencia al rodamiento}} \right)$$

Nota: El torque desarrollado por esta ecuación, es por vehículo y no por motor. La corriente del motor es directamente proporcional al torque (ver fig.2)

Dos clases de regímenes se emplean para limitar la temperatura del motor:

- 1) Régimen de tiempo corto de corriente
- 2) Régimen continuo de corriente ó raíz cuadrada media (RCM).

$$RCM = \sqrt{\frac{\sum (\text{amperios})^2 \times \text{tiempo}}{\sum \text{tiempo}}} \dots\dots\dots(3)$$

Deben considerarse todos los segmentos del acarreo, incluyendo los tiempos de carga y descarga cuando la corriente es cero. El tiempo (seg.) se puede calcular de las curvas de rimpull.

II.6.- GRADUABILIDAD EN GRADOS FAVORABLES.

La fuerza retardante requerida para detener o desacelerar un vehículo en una pendiente favorable está representada como un torque.

El uso de transmisiones eléctricas para el retardo se conoce como retardo dinámico (figs. 3 y 4).

Por ejemplo (ver fig. 4) si un vehículo necesita 30,000 lb. d fuerza retardante para detener la aceleración en una pendiente y entra a tal pendiente a 25 m.p.h., el retardo dinámico proporcionará cerca de 23,000 lb.; el vehículo continuará acelerado aunque los frenos dinámicos estén operando.

Para determinar el amperaje de frenado en una fuerza específica de frenado, es necesario convertir esa fuerza en un torque.

$$\text{Torque retardante} = \frac{\text{Esfuerzo de frenado} \times \text{Radio de rodamiento} \times 0.97}{\text{Relación de engranaje} \times 12} \dots\dots(4)$$

Si se conoce el torque de frenado o retardante, entonces:

$$\text{Amperaje de frenado} = \sqrt{\frac{\text{Torque de frenado} \times \text{r.p.m.} \times 1.1 \times 0.96}{7.04 \times \text{Resistencia de frenado (ohms)}}} \dots\dots(5)$$

La resistencia de frenado puede ser hallada en la curva de frenado empleada. Estos cálculos deben ser realizados usando el torque de frenado de "motor individual".



II.7.- UTILIZACION DEL HORSEPOWER.

Una transmisión eléctrica proporciona el más completo uso del horsepower. Para entender mejor ésto, las siguientes definiciones ayudarán:

- a) Potencia bruta: potencia indicada del motor principal.
- b) Potencia tractiva: potencia indicada del motor principal menos una carga parásita.

Entonces:

$$\begin{aligned} \text{Potencia de rueda} &= \text{Potencia de tracción} \times \text{Eficiencia de transmisión} \\ &= \frac{\text{Esfuerzo tractivo (lb)} \times \text{Velocidad m.p.h.}}{375} \dots\dots(6) \end{aligned}$$

ó

$$\text{Potencia de tracción (salida del generador)} = \frac{\text{Volts} \times \text{Amperios}}{746} \dots\dots(7)$$

Un generador eléctrico presenta una curva característica de potencia como el mostrado en la figura 5.

Para una ilustración del rendimiento del motor de las ruedas, se muestra la figura 6.

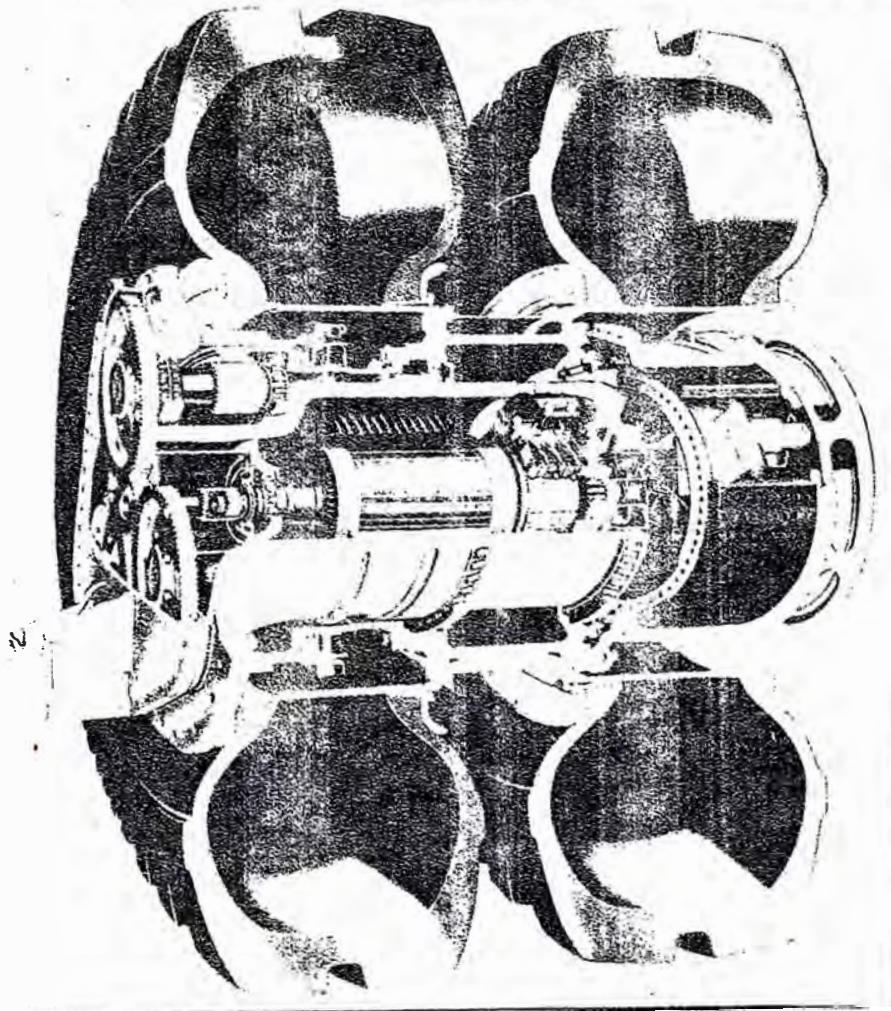
La figura 7 muestra la curva característica de tracción de un alternador GTA-18 comparado con el generador GT-603.

II.8.- VENTAJAS Y DESVENTAJAS EN EL USO DE TROLLEY.

El trolley es un sistema donde el normal impulso útil al motor de tracción, de un camión de ruedas eléctricas, se complementa con una fuente de poder externo. La electricidad se deriva de una línea superior por medio de un cable sobre el camión.

Los sistemas de trolley son adecuados para pendientes adversas de más del 10% con distancias mayores a 10,000 pies. Los camiones deben ser suficientemente anchos para permitir ese alcance, y deberá haber una gran diferencia entre el costo del combustible diesel y la electricidad. El consumo de combustible es proporcional al grado de pendiente, el cual afecta directamente la proporción de ahorro combustible/potencia. Es por eso, el sistema más efectivo en pendientes adversas.

g. 1- La rueda motorizada de General Eléctric está situada dentro del cubo de la llanta. Posee el magneto del motor flexible armazon como el eje de la rueda, todo el peso del vehículo se reduce, permitiendo mayor carga efectiva.



g. 2- El gráfico muestra la relación entre el torque (coeficiente de tracción) del motor y corriente del motor en un -772.

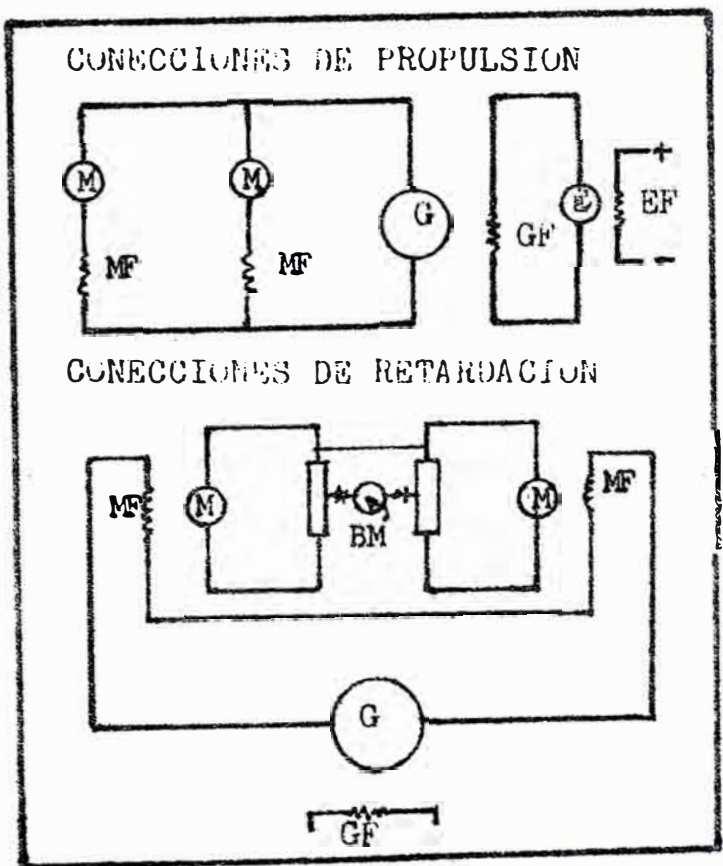
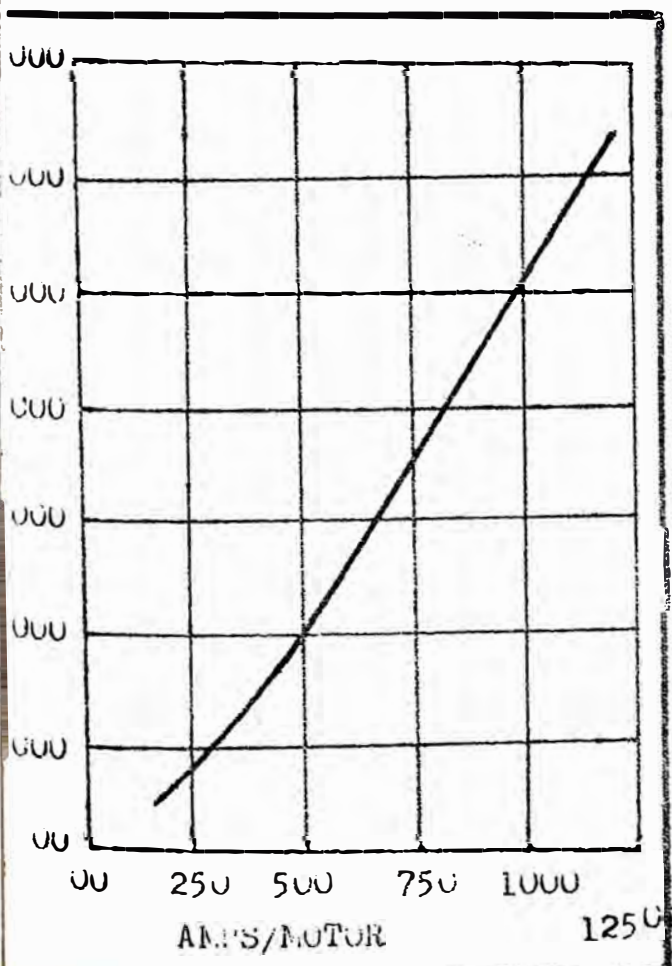


Fig.3 -Confecciones eléctricas para propulsión y retardación.

**EQUIPO DE TRACCION ELECTRICA DE UN VEHICULO DIESEL.**

- 1-Motor Diesel de 1900 r.p.m.
- 1-Generador de energia absorbida para traccion GT-603, de 920 HP
- 2-Ruedas motorizadas (eléctricas) 772
- Razón de engranaje: 28.8
- Tamaño de llanta: 30.00 X 51

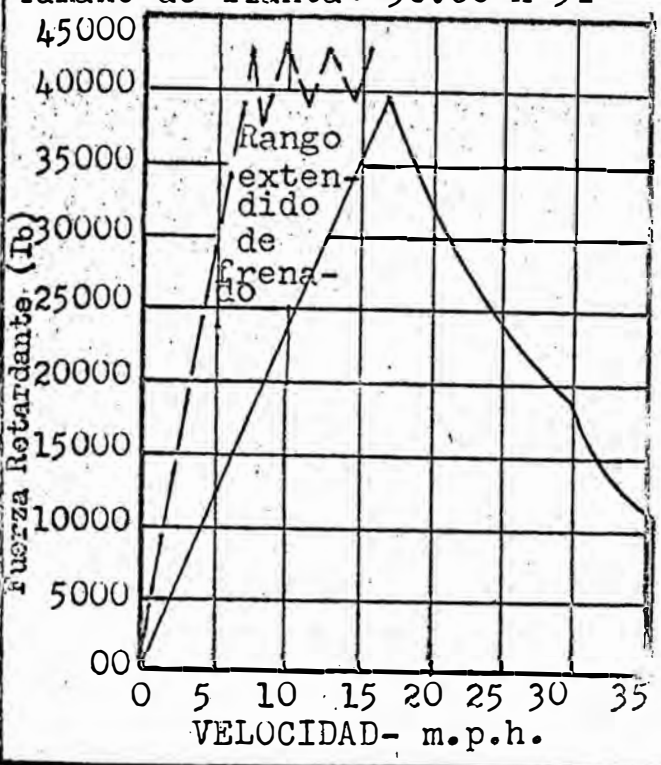


Fig. 4- Características de retarda-  
ción dinámica para una configuración  
dada.

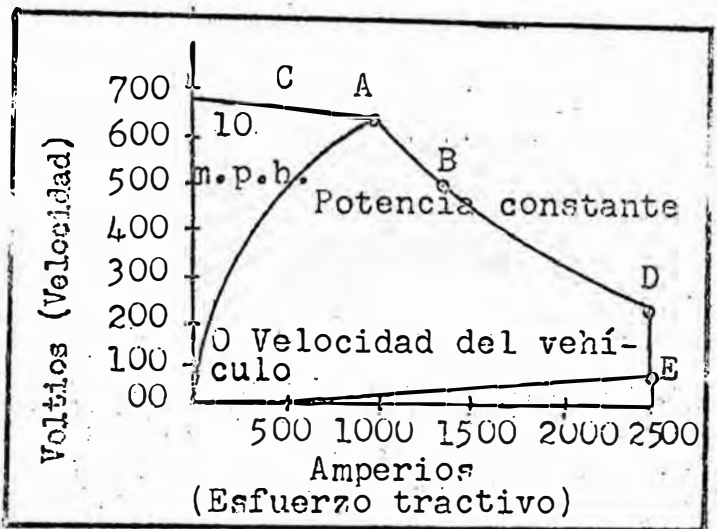


Fig.5-Curva característica de un  
generador GT-603 de un motor de 920  
horsepower y de 1900 r.p.m.

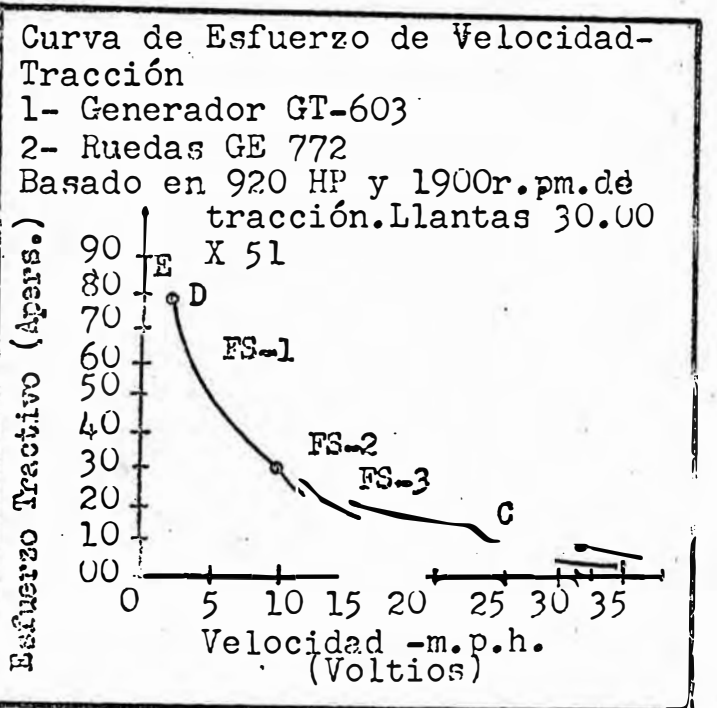


Fig.6-Este gráfico muestra como mo-  
tores de rueda se comportan a dife-  
rentes velocidades.

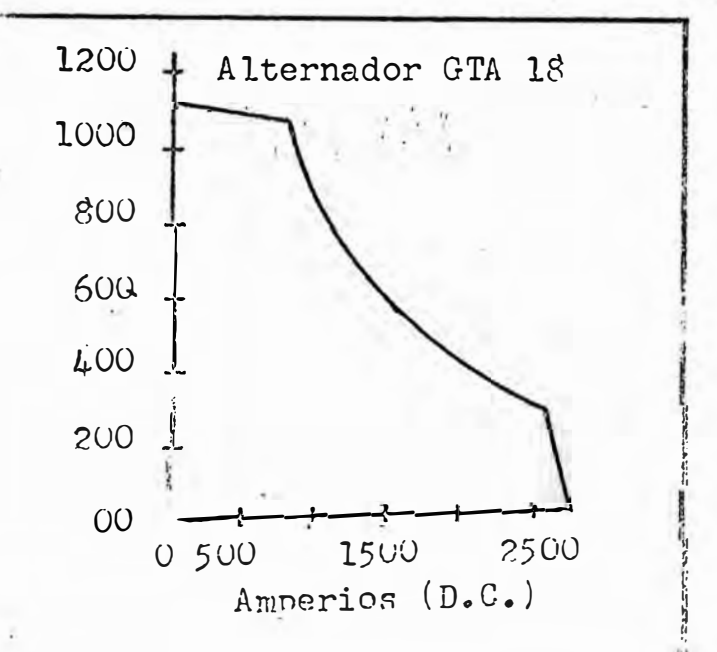
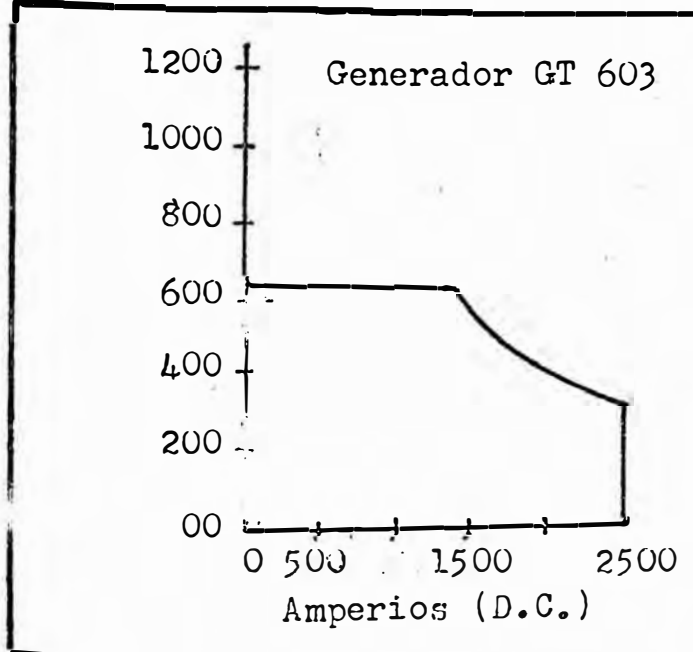


Fig.7- Curvas características de  
tracción entre alternador y gene-  
rador.

## C A P I T U L O   I I I

### LLANTAS FRENO Y SUSPENSIONES

La individualidad de los camiones no-carreteros está grandemente determinada por un número de componentes del camión que incluyen lechos, armazones y suspensiones. Con excepción de las llantas, estos accesorios son normalmente equipo standard.

Un conocimiento de llantas, frenos y recientemente introducidos componentes de mantenimiento, es necesario para posteriormente hacer una óptima elección de camiones.

#### III.1.- LAS LLANTAS EN LA MINERIA.

Las llantas suponen un gasto muy considerable; incluso en suelos no abrasivos los costos de las llantas llegan a alcanzar el 20% del total de los costos de operación.

En terrenos duros, el controlar los costos de llantas es una función crítica, porque en estas condiciones de dureza, los costos de las llantas frecuentemente alcanzan el 50% del total de los costos de operación y por supuesto, por si mismos, son el mayor gasto de un camión no-carretero.

Un aspecto clave para reducir los costos de las llantas, es revelado por la amplia fluctuación apropiada de estos costos, el buen mantenimiento y una adecuada dirección pueden reducir de una manera efectiva el gasto de llantas. Los libros de control de servicio revelan un incremento desde 1200 horas a 3500 horas de vida de la llanta cuando esta es debidamente sustituida y cuando se mejoran los procedimientos operativos.

### III.2.- FACTORES FUNDAMENTALES QUE INFLUYEN EN LA VIDA DE LA LLANTA.

La vida de la llanta viene influida por los cinco factores siguientes:

- 1) Tamaño de la llanta.
- 2) Carga de la llanta.
- 3) Velocidad de transporte.
- 4) Cortes de roca.
- 5) Construcción de la llanta.

#### III.2.1.- TAMAÑO DE LA LLANTA.

Los diferentes tamaños se dan en la tabla 2 con las respectivas millas a esperar para cada tamaño.

#### III.2.2.- CARGA DE LA LLANTA.

La llanta al soportar una carga se flexiona, perdiendo su forma redondeada y que al rodar se desgasta por el roce de su superficie con la del suelo. El poner más aire a las llantas reduce la flexión y por lo tanto el desgaste de estas, pero una llanta demasiado dura es más vulnerable a los cortes producidos por las rocas. La presión óptima para alcanzar la vida más larga de la llanta es un compromiso que se balancea entre el desgaste por abrasión contra los cortes por roca.



### III.2.3.- VELOCIDAD DE TRANSPORTE.

La velocidad genera calor. La fricción interna entre la goma y el tejido de las lonas produce calor en la carcasa general de la llanta. El calor ablanda la goma y acelera el desgaste; el fallo generalmente aparece como grietas en el tejido.

$$\text{Tonelada milla por hora (TDPH)} = \text{Carga promedio} \times \text{Velocidad promedio} \dots\dots\dots(8)$$

### III.2.4.- CORTES DE ROCA.

Los cortes producidos por las rocas se incrementan con la carga de la llanta. La llanta es más vulnerable a cortes por roca a mayor presión de inflado y a mayor carga por llanta.

### III.2.5.- CONSTRUCCION DE LA LLANTA.

Se dispone en el mercado de tres tipos de llantas de las llamadas fuera de carretera: standard con lonas de tejido diagonal de nylon, de tejido de nylon en diagonal profundo y de tipo radial con tejido de acero.

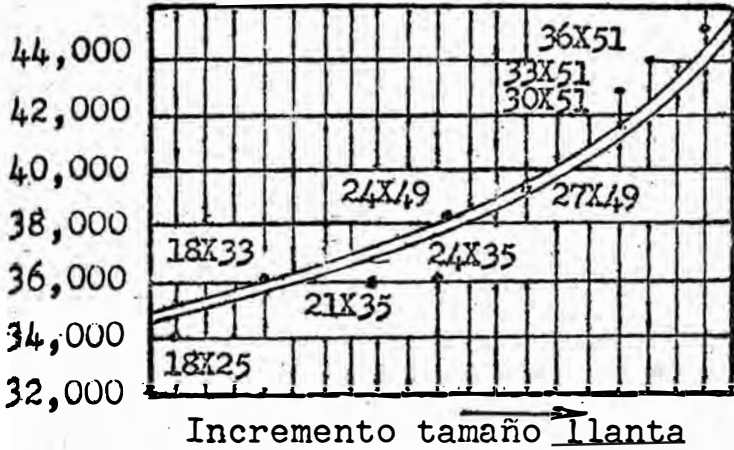
### III.3.- ESTIMACION DE LA VIDA DE LA LLANTA.

$$\text{Horas de vida de la llanta} = \frac{\text{Distancia promedio (millas)} \times \text{Factor de ajuste}}{\text{Velocidad media}} \dots\dots(9)$$

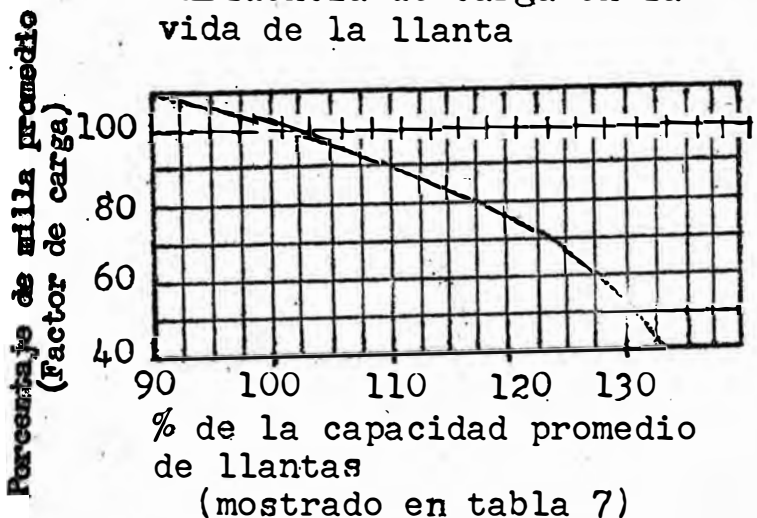
La distancia promedio en millas se halla de la tabla 2. Para hallar el factor de ajuste multiplicar el factor de carga (tabla 3) por la influencia de la temperatura en la vida de las llantas (tabla 4) (TPII) por el factor de corte de las llantas debido a las rocas (costos en la vida de llanta) (tabla 5) por el factor de diseño (tabla 6).

## ESTIMACION DE LA VIDA DE LLANTAS

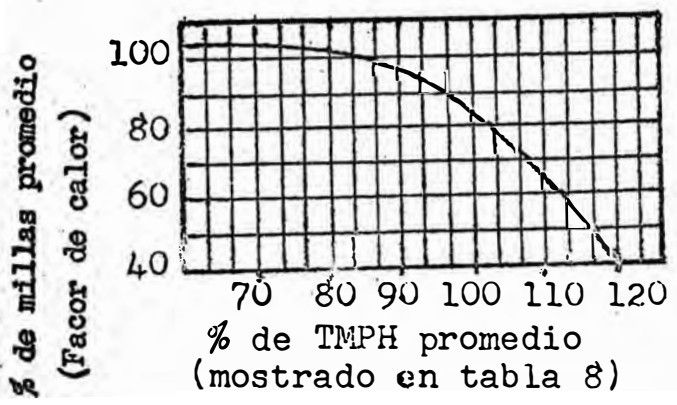
**TABLA 2**  
Influencia del tamaño en la vida de la llanta.  
Llanta de Camion



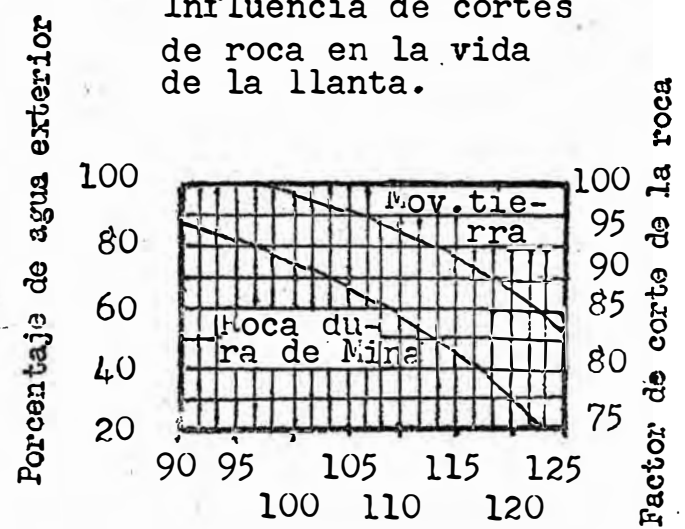
**TABLA 3**  
Influencia de carga en la vida de la llanta



**TABLA 4**  
Influencia del calor en la vida de la llanta

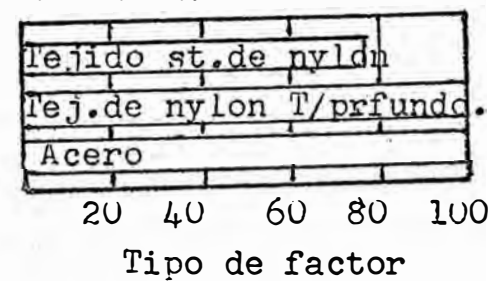


**TABLA 5**  
Influencia de cortes de roca en la vida de la llanta.



% de la capacidad promedio de llantas.  
(mostrado en tabla 7)

**TABLA 6**  
Influencia de la construcción en la vida de la llanta.





**EJEMPLO:**

Queremos estimar la vida de las llantas de un camión Lectra-Haul M-100 (100 TC). La medida de las llantas son de 27x49 con un promedio de 48 lonas y de tejido de nylon tipo profundo; con una carga promedio por llanta de 55000 libras y a una presión de inflado de 80 libras; con una velocidad promedio de 10.50 Km/hr.

**SOLUCION:**

1) Vida media de llantas (tabla 2)

llanta 27x49 vida media 39000 millas.

2) Cálculo de factores de ajuste:

2.1) Influencia de carga (tablas 3 y 7)

Presión 80 lb. ;  $55000/53340 = 1.03$  ; factor = 0.95

2.2) Determinación del % toneladas-milla-hora std. (tabla 8)

camión M-100:  $115.75 \times 3.64 \times 2.86/6 \times 235 = 86\%$  de 55000 libras.

2.3) Influencia de temperatura en la vida de llantas (tabla 4).

camión M-100: 80 lb. de presión y 86% TEPH std.;  
factor = 0.97

2.4) Influencia de costos en la vida de llantas (tabla 5).

camión M-100: 80 lb. de presión; factor = 0.70

2.5) Influencia del diseño (tabla 6).

Camión M-100: cocada profunda; factor = 1.00

3) Factor de ajuste.

camión M-100:  $0.95 \times 0.97 \times 0.70 \times 1.00 = 0.65$

4) Vida estimada de llantas.

camión M-100:  $39000 \times 0.65/10.50 = 2414$  horas.

### III.4.- EL CONOCER LOS DIFERENTES TIPOS DE LLANTAS HACE POSIBLE UNA EFECTIVA SELECCION DE ESTAS.

Las llantas para camiones no carreteros constituyen a menudo el mayor gasto particular identificable en el costo de operación total del camión. En años recientes, los costos de llantas han ido aumentando en razón alarmante de casi 20% por año. También se observa que el promedio de vida de una llanta en servicio no ha cambiado en los últimos años.

Así, está claro que la selección de llanta es lo más importante. Es imperativo que se elijan tamaño, diseño de cocada y material de la carcasa correctos, para el tipo específico de vehículo y servicio bajo consideración. Se hace necesario un conocimiento de los varios tipos de llantas disponibles conjuntamente con la relación asociativa de llanta y aro (T&R) y la tonelada milla por hora (TMPH) con el fin de realizar la mejor elección.

La industria de llantas ha adoptado un sistema de código universal para emplearlo con las llantas no carreteras. El código usado por los camiones de acarreo, conjuntamente con las designaciones SAE y las marcas de fábrica se muestra en la tabla 9.

Dos tipos adicionales de llanta son también dignos de observación: las llantas Michelin de pliegues radiales, y las llantas sin talones Caterpillar.

Las llantas Michelin de pliegues radiales de acero tienen su propio sistema de identificación. Michelin posee cinco grupos de designaciones, cuatro de los cuales llevan clasificaciones A ó B. Las llantas tipo F son de construcción standard y son usadas en aplicaciones de acarreo. Todas las llantas llevan la básica X, que se refiere al pliegue de acero radial con acero incluso para refuerzo y estabilización del área de rodadura. Las designaciones relacio-

nadas al código SAE "E" son como siguen:

Designación Michelin	Código SAE
XR	E-3
XR	E-3
XKD1	E-4
XRD1	E-4

La segunda letra (K ó R) define el diseño de cocada. La cocada "R" es el patrón tradicional de Michelin mientras que la "K" ofrece máxima protección a la banda de rodamiento de la llanta, incluyendo las paredes laterales.

Además, las llantas Michelin son marcadas con \*, \*\*, \*\*\* para designar la fortaleza de la cubierta. Este sistema de asterisco reemplaza la relación de pliegue.

Caterpillar ha desarrollado una llanta sin borde con un armazón continuo (fig. 8). El aro está hecho de dos piezas y es independiente de la cámara de aire; sirve solamente para transmitir cargas. La llanta está hecha de un pliegue tubular, bobinado y longitudinal con cable de acero. Alrededor del armazón hay una faja de jebe en la cual las zapatas de acero están directamente cernidas. Una elevada presión de aire - 120 psi - retiene la faja con el armazón y éste con el aro.

Actualmente esta llanta es solamente asequible para cargadores frontales y su uso no es adaptable a ningún camión. Sin embargo, el concepto sí constituye un camino abierto a la tecnología de llantas y ofrece interesantes posibilidades tanto en suelos muy blandos como en abrasivos.

PARTES DE UNA LLANTA DE PLEGUE SESGADO - ver figura 9 - :

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1) Borde de la llanta     | 4) Paredes laterales   |
| 2) Cuerpo acordonado      | 5) Banda de rodamiento |
| 3) Disyuntoros y pliegues | 6) Revestido interno   |
| 7) Pestañas               |                        |

PARTES DE UNA LLANTA RADIAL - ver figura 9 - :

- |                       |                        |
|-----------------------|------------------------|
| 1) Bordo              | 4) Banda de rodamiento |
| 2) Cuerdas radiales   | 5) Paredes laterales   |
| 3) Bandas protectoras | 6) Pestañas            |
| 7) Revestido interno  |                        |

III.5.- SELECCION ADECUADA = VIDA MAS LARGA.

La vida estimada de una llanta del tipo profundo en el ejemplo del punto III.3 es de 2414 horas; para una llanta del tipo tejido standard de nylon sería:

% TIRPH:

$$115.75 \times 3.64 \times 2.86/6 \times 245 = 89\% \text{ de } 55000 \text{ lb.}$$

$$\text{Factor de ajuste: } 0.95 \times 0.94 \times 0.70 \times 0.78 = 0.49$$

$$\text{Vida estimada de la llanta} = \frac{39000 \times 0.49}{10.50} = 1820 \text{ horas}$$

Y para una llanta radial de tejido de acero sería:

% TIRPH : 73%

$$\text{Factor de ajuste: } 0.95 \times 1.03 \times 0.70 \times 1.00 = 0.68$$

$$\text{Vida estimada de la llanta} = \frac{39000 \times 0.68}{10.50} = 2544.1 \text{ horas}$$

Se concluye que: tanto las llantas de tejido profundo como las radiales proporcionan una vida más larga. Aunque dan costos operativos más bajos, ello dependerá, del costo por hora de las mismas.

TABLA 7 LÍMITES DE CARGA (EN LIBRAS) DE LOS NEUMÁTICOS DE DUMPERS DE FUERA DE CARRETERA

Tamaño neumático	PSI (frío)								
	40	45	50	55	60	65	70	75	80
12.00-25	12530(16)	13430	14280(20)	15100	15890(24)	16650	17390(28)	18100	18800(32)
18.00-33	14540	15570	16560	17510	18420(24)	19310	20160	21000	21880(32)
21.00-35	19130(20)	20500	21880(24)	23050	24250(28)	25420	26540(32)	27640	28700(36)
24.00-35	24480	26220	27890	29490(30)	31020	32520(36)	33960	35350(42)	
24.00-49	29360	31460	33480	35380	37220	39010(36)	40740	42410(42)	44050(48)
27.00-33	29240(24)	31330	33320(30)	35230	37070(36)				
27.00-49	35950	38530	40970	43320	45580(36)	47770	48890(42)	51940	53340(48)
30.00-33	35930(23)	38490	40930(34)	43280	45540(40)				
30.00-51	44480	47650	50680	53590	56380(40)	59090	61700(46)	64250	66720(52)
33.00-51	51570	55260	58770	62130	65370(42)	68510	71550(50)	74500	77370
36.00-51	52750	57230	71500	75600(42)	79540	83380(50)	87050	90540(58)	

TABLA 7A LÍMITES DE CARGA (EN LIBRAS) DE LOS NEUMÁTICOS DE TRAILLA

Tamaño neumáticos	PSI (frío)						
	25	30	35	40	45	50	55
23.5-25	11170(12)	12430	13600(16)	14710(20)	15750	16760(24)	
26.5-25	14240	15840(16)	17330(20)	18740	20080(24)	21360	22580(28)
26.5-29	15220	16930(18)	18530	20030(22)	21460	22830(26)	
29.5-25	17880(16)	19890	21770(22)	23540	25210(28)		
29.5-29	19040(16)	21180	23180(22)	25060	26850(28)	28560	30190(34)
29.5-35	20720	23050	25230(22)	27280	29230(28)	31080	32860(34)
33.25-35	24630(20)	27400	29990(26)	32420	34730(32)	36950	39070(38)
33.5-33	25250	28090	30740(26)	33240	35510(32)	37880	40050(38)
33.5-39	27200	30260	33110(26)	35810	38360(32)	40800	43130(38)
37.5-33	30790	34260(24)	37490	40540(30)	43430(36)	46200	48840(42)
37.5-39	33050	36770	40240(28)	43510	46610(36)	49580	52420(44)

NOTA: Las cifras en paréntesis indican el promedio de lonas para las cuales la flexión y cargas indicadas son máximas.

TABLA 6 PROMEDIOS TON-MILLA-POR-HORA

	TAMAÑO	TEJIDO STANDARD	TEJIDO PROFUNDO	RADIAL DE ACERO
Neumáticos	18.00-25	110	90	160
Dumper:	18.00-33	135	115	200
	21.00-35	165	150	255
	21.00-49	200	170	330
	24.00-35	170	150	270
	24.00-43	200	170	-
	24.00-49	220	200	370
	27.00-49	245	235	410
	30.00-51	300	280	470
	33.00-51	320	-	550
	36.00-51	370	360	630
Neumáticos	20.5-25	70	-	170
Traila:	23.5-25	90	-	195
	26.5-25	105	-	220
	-29	125	-	245
	29.5-25	110	-	245
	-29	135	-	265
	-35	170	-	325
	33.25-35	210	-	375
	33.5-33	210	-	300
	-39	260	-	375
	37.5-33	260	-	400
	-39	275	-	410

NOTA: Estos son promedios típicos. Consultar en cada caso al fabricante.

### III.6.- CRITERIOS PARA UNA SELECCION OPTIMA DE LLANTA.

Al elegir la mejor llanta para camiones no-carreteros, se debe dar extrema consideración a los siguientes factores:

- 1) Tonelada milla por hora (TMPH).
- 2) Mínima clasificación de pliegue autorizado.
- 3) Mayor tamaño opcional.
- 4) Banda de rodamiento de máxima profundidad.
- 5) Cocada en proporción conmensurada con la TMPH.
- 6) Construcción ceñida.
- 7) Mayor resistencia al corte.
- 8) Mayor promedio práctico.

No obstante todas las descripciones y recomendaciones hechas en esta sección, se debe consultar antes con el fabricante de llantas para realizar una verdadera y real selección para cualquier aplicación dada.

### III.7.- DEFINICION DE TONELADA MILLA POR HORA.

Ha sido señalado el calor interior como la causa principal de la falla prematura de una llanta. La fórmula TMPH determina la cantidad de trabajo puesto en forma de calor dentro de una llanta que genera esta al rodar y trajinar. Cuando ese calor no puede ser disipado tan pronto como se genera, la temperatura de la llanta aumenta. La separación de pliegues y la falla de la llanta son el resultado final. El calor no solo produce separación de pliegues, sino también reduce la resistencia al corte y a las pinchaduras.

Para una llanta específica, los factores que controlan ó fijan la autogeneración de calor son:

- 1) La velocidad,
- 2) La carga, y
- 3) La temperatura ambiente.

La fórmula TMEH fue desarrollada para pronosticar la generación de calor de la llanta. Utiliza el producto de carga y velocidad. Así:

$$TMEH = \text{Carga} \times \text{Velocidad.}$$

de donde:

carga: carga media por llanta (toneladas)

velocidad: promedio diario de velocidad media (mph)

Por lo tanto:

$$TMEH = \frac{\text{Carga en acarreo por llanta en tons.} + \text{Carga de regreso (vacío) por llanta en tons.}}{2} \times$$

$$\times \frac{\text{Distancia de ida y vuelta en millas} \times \text{Número de viajes por día}}{\text{Total de horas de trabajo por día}} \dots\dots\dots(10)$$

El concepto de TMEH indica cuan bien una llanta llevará una carga. Puede ser usado para igualar la generación de calor en el acarreo con las clasificaciones de llanta establecidas. La construcción de una llanta de pliegue sesgado, que es la que se adapta mejor para resistir la autogeneración de calor, también la hace la más vulnerable al deterioro por los mayores riesgos operacionales de la llanta. Esto es porque una llanta de pliegue sesgado tendrá una ó todas de las siguientes características:

- 1) Menos caucho,
- 2) Menos tejido de fibra,
- 3) Ningún compuesto resistente a la cortadura,
- 4) Pocos pliegues.

Por esta razón no es aconsejable seleccionar una llanta de pliegue sesgado con un régimen de TMEH mucho más elevado que el necesario para satisfacer las necesidades de trabajo.



La fórmula TMFH se rompe si las cargas soportadas exceden las clasificaciones asociativas entre llanta y aro en más del 15% ó si el ciclo de acarreo excede a las 20 millas.

Mientras más alta es la temperatura ambiente, más baja es la capacidad de la llanta para disipar el calor, y más baja la clasificación de TMFH. Las clasificaciones de TMFH se calculan normalmente para temperaturas ambiente entre 60° y 120°F.

Varias clasificaciones para una temperatura ambiente de 100°F se muestran en la tabla 10. Sin embargo, es importante notar que existe considerable diferencia en la capacidad de llanta a diferentes temperaturas ambientales. A éste hecho debe dársele consideración al realizarse una selección de llanta.

-----  
**TABLA 9 - DESIGNACIONES DE LLANTAS PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRA**  
 -----

Código	SAE	Good Year	Firestone	General	Goodrich	Uniroyal
E1	Rib Front	Hard Rock Rib	Rib Exca- vator	DOT Rock Rib LGM	Rib Service	
E2	Traction	Sure Grip	Ground Grip	All Duty	Power Traction	
E3	Rock	Sure Grip Lug (Wide Base)	Super Grd Grip (WB)	DTL (WB)	Super Trac- tion (WB)	
E3	Rock	Hard Rock Lug  Super Hard Rock Lug	Rock Grip  Super Rock Grip	FD LGM  FD LGM WB	Rock Servi- ce  Contractor	
E4	Rock Deep Tread	Hard Rock Lug  Extra Tread Hard Rock Lug  Extra Tread B	Super Rock Grip  Deep Tread	Super LGM  ND LGM WB	Rock Servi- ce  High Tread	Super Con- tractor
E5	Rock In- termedia- te HR(°)	Hard Rock Lug Type B	Super Rock Grip Type B	Hp LGM Ty- pe E		
E6	Rock Maxi- mum High Speed HR(°)	Hard Rock Lug Type C	Super Rock Grip Super Grd Grip High Speed			
E7	Flota- tion	Earthmover  All Weather  Rib Sand  Sand All Weather	All Non-Skid	Earthmo- ver  Super Sand  Flotation GZ	Special Ser- vice  High Flota- tion	

(°) HR- Resistente al calor.

-----

-----  
 TABLA 10 MUESTRA DE DATOS DE LLANTAS PARA CAMIONES NO-CARRETEROS  
 -----

Tamaño de llanta	PR	Tipo	Clasificación TIRH(°)	30 mph Máxima Peso (lb)	Presión (psi)(%)
27.00x49	36	E-3	245	45,580	60
27.00x49	42	E-3	245	49,890	70
27.00x49	48	E-3	245	53,940	80
27.00x49	36	E-4	235	45,580	60
27.00x49	R	---	420	53,940	90
30.00x51	40	E-3	300	56,380	60
30.00x51	46	E-3	300	61,700	70
30.00x51	40	E-4	280	56,380	60
30.00x51	46	E-4	280	61,700	70
30.00x51	R	---	450	61,700	80
33.00x51	42	E-3	340	65,370	60
33.00x51	50	E-3	340	71,550	70
33.00x51	42	E-4	360	75,600	55
33.00x51	58	E-4	360	90,640	75
33.00x51	R	---	540	90,640	85
40.00x57	60	E-3	530	111,120	70
48.00x69	72	E-3	820	170,770	70

(°) La clasificación TIRH es a una temperatura ambiente de 100°F.

(%) Calor de presión de inflado en psi.

R-Radial.

Nota: Este cuadro deberá ser usado solo como una guía. Los fabricantes de llantas deberán ser consultados para un dato más preciso.

Origen: Goodyear, Caterpillar y Wabco.

-----

### III.8.- RELACION ASOCIATIVA ENTRE LLANTA Y ARO (T&R).

Las clasificaciones T&R proporcionan una guía para evaluar la capacidad estructural de la llanta. Deben emplearse con el régimen TMFH, que determina la capacidad de trabajo. Una llanta es capaz de soportar una carga más pesada a más elevada presión de aire - dentro de los límites - a una máxima velocidad dada. La tabla de velocidad de 30 mph es empleada normalmente para llantas de camiones no-carreteros. El régimen de pliegue (PR) señala la carga máxima segura que una llanta puede llevar a la máxima velocidad (en este caso 30mph), con una carga de presión de aire dada. Así, la capacidad de carga transportada por una llanta puede ser mejorada al aumentársele presión de aire. La carga máxima de una llanta puede exceder el promedio de carga hasta el 15%. Más allá de estos límites determinados por el régimen T&R, debe usarse una llanta más fuerte con un régimen de pliegue más alto.

Sin embargo, detrás de este mínimo, el régimen de pliegue adicional tiene poco efecto sobre la vida de la llanta, excepto en condiciones donde ocurren la mayoría de las fallas de la llanta por impacto ó pinchaduras antes que se gaste la banda de rodamiento.

Una regla empírica establece que una llanta trabajada posee cerca de 15 a 20 psi de presión adicional.

### III.9.- BENEFICIO DE LAS LLANTAS RADIALES.

Las cuerdas de acero en una llanta radial solo permiten una mínima capa de caucho debajo de las cocadas; como resultado, la llanta genera y disipa menos calor y por lo tanto hay una alta capacidad de TMFH. Además, una llanta radial debe satisfacer otras características, incluyendo:

- 1) TRACCION Y FLOTAMIENTO.- Con las llantas radiales, la presión del terreno es distribuida llanamente en forma pareja debido a la estabilidad de la faja que cruza la banda de rodamiento. La baja y constante presión del terreno mejora la tracción y contribuye a más bajos promedios de desgaste y reducido consumo de combustible.
- 2) MANEJO.- La amplitud de robote es más elevada con las llantas radiales. Las correctas presiones de aire son también importantes porque las paredes laterales relativamente más blandas tienden a flotar en las curvas al estar poco infladas.
- 3) RESISTENCIA Y REPARABILIDAD DE LA CORTADURA Y DESGASTE.- La reparación de las llantas radiales requieren labor más experimentada. En terrenos de roca dura, los operadores no han empleado llantas radiales por temor al deterioro de las paredes laterales. Esto puede explicar el por qué no han realizado mayores incursiones en la industria minera.

### III.10.- ACCION DE FRENADO.

Los frenos en un camión no-carretero, deben ser capaces de llevarlo a una detención completa, aun en condiciones de estar cargado y en pendiente favorable, dentro de una distancia razonable. Todo camión está equipado con frenos de servicio, así como también de frenos de estacionamiento.

### III.11.- RETARDO DINAMICO.

En retardación dinámica, los motores de tracción son convertidos en generadores y la energía generada es disipada como calor.

Los sistemas de servicio y retardo dinámico pueden ser activados por pedal individual ó doble.

### III.12.- FRENOS DE SERVICIO.

Los frenos de servicio se consideran normalmente como suplementarios de la función primaria del frenado. Sin embargo, es bastante práctico poseer un sistema de frenos de servicio que sea enteramente capaz de detener a un camión cargado en el caso que falle el freno dinámico.

Los frenos de servicio son asequibles como tambóres o como discos. Siendo el freno de disco más liviano y según informes más fácil de detener y más libre de avería. Los frenos de disco son menos caros que los frenos de tambor de capacidad comparable.

### III.13.- FRENOS DE ESTACIONAMIENTO.

En transmisiones mecánicas, el freno de estacionamiento siempre operará independiente de los demás sistemas, puede ser manipulado mecánicamente, y por lo general, se acoplará automáticamente cuando escape el aire.

En transmisiones eléctricas este tipo de freno es normalmente contra fallas y, opera similarmente como en los camiones de transmisión mecánica.

### III.14.- SISTEMAS DE SUSPENSION.

La suspensión de un camión aísla al chasis y la carrocería de las irregularidades del camino, las cuales son transmitidas por medio de las llantas. También absorve los impactos durante el ciclo de carguío. Existen tres tipos básicos de suspensiones:

- 1) SUSPENSION POR MUELLES DE ACERO.- Los muelles de acero deben ser altamente reforzados para que sean eficientes. Son

rágiles y sujetos a fatiga, por lo que su uso es restringi-

do a camiones menores de 75 toneladas.

2) SUSPENSION POR COJINES DE AIRE.- El aire comprimido es un material de suspensión muy eficiente. El aire comprimido no posee propiedades amortiguantes, es completamente elástico, y rebotará inmediatamente al liberar la presión. De esta manera, una suspensión por cojines de aire requiere un mecanismo auxiliar de amortiguación.

3) SISTEMAS DE SUSPENSION DE CAUCHO.- El caucho no es solamente un amortiguante muy eficaz sino que es capaz de disipar su energía almacenada de una manera controlada, y no requiere absorvedores auxiliares de impacto.

### III.15.- DISEÑO DE CARROCERIAS DE CAMIONES.

Para aplicaciones en la minería, todas las carrocerías de camiones son de diseño rectangular con cabina interior y paredes laterales verticales. Los lados sobrecalen por sobre las ruedas para maximizar el espacio de carga y para disminuir el centro de gravedad del camión. Existen dos tipos principales de carrocerías: El primero es de tipo tolva con fondo básicamente plano ó casi plano y con la parte final vuelta hacia arriba con el fin de contener la carga. El segundo es en forma de V, con fondo inclinado hacia abajo desde la parte posterior a la frontal, formando una V con la pared posterior. Las paredes del fondo pueden ser planas ó en forma de V, deslizandose hacia el centro. Todo el diseño interior está dirigido a minimizar áreas donde el material puede pegarse ó suspenderse.

### III.16 - DISEÑO DE CARROCERIAS DE VAGONES DE DESCARGA POR EL FONDO.

La carrocería para descarga por el fondo, libre de restricciones de adaptación en el chasis del camión, es nor-

malmente más larga, más angosta y más baja que la carrocería de un camión de descarga posterior.

Las puertas de descarga son generalmente del tipo almeja, activadas por arietes hidráulicos de doble acción. La abertura de las puertas es maximizado para obtener una descarga limpia y evitar atascamiento de material dentro de la carrocería.

### III.17.- ARMAZONES - CHASIS.

El chasis principal de un camión no-carretero consiste de dos viguetas de forma "I", macizas de alto poder de rendimiento. El montaje de la carrocería, los pistones y el motor son todos hechos directamente sobre el chasis.

### III.18.- ACCESORIOS ADICIONALES PARA UN MEJOR RENDIMIENTO DEL CAMION.

Accesorios adicionales, tanto estandard como opcionales que pueden servir de ayuda en el rendimiento de una flota de camiones no-carreteros, incluyen:

- 1) Pistones hidráulicos de doble acción.
- 2) Nucleos de radiador Mesabi.
- 3) Combustión de alta velocidad.
- 4) Sistemas de dirección auxiliar.
- 5) Comunicaciones digitales.
- 6) Indicadores de carga de mineral para camiones.



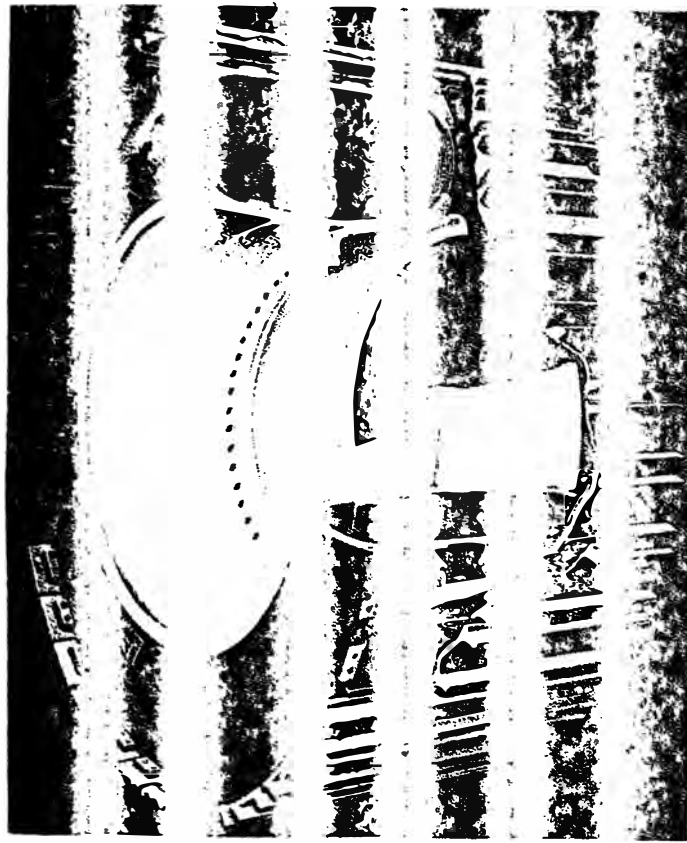


Fig. 9.- En que todos los dispositivos, para el caso de no tenerlos, se puede hacer con los de la anterior.

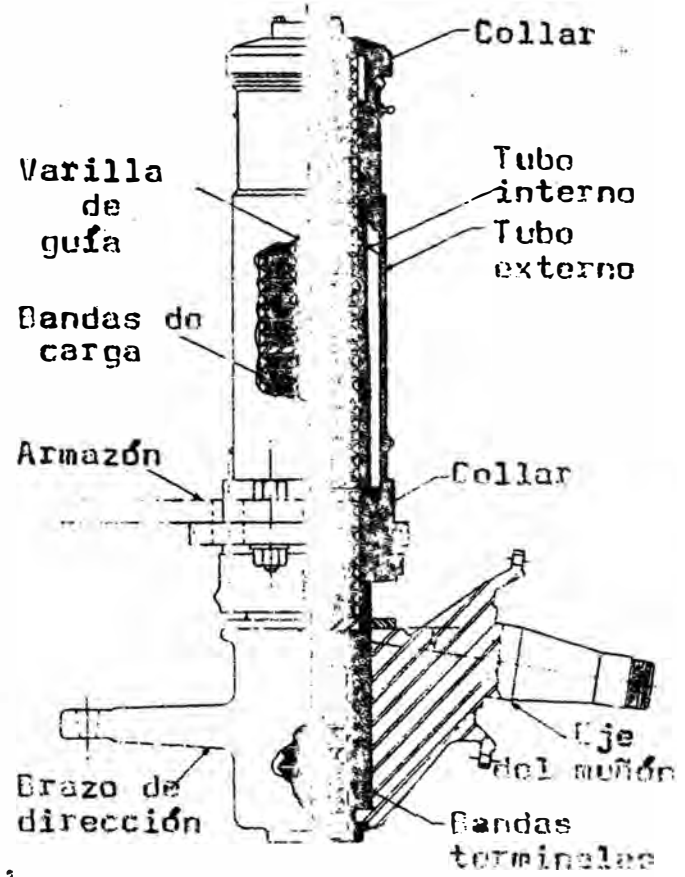


Fig. 10.- Diagrama de la suspensión

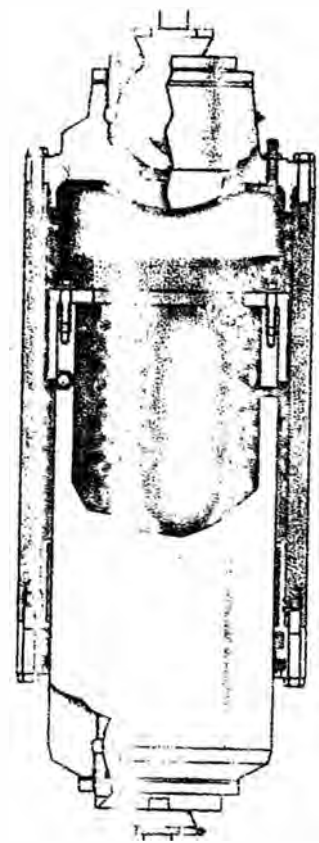


Fig. 10.- Las suspensiones del típico camión no-carretero incluyen el HYDR-FIXAT de Unit Rig (arriba), cuya unidad delantera consiste de un muñón de rotación gobernado y atornillado que contiene una columna de bandas redondas modulares de caucho contra impactos; y el HYDR-FIX II de Watco (abajo) que opera sobre un principio hidro-neumático, el cual amortigua los golpes a un nivel de bastante comodidad.



Así, este número al tonelaje total horario requerido dará el número verdadero de camiones en operación necesarios para cualquier momento.

$$\begin{array}{l} \text{N}^\circ \text{ de camiones} \\ \text{en operación} \end{array} = \frac{\text{Tonelaje horario requerido}}{\text{Tons. por hora-camión}} \dots\dots\dots(12)$$

La flota total requerida se deriva simplemente al dividir el número de camiones útiles necesarios entre la utilización esperada.

El término "utilización de camión" se usa aquí para referirse al verdadero porcentaje de camiones que se emplean, sin considerar su disponibilidad de uso. Disponibilidad mecánica, es un término mal empleado, a menudo reformado para indicar el porcentaje diario de tiempo cuando un camión está disponible para el trabajo. Esto puede incluir el tiempo estacionamiento y excluir el trabajo que se realiza durante un periodo de paralización. Este sistema puede ser usado para dar disponibilidad mecánica favorable, pero requiere considerable idoneidad.

Utilización, se refiere al uso verdadero en lugar de disponibilidad, es el término que se prefiere y que se emplea al calcular la flota de camiones requerida.

Utilización varía de acuerdo a la localización y condiciones de trabajo, pero, acerca de la vida de una flota, debe promediarse alrededor de un 75% (según apreciaciones de campo en Hierro Perú). Así, tenemos:

$$\begin{array}{l} \text{Flota requerida} \\ \text{de camiones} \end{array} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de camiones en operación}}{\text{Utilización de camiones} \\ \text{(mas o menos 75\%)}} \dots\dots\dots(13)$$

Existen varios métodos de estimar la productividad de un camión por ciclo de tiempo y disponibilidad mecánica. Debido a que una real observación de estudios de tiempos no es generalmente posible, se emplean varias apreciaciones técnicas.

#### IV.1.- EVALUACION DE TIEMPOS POR CICLO DE CAMION.

El tiempo de carga de un camión se considera normalmente incluyendo maniobras en el área de carga, espera de turno y el tiempo real de carga. El emparejamiento de equipos de carga y acarreo es de la máxima y vital consideración al seleccionar una flota. Si hay de carguío resultará en una espera de turno los camiones. Si la capacidad es tiempo de carga será excesivo. la producción e incrementan las necesidades otro lado, si es demasiada grande la capacidad del carguero, puede resultar sobrecargado; y demasiado número de cargueros resultarán un desperdicio de dinero y un aumento de tiempo muerto.

La mayoría de los operadores consideran que el tamaño ideal del carguero es el de aquel que necesita de cuatro a seis pases para llenar el camión. El número de camiones (Nt) que puede ser servido por un cargador se deriva de la siguiente fórmula:

$$Nt = \frac{\text{Tiempo de ciclo por camión}}{\text{Tiempo de carga por camión}} \dots\dots\dots(14)$$

El número de cargadores necesarios (N1) puede calcularse por:

$$N1 = \frac{\text{Total de toneladas por hora}}{\text{Carga útil de camión} \times Nc} \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

$$N_e = \frac{60 \text{ (min.)} \times \text{Factor de producción}}{\text{Maniobra, Colocación y Carga de un camión (min.)}} \dots (16)$$

La productividad de los cargadores se puede medir multiplicando toneladas por pase (tp) por el número de pases por hora. Esto es razonable cuando se carga directamente a una tolva que alimenta a un sistema continuo. Sin embargo, cuando se carga a sistemas discontinuos, tales como camiones, está sujeto a un retraso entre el completamiento al cargar una carga de camión y el comienzo de la siguiente. Este retraso puede ser minimizado poniendo camiones de espera al alcance del equipo de carga. Otro factor que hace (ecuación 15) una evaluación más precisa de las exigencias del cargador es que se considera una carga parcial o un pase tope que es a menudo necesario al finalizar la carga de un camión. Todo en conjunto, engrana la capacidad de carga a la flota de camiones.

En muchas aplicaciones mineras, se vinculan considerablemente mas capital y dinero operativo en las fases de acarreo que en el de carga. Por esta razón, es deseable minimizar hilera de camiones. Si el tiempo de espera no se puede evitar, es mejor comprometer un cargador en lugar de varios camiones.

Muchos métodos diferentes de carguío de camiones están disponibles para la industria minera. Los métodos para calcular tiempos de carguío varían de un sistema a otro. Los más comunes ó populares incluyen:

#### IV.1.1.- EXCAVADORAS O PALAS DE PODER.

Por mucho, el más común método de carguío. Estas palas están idealmente adaptadas para palcar material de un

banco que generalmente ha sido disparado con anterioridad. Las palas son normalmente clasificadas por su capacidad de cuchara y son obtenibles con capacidades hasta de 25 yardas cúbicas. La capacidad de la cuchara se mide en yardas cúbicas de banco (bcy) ó sea en yardas cúbicas de material sin disparar y toneladas por pase (tp) y es una función del material esponjado y un factor de llenado. Así:

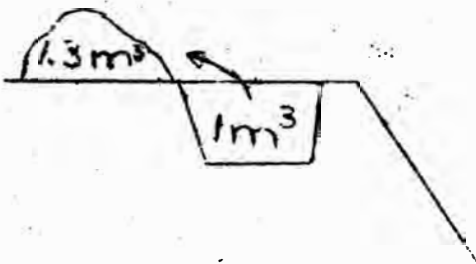
$$tp = bcy \times \text{factor de esponjamiento} \times \text{factor de llenado} \times \text{Tons./yd}^3 \dots(17)$$

Esponjamiento es el aumento de volumen expresado en %.

$$\text{Esponjamiento} = \frac{\text{Volumen final} - \text{Volumen inicial}}{\text{Volumen inicial}} \times 100 \dots(18)$$

Ejemplo:

De la figura adjunta se tendrá que:



$$\text{esp.} = \frac{1.3 - 1}{1} \times 100 = 30\%$$

El esponjamiento depende del tipo de material que está siendo manipulado y puede variar desde cero hasta más del 50%. El factor de llenado o de carga (FC) varía ligeramente de material a material y la altura de tolva, promediando de 0.60 a 1.00; tal como se muestra en la tabla 11, donde lcy = yardas cúbicas sueltas y S es el factor de esponjamiento.

$$bcy = lcy \times S \dots(19)$$

$$\text{Donde : } S = 100/100 + \%S \dots(19A)$$

-----  
 TABLA 11. COMPORTAMIENTO DE DIFERENTES CLASES DE TIERRA  
 -----

Clases de tierra	lb/bcy	%S	FC	lb/bcy
Grava seca ó húmeda	2,450 a 3,900	10 a 15	0.87a0.74	1,250a1,350
Minerales de hierro	4,600	18	0.85	3,900
Caliza	4,400	65	0.60	2,650
Arena seca	2,200 a 3,400	10 a 15	0.91a0.87	1,900a3,100
Arena húmeda	2,450 a 3,900	10 a 15	0.91a0.87	2,150a3,550

-----

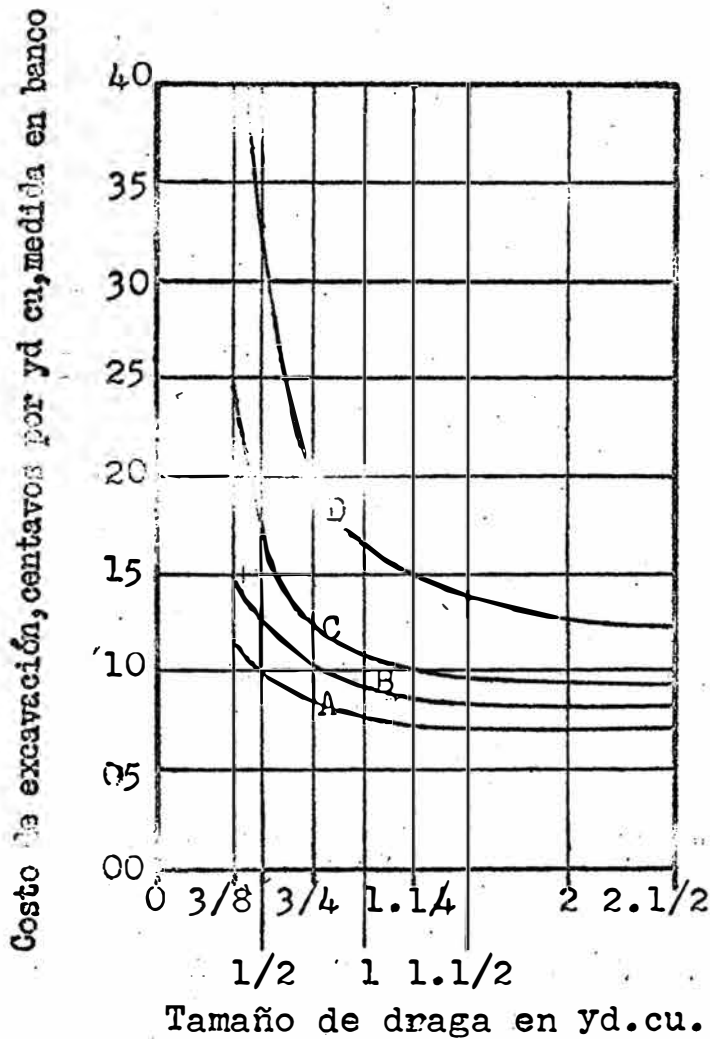
El tiempo de ciclo por pase (tp) depende de la altura de banco (bh), ángulo de giro (Ws) y la posibilidad de carga del material (m) ó:

$$tp = bh \times Ws \times m \times \text{tiempo de giro} \dots\dots\dots(20)$$

El promedio del tiempo de ciclo por pase (tp) es normalmente de 30 segundos y el ángulo de giro (Ws) es calculado sobre una base de giro de 90°. Un ángulo de giro menor resultará en ciclos menores y por lo tanto en carga más rápida. Así, la posición del camión con respecto a la pala es bastante importante.

**IV.1.2.- DRAGAS.**

Estas unidades se usan comunmente en operaciones de decapado donde el material se vierte en unidades de acarreo, ó en diques, presas y bancos de desperdicio. La determinación y cálculo de tiempo de pase es similar al de las palas de poder, pero las dragas son generalmente más lentas. El promedio de tiempo de pase es alrededor de 60 segundos. Este tiempo es mayor cuando se carga un camión, a causa del espacio relativamente pequeño que ofrece el lecho de la tolva del camión. También es difícil centrarlos, resultando en



TAMAÑO yd. cu.	COSTO Por hora S	CURVA	CLASE DE MATERIAL
3/8	6.30	A	Lama Húmeda o arcilla
1/2	6.90	B	Tierra común, buena
3/4	8.00	C	Arcilla dura
1	9.20	D	Arcilla Húmeda, Chiclosa
1.1/4	10.35		
1.1/2	11.50		
2	13.80		
2.1/2	16.00		

Fig. 11.- Efecto de la clase de material y del tamaño del cucharón sobre el costo de excavación de tierra con draga.



verter parte de la carga fuera de la tolva y tiempo perdido adicional.

Por otro lado, las dragas pueden cargar camiones que tengan la tolva en el mismo nivel ó más bajo. En el último de los casos la distancia de giro y de elevación puede ser significativamente disminuida, particularmente por camiones y dragas más grandes.

Una desventaja del empleo de la draga, en comparación con la pala, es la reducida producción de la draga, siendo su producción de 20 a 25 % menor que la de una pala del mismo tamaño. El tamaño de una draga está indicada por el tamaño del cucharón, expresado en yardas cúbicas.

#### IV.1,3.- CARGADORES FRONTALES.

La popularidad de los cargadores sobre llantas ó sobre orugas está sujeto a su costo más bajo y mayor maniobrabilidad comparado con las palas de poder y las dragas. El tamaño y la capacidad de las cucharas se calculan del mismo modo que en las palas de poder, y el promedio del tiempo de pase (tp) es de 30 a 45 segundos. Los cargadores sobre orugas no son muy populares en la industria minera a causa de su alcance limitado y relativa falta de maniobrabilidad. Sin embargo, los cargadores frontales sobre llantas son comunes en operaciones a tajo abierto. Trabajan bien en materiales de fácil excavación, y con bajo nivel de banco, tales como carbón, laterita y arena petrolífera. Con la introducción del Caterpillar beadless-tire, unidades de mayor capacidad y otras mejoras de diseño, los cargadores frontales encuentran más aplicaciones en operaciones sobre rocas disparadas y pits profundos. La más grande unidad disponible puede cargar un camión de 150 toneladas. Por otro lado, un cargador frontal no puede cargar directamente de un espacio convencional de 50 pies y requiere de un disparo para aumentar facilidad de operación

o bulldozers para reducir nivel de banco.

#### IV.1.4.- RETROEXCAVADORAS.

Actualmente estas unidades están limitadas alrededor de 7 yardas cúbicas de capacidad. Descargas precisas y más rápidos tiempos de ciclo son posibles si se comparan con las dragas debido al control hidráulico que poseen. El promedio tp es de 30 segundos. Se han usado cucharas hasta de 12 yardas cúbicas de capacidad, y son generalmente menos costosas y más maniobrables que comparadas con una pala de poder.

#### IV.1.5.- EXCAVADORAS - TELV.

Ocasionalmente es posible topar de carga un camión desde una excavadora aérea, con descarga a través de salidas controladas. Este es un método extremadamente eficiente de cargar un camión, llevando a cabo todo este proceso en menos de un minuto. Utilizar tal sistema requiere un cambio en el sistema de transporte a camiones, ó por lo menos a diferentes tipos de camiones.

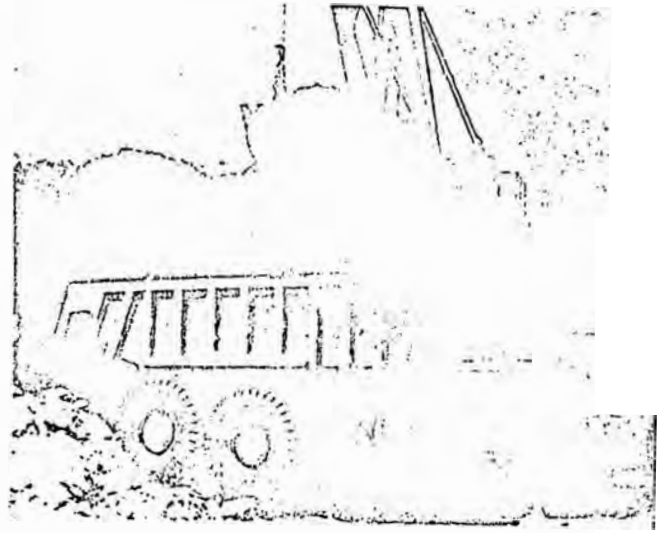
#### IV.1.6.- ZANJADORAS.

Con estos sistemas, los camiones son cargados directamente por faja transportadora. Es eficiente en cuanto a un camión estacionado desde que éste es normalmente cargado rápidamente, pero no tanto así para el cargador, el cual está sujeto a frecuentes interrupciones en producción. Las zanjadoras de rueda con cangilones se usan generalmente con sistemas transportadores de faja. Se han usado zanjadoras pequeñas para cargar camiones, pero normalmente solo en forma temporal.

Volviendo la atención a la fase de descarga, el empleo del tiempo del camión en descargar comprende: maniobra, estacionamiento y el tiempo de descarga real. Las descargas



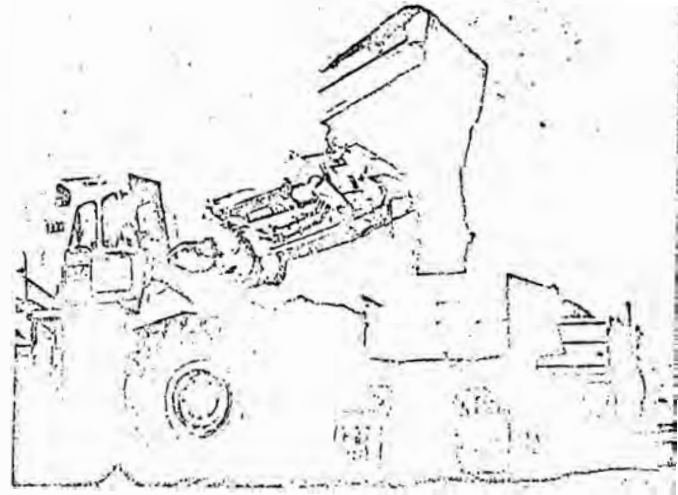
Una Bucyrus Erie, carga directamente en el Pit Kelley de la Anaconda en Montana.



La pala de poder, el método de carga más ampliamente usado, son ideales para aplicaciones en Pits profundos donde son comunes los bancos de hasta 50 pies.



El cargador de Bucyrus Erie, presenta aquí, un cucharón frontal de quijada, disfrutando de alguna popularidad en Europa.



Cargadores frontales, equipados aquí con un balde de descarga controlada, ofrecen otra interesante posibilidad de carguío.

AL DETERMINAR LA FLOTA DE CAMIONES REQUERIDA, UNA IMPORTANTE CONSIDERACION ES UN ESTUDIO CUIDADOSO DE CARGUÍO.

deben ser designadas para manipular el promedio de producción deseado.

Cuando se acarrea mineral, se emplea generalmente la descarga posterior hacia una tolva localizada delante de una chancadora. El arreglo de la descarga puede ser establecido con hasta tres puntos de descarga alimentando otras tantas chancadoras. Las medidas de tráfico son firmemente controladas alrededor del área de descarga del mineral por luces de tráfico. Los camiones regresan hacia el punto asignado de descarga, y de esa manera el tiempo real de descarga toma entre 19 y 25 segundos, dependiendo del tipo de camión. El tiempo total de descarga, excluyendo el tiempo de espera, fluctúa entre un promedio de 60 a 90 segundos. El tiempo en descargar desmonte, cuadrarse, y descargar es más bajo, pero las condiciones del suelo son con frecuencia peores. Así, diremos que el tiempo de descargar desmonte es estimado en la misma manera que el tiempo de descargar mineral.

Los camiones de descarga por el fondo tienen una ventaja que los distingue durante el ciclo de descarga porque el camión se dirige directamente hacia el punto de descarga. El tiempo de estacionamiento y maniobra es mínimo. Varias configuraciones de designación, incluyendo tolvas que requieren que los camiones se detengan para descargar, permiten tiempos de descarga que varían de 18 a 90 segundos.

#### IV.2.- CONSIDERACIONES ESENCIALES DE TIEMPOS DE VIAJE.

Al examinar el tiempo de viaje entre el punto de carguío y el punto de descarga, se deben considerar ambas direcciones. El trazado del perfil de transporte debe ser dividido en tramos, como si cada tramo tuviese una gradiente única, longitud, resistencia al rodamiento, y limitación de velocidad máxima. Las limitaciones de velocidad son también i nuestas al emplearse curvas cerradas, puentes angostos y

áreas de cruce de tráfico. Dada la información líneas arriba, es posible calcular los tiempos de viaje, incorporando estos factores:

#### IV.2.1.- RESISTENCIA AL RODAMIENTO (RR).

Es la fuerza retardante del suelo hacia las ruedas del vehículo que debe ser superada antes que el vehículo se ponga en movimiento. La resistencia al rodamiento se expresa en libras de la tracción que se requiere para mover cada tonelada bruta del vehículo, ó como un porcentaje equivalente de gradiente. El uno por ciento de gradiente es considerado equivalente a una fuerza de 20 libras por tonelada de peso del vehículo.

$$\text{Resistencia a la rodadura} = \frac{\text{Peso sobre ruedas}}{\text{Factor de resistencia a la rodadura (lb/Tón)}} \times \dots (21)$$

El problema primario al medir la resistencia al rodamiento es determinar la fuerza retardante exacta para cada tramo del camino. Cuando la investigación ha sido realizada, la industria minera tiende a emplear un arbitrario índice empírico en lugar de medirla.

El índice de los factores típicos de resistencia al rodamiento de la Caterpillar se ilustra en la tabla 12.

#### Ejemplo:

Cuál es la resistencia a la rodadura de un tractor D8  $\nabla$  463 (35,560 lb de peso); viajando horizontalmente en una carretera de tierra que se flexiona considerablemente.

$$35,560 \text{ lb} = 17.78 \text{ TC}$$

Por lo tanto:

$$\text{RRvacío} = 17.78 \text{ TC} \times 100 \text{ lb/TC} = \underline{\underline{1,778 \text{ lb}}}$$

Si lo suponemos cargado:  
 el D8  $\nabla$  463 tiene una capacidad máxima de 66,000 lb  
 (33 TC).

entonces: carga sobre ruedas = 50.78 TC.

RRcargado = 50.78 TC x 100 lb/TC = 5,078 lb

-----  
 TABLA 12. FACTORES TÍPICOS DE RESISTENCIA AL RODAMIENTO.  
 -----

Condiciones del suelo	lb/Ton.	Gradiente (%)
1) Duro, camino llano no deformable sin penetración bajo carga (concreto ó asfalto).	40	2.0
2) Firme, camino llano ligeramente flexible bajo carga (asfalto ó grava)	65	3.5
3) Nieve - hielo	50	2.5
- suelto	90	4.5
4) Caminos con baches, se flexiona considerablemente bajo carga, poco mantenimiento, sin agua (arcilla dura, una pulgada o más de penetración de la llanta).	100	5.0
5) Camino con baches, sin nivelar, tal vez blando bajo viaje (4-6 pulgadas de penetración de la llanta).	150	7.5
6) Blando, lodoso, camino con baches ó arena.	200-400	10-20

- ORIGEN: Caterpillar Tractor Co.  
 -----

#### IV.2.2.- RESISTENCIA A LA GRADIENTE (GR).

Resistencia a la gradiente es la fuerza retardante de la gravedad que debe ser vencida ó equilibrada para mover un vehículo en pendiente favorable ó en desfavorable. Así como la resistencia al rodamiento, la resistencia a la gradiente se expresa en libras por tonelada de peso bruto del vehículo, ó como porcentaje equivalente de gradiente. Nueva-

mente aquí, se emplea la cantidad de 20 libras por tonelada equivalente al 1% de gradiente.

$$GR = \text{Peso total} \times 20 \text{ lb/Ton} \times 1\% \dots\dots\dots(22)$$

-----  
 TABLA 13. EFECTO DE LA PENDIENTE SOBRE EL ESFUERZO DE TRACCION DE LOS VEHICULOS EN LIBRAS POR TONELADA BRUTA  
 -----

Pen- diente %	Lb por ton de peso bruto	Pen- diente %	Lb por ton de peso bruto
1	20.0	12	238.1
2	40.0	13	257.8
3	60.0	14	277.1
4	80.0	15	296.6
5	100.0	20	392.3
6	119.8	25	485.2
7	139.8	30	574.7
8	149.2	35	660.6
9	179.2	40	742.8
10	199.0	45	820.8
11	218.0	50	894.4

-----

Ejemplo:

Se tiene un tractor D8-H y un escreipor 463 (66,000 lb de capacidad de carga) - (D8-H/463) en una carretera afirmada y 5% de gradiente; el D8 vacío pesa 49,400 lb. y el 463 vacío pesa 36,000 lb.

Entonces:  $36,000 + 66,000 = 102,000 \text{ lb.}$

$RR = 51 \times 60 = 3,060 \text{ lb.}$

$GR = 75.7 \times 20 \times 5 = 7,570 \text{ lb.}$

Resistencia Total = 10,630 lb.

IV.2.3.- GRADUABILIDAD - TRACCION.

Es la capacidad de un vehículo para vencer una pendien-



STATION W-185

City of  
Chicago

Assistant  
City Clerk

Ernest  
C. ...

15,000

24,000

31,000

...  
...  
...  
...  
...

30,000

39,000

48,000

57,000

66,000

75,000

84,000

93,000

102,000

...  
...  
...

1st 2nd 3rd 4th 5th 6th 7th 8th 9th 10th 11th 12th 13th 14th 15th 16th 17th 18th 19th 20th 21st 22nd 23rd 24th 25th 26th 27th 28th 29th 30th 31st 32nd 33rd 34th 35th 36th 37th 38th 39th 40th 41st 42nd 43rd 44th 45th 46th 47th 48th 49th 50th 51st 52nd 53rd 54th 55th 56th 57th 58th 59th 60th 61st 62nd 63rd 64th 65th 66th 67th 68th 69th 70th 71st 72nd 73rd 74th 75th 76th 77th 78th 79th 80th 81st 82nd 83rd 84th 85th 86th 87th 88th 89th 90th 91st 92nd 93rd 94th 95th 96th 97th 98th 99th 100th

1.7

2.2

3.0

3.9

4.8

7.0

...  
...  
...



dada, y que incluye ambos factores de resistencia tanto a gradiente como al rodamiento. Mientras que la resistencia al rodamiento es siempre positiva, la resistencia a lagradiente es positiva cuesta arriba y negativa cuesta abajo.

Cuando ambas se combinan se denomina "resistencia efectiva total". Esta figura, conjuntamente con el rendimiento del motor, relaciones de transmisión, datos relativos a neumáticos y peso del vehículo, pueden ser empleados para determinar el coeficiente de tracción y la velocidad del vehículo. Los fabricantes de camiones proveen "índices estadísticos de rendimiento" de los cuales se puede calcular la velocidad máxima del vehículo. Figuras 12 y 13.

$$\text{Lbs. utilizables} = \text{Coef. de tracción} \times \text{Peso de las ruedas propulsoras} \dots(23)$$

-----  
TABLA 14. COEFICIENTES DE TRACCION  
-----

	Orugas	Llantas
Tierra firme	0.85	0.55
Tierra suelta	0.60	0.45
Arena seca	0.30	0.30
rena mojada	0.35	0.30-0.40
Concreto	0.45	0.90
Lama arcillosa seca	0.90	0.50-0.70
Lama arcillosa mojada	0.70	0.40-0.50
Nieve sec	0.15-0.35	0.20
Hielo	0.12	0.12

-----

En el tractor D8-H (gráfico) se tendrá:

$$49,400 \text{ lb} \times 0.85 = \underline{41,990 \text{ lb utilizables.}}$$

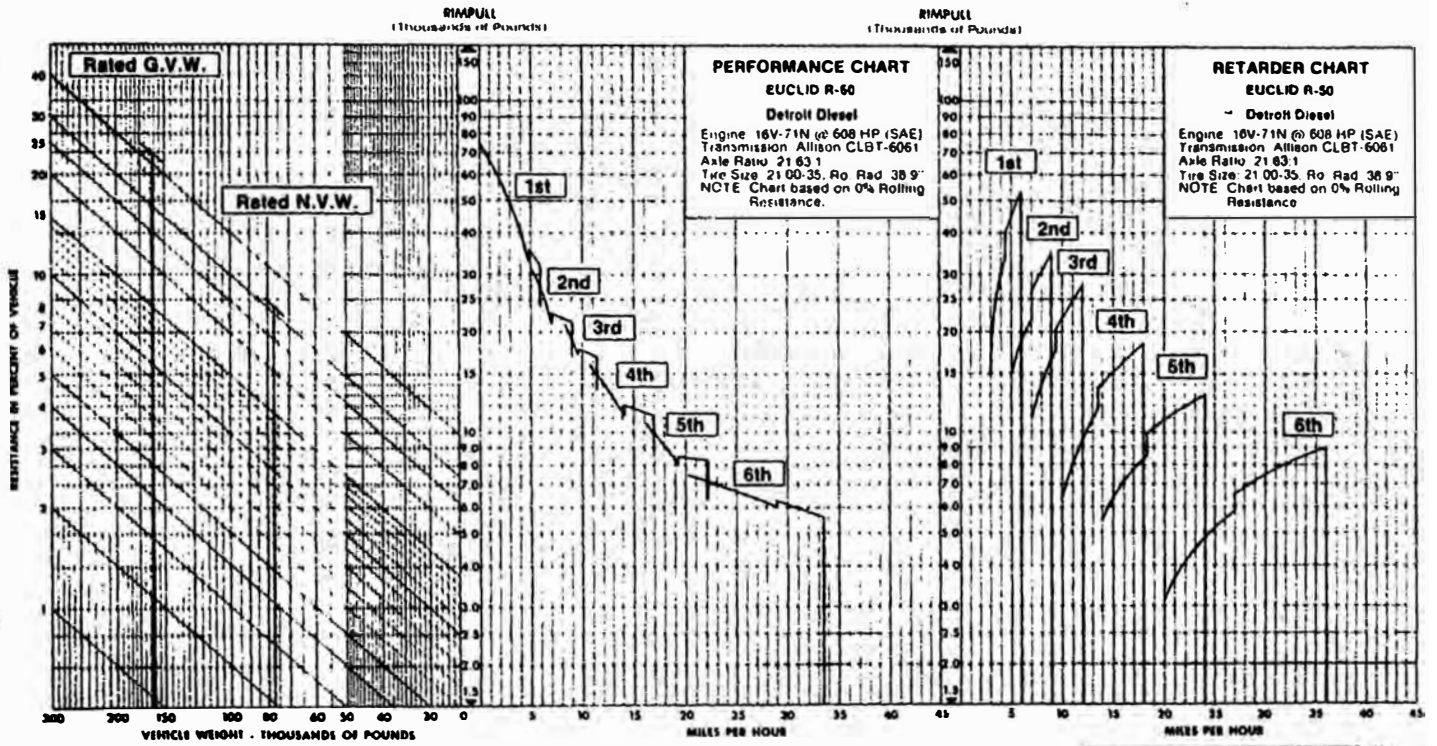
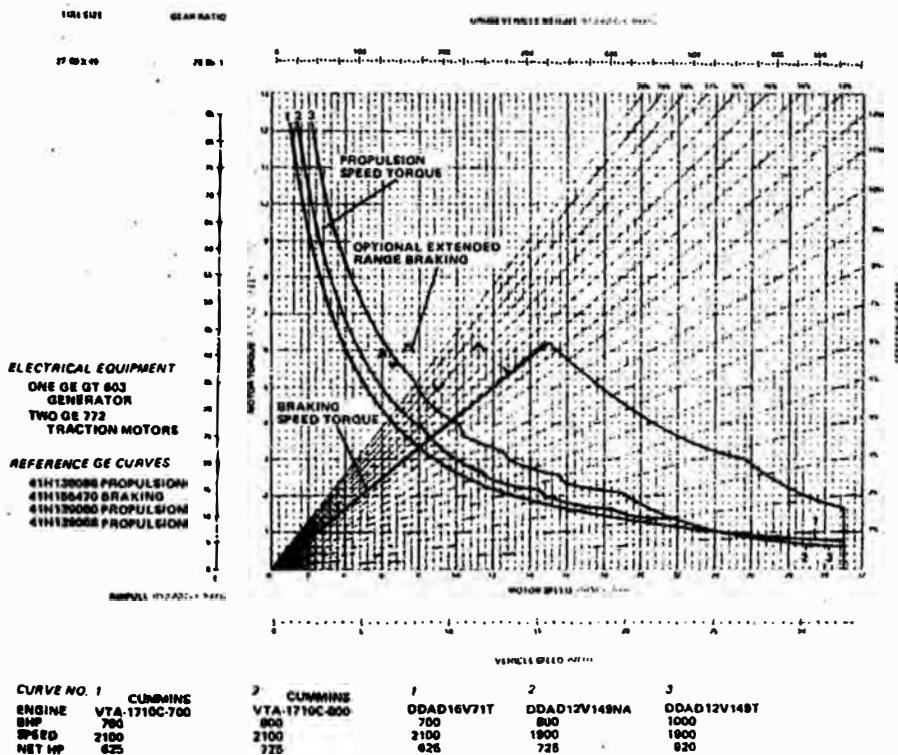


Fig. 12.- Gráfico de performance y frenado dinámico para un camión de tracción mecánica.

Fig. 13.- Las características de frenado eléctrico están descritas sobre este gráfico de performance para un camión no-carretero Unit Rig's R-100.



#### 11.2.4.- EFECTO DE LA ALTURA EN EL RENDIMIENTO DEL MOTOR.

En regiones altas con respecto al nivel del mar, el aire contiene menos oxígeno y origina una reducción de potencia en el motor. Cada fabricante señala la altitud máxima en la cual sus unidades pueden emplearse sin disminuir su rendimiento. Acerca de este punto, se pueden emplear las siguientes reglas:

- a) Motores de cuatro tiempos: 3% por cada 1,000 pies de altura sobre el límite dado por el fabricante, límite a partir del cual la máquina empieza a decrecer en su rendimiento.
- b) Motores de dos tiempos: 1.3% por cada 1,000 pies, hasta los 6,000 pies. Luego 3% por cada 1,000 pies sobre los 6,000 pies.

Los motores equipados con turbocargadores y enfriadores pueden operar a mucho mayores altitudes sin bajar su rendimiento.

El turbocargador empuja el aire dentro del orificio de entrada del motor a mayores alturas que la presión atmosférica; como resultado se guarda más oxígeno dentro de la cámara de explosión, y el motor genera más poder. Al calcular las velocidades de viaje para un camión a una elevación donde se exige que su motor baje su rendimiento, se reducirá el coeficiente de tracción.

El tractor DG-H, con motor de cuatro tiempos, y se encuentra trabajando a 15,000 pies de altura, siendo su rendimiento normal hasta los tres mil pies de altura.

Entonces:  $15,000 - 3,000 = 12,000$  pies

$12,000 \times 3\% = 36\%$  de potencia que se pierde.

O sea a 15,000 pies se trabaja con el 64% de la potencia disponible. Entonces la potencia real para cada cambio será:

Cambio	Pot. disponible	x	% eficiencia	=	Potencia real
Primera	54,200	x	0.64	=	34,700 lb.
Segunda	44,600	x	0.64	=	28,500 lb.
Tercera	30,900	x	0.64	=	19,800 lb.
Cuarta	22,400	x	0.64	=	14,300 lb.
Quinta	16,800	x	0.64	=	10,800 lb.
Sexta	10,800	x	0.64	=	6,900 lb.

CONCLUSION: El D8-H/463 a esta altura podrá operar utilizando los cambios entre primera y quinta. El cambio en sexta no se podrá usar por estar su potencia real por debajo de las 10,630 lb.

#### IV.3.- CALCULO DEL TIEMPO PROMEDIO POR CICLO.

El tiempo de ciclo se divide normalmente en dos partes:

- Tiempo fijo (carga y descarga), y
- Tiempo variable (viaje cargado y descargado).

El tiempo de ciclo se ha concentrado sobre las capacidades teóricas. Es ahora necesario introducir factores empíricos para derivar el ciclo promedio para un camión sobre una base continua.

#### IV.3.1.- PRODUCTIVIDAD.

Este factor afecta cualquier operación repetitiva que requiere participación humana y una interface con una ó más operaciones separadas. Ninguna operación de esta naturaleza puede trabajar coherentemente al 100% de eficiencia. Los detalles que se deben considerar al estimar la producti-

vidad, incluye:

- 1) Fila de espera.- Esto puede ocurrir tanto en la carga como en la descarga, causado generalmente por una avería ó embotellamiento, necesitándose una reducción en la descarga.
- 2) Agrupación.- Esto es común al comienzo y al término de un turno y al descanso por refrigerio, y puede también resultar al mezclar los camiones más rápidos y los más lentos en el mismo acarreo. El resultado es el mismo que en la fila de espera, un agrupamiento de camiones en los puntos de carga o descarga.
- 3) Emparejamiento.- Alución hecha líneas arriba, ocurre al mezclar cargadores pequeños con camiones grandes y chicos, ocurriendo el fenómeno de diferentes números de pases para el carguío de cada camión y por consiguiente diferentes tiempos de carguío; también al mezclar los tiempos de carga, descarga y viaje.
- 4) Clima.- La lluvia pesada y severos extremos de temperatura pueden alterar el tiempo de ciclo, si no se tiene la debida habilidad de operar.
- 5) El elemento humano.- Depende mucho del estado anímico, físico y mental del individuo, y varía de tiempo en tiempo y de área en área.

La productividad es un área muy discutida y poco entendida. En una operación establecida, los estudios de tiempo comprensibles pueden ser de inestable valor. Desafortunadamente, se carece de estos bastante a menudo, dejando al encargado recurrir a otros medios. Una alternativa es el uso de modernas técnicas de computación. Otra es emplear factores empíricos. El teórico tiempo de ciclo es relacionado a una hora do 50 minutos al calcular ciclos

or hora. Este es un factor de 83% de eficiencia y ha probado ser bastante certero para trabajos en diversos puntos bajo razonables condiciones de trabajo. El bajo rendimiento puede ser aumentado ó disminuido por el encargado, dependiendo de la severidad de las condiciones de trabajo, tipo de fuerza de trabajo, ó grado de conservadorismo que él desee reflejar en su cálculo.

#### IV.3.2.- FACTORES DE VELOCIDAD.

Al calcular velocidades de viaje, las curvas de rimpull - término que se utiliza para designar la fuerza de tracción entre las llantas de las ruedas motrices y la superficie sobre la cual viajan - dan la velocidad máxima que se puede lograr. La velocidad debe ser reducida, si es necesario, a causa de la baja de rendimiento por la altitud y también porque no es posible mantener la máxima velocidad por un segmento completo.

Los factores que influyen el promedio de velocidad en un segmento, incluye la presencia de curvas y otras restricciones de tráfico, y la aceleración y desaceleración necesaria de un segmento de perfil de acarreo.

Muchos factores empíricos están siendo aplicados en computaciones manuales para calcular el tiempo variable de un ciclo de camión.

#### IV.3.3.- OTRAS CONSIDERACIONES DE TIEMPO QUE INFLUYEN EN EL TIEMPO DEL CICLO DE ACARREO.

Una vez que el tiempo de viaje ha sido calculado, se combina con el componente de tiempo fijo para hallar el teórico tiempo de ciclo de una hora de 60 minutos. Después de ser desgravado por un factor de productividad, se deriva el esperado número real de ciclos por hora de operación. La capacidad de producción horaria es simplemente el producto

de la carga útil efectiva y el tiempo promedio de ciclo.

Es importante acotar que el estimador debe reconocer el significado e impacto de cada factor para asegurarse no halla duplicación. La técnica descrita es solo un método de estimar las exigencias de flota. Pero cualquier sistema usado para estimar productividad debe incluir tres factores básicos:

- 1) Aspectos externos que limitan la capacidad del camión para operar y fijar objetivos promedios de productividad incluyendo días feriados, disponibilidad de cargadores, etc.
- 2) Capacidad del camión para realizar el trabajo, incluyendo disponibilidad mecánica y utilización.
- 3) Productividad, que impone el elemento humano, clima, etc.

ESTUDIO DE TIEMPOS Y PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES EN EL  
Mc CUNE PIT DE CERRO DE PASCO (Mayo de 1,975).

El transporte se realiza por medio de camiones Dart (13.5 m<sup>3</sup>; 23 unidades) y camiones Haulpack (11.9 m<sup>3</sup>; 9 unidades). Con una disponibilidad mecánica del 50%. El cargufo se realiza con palas eléctricas P&H de 4.5 yardas cúbicas.

Existen los siguientes circuitos de recorrido:

<u>Banco</u>	<u>Botadero</u>	<u>Distancia (Km)</u>
4230-40	Miraflores	2.891
4340-50	Miraflores	1.761
4260-70	Miraflores	1.506
4260-70	Rumiallana	1.515
4230-40	Chancadora	2.671
4250-60	Chancadora	2.321
4250-60	Rumiallana	2.550
4250-60	Miraflores	2.541

Estos perfiles han sido divididos en tramos de 100 metros cada uno, con el objeto de tener una idea más clara de la travesía del camión en cada uno de estos.

#### OBJETIVOS:

- 1) Distribución de tiempos.
  - a) Tiempo útil (cuadrada, carguío, acarreo t descarga).
  - b) Tiempo inerte (descanso, cambio de guardia y servicios).
  - c) Tiempo negativo (esperas, demoras y malogrado).
- 2) Velocidad de los camiones en Km/hr.
- 3) Producción de los camiones en Ton/hr.
- 4) Relaciones entre capacidad de producción y distancias (gráfico).
- 5) Relaciones entre distancias y velocidades (gráfico).
- 6) Relaciones y capacidades entre velocidades y gradientes (gráfico).

#### TIEMPOS UNITARIOS DE LOS CAMIONES.

- 1) a) Comienzo de maniobra, estacionar.
  - b) Cuadrada para el carguío.
- 2) El carguío se computa desde que la pala deposita el primer cucharón hasta el último cucharón.
- 3) Concluido el carguío, se inicia el acarreo ó viaje de ida.
- 4) En el botadero ó chancadora, vuelve a estacionarse para descargar, todo el tiempo se incluye en la operación de descarga. Los respiros de los choferes en el botadero, se denominan demoras en el botadero.
- 5) Concluida la descarga, se inicia la operación del viaje de retorno hacia el lugar de carguío.
- 6) Al inicio y al final de cada guardia (tres guardias), la gente se moviliza desde el patio de operaciones (playa de estacionamiento) hasta su lugar de trabajo o viceversa, se denomina cambio de guardia.



- 7) El tiempo de aprovisionamiento de combustible, se denomina tiempo de servicio (puede ser considerado como negativo e inútil, pues hay personal encargado de realizar esta operación antes de iniciar la guardia).
- 8) Cuando hay desperfectos, el tiempo perdido se denomina malogrado.
- 9) A media guardia existen 45 minutos de refrigerio que se denomina tiempo de descanso, coincidiendo con el tiempo de engrase de las palas.
- 10) Bajo otros se incluye:
  - a) Demoras por disparos.
  - b) Reestacionamiento por cuadrada defectuosa.
  - c) Trabajo del camión en otra pala.
  - d) Tiempos que no han podido ser determinados.

#### RESULTADOS DEL ESTUDIO.

Los resultados los podemos ver en las tablas 15, 16, 17 y 18 y en las figuras 14, 15, 16, 17 y 18.

De este estudio se pone a consideración las siguientes conclusiones y sugerencias:

- 1) Las unidades de transporte existentes tanto Darts como Haulpacks han sobrepasado las horas efectivas de trabajo óptimo, es por ello que el rendimiento por unidad es deficiente en estos momentos.
- 2) Los accesos y perfiles de acarreo del tajo no se encuentran en muy buenas condiciones, Hay huecos que dificultan el normal funcionamiento de los camiones.

Existen puntos en los cuales se juntan hasta tres rutas diferentes, siendo las curvas y algunos tramos muy angostos, lo que hace que el operador deba disminuir la velocidad para permitir el pase de los otros vehículos.

En el gráfico de velocidades del recorrido al botadero Rumiallana, cuando el vehículo está descargado y teniendo la gradiente a su favor en el tramo 15N al 13N, se observa que la velocidad del vehículo descargado es menor que la velocidad cargado, cuando lo lógico y debido a las condiciones explicadas debe ser lo contrario, pero ello se debe más que nada al hecho de que este tramo es angosto, por lo que el camión descargado debe ceder el paso al camión cargado con una cierta disminución en la velocidad, y también debido a su proximidad con el cruce de los bancos 4250, 4260, 4270.

3) Se observa que el porcentaje de esperas es de 14.57%, lo que nos indica que casi el 50% del tiempo negativo corresponde a las esperas.

4) Se sugiere mejorar los accesos y perfiles de acarreo. Ampliar las curvas.

Estudio N°	Espera en el Taje	Cuadrada Suma/Unitario	Espera en la Pala Suma/Unitario	Carguío Suma/Unitario	Viaje		Descargue	TOTAL	
					Cargado	Descargado			
1	37"	235"/47"	388"/77.6	432"/86"	8529"	149"	9915"		
2	165"	417"/52"	306"/38.2"	988"/123"	4664"	7037"	3366"	272"	9170"
3	390"	225"/37.5"	1425"/217"	648"/188"	4402"	3100"	2635"	662"	6450"
4	717"	333"/66"	789"/157.8"	538"/108"	1484"	5013"	1616"	290"	7680"
5	0"	440"/55"	1405"/175.7"	802"/100"	2729"	5231"	2284"	541"	8420"
6	483"	135"/27"	1578"/315.6"	569"/114"	2844"	9221"	2387"	394"	9347"
7	0"	334"/66.8"	1167"/233.4"	532"/116"	3445"	5490"	2770"	388"	7980"
8	20"	363"/65"	1145"/190.8"	716"/119"	3303"	6513"	2190"	540"	9237"
9	17"	239"/47.8"	1350"/270"	937"/	3740"	5216"	2772"	452"	8205"
10	540"	265"/53"	1094"/218.8"	549"/110"	2985"	5452"	2231"	1995"	9895"
11	1265"	220/ 44"	506"/101.2"	649"/130"	3280"	5483"	2172"	536"	3655"
12	0"	265"/53"	1922"/384.4"	600"/120"	3256"	4500"	2227"	542"	7828"
					2629"		1871"		
<b>Promedio Uni- tarios.</b>	58.32"	5.2"	198.4"	112"	1046.5"		104.25"	1570.7"	
<b>Promedios Pesados</b>	301.59"	265.77"	933.17"	665.18"	5736.74"		575.22"	8477.67"	
<b>% Unitarios</b>	3.71	3.26	12.63	7.13	3262.53/2474.21		6.64	100.00	
<b>Porcentaje</b>	3.56%	3.13%	11.01%	7.84%	66.63		6.78%	99.99%	
					38.48%/29.19%				

TABLA 16. DISTRIBUCION DE TIEMPOS Y PORCENTAJES TOTALES  
(ver figura N° 14)

Estudio N°	Otros	Tiempo Util	Tiempo Inerte Negativo	Tiempo negativo	Total	Tiempo de Op. Pala Tract. Mov. Fuente y Cable (°)
1	1513"	7927"	50"	1938"	9915"	0"
2	577"	7632"	500"	1048"	9170"	130"
3	1821"	2814"	0"	3636"	6450"	520"
4	1442"	4732"	0"	2948"	7600"	100"
5						
6	1423"	5591"	0"	2829"	8420"	92"
7	1834"	5452"	0"	3895"	9347"	0"
8	77"	6088"	648"	1244"	7980"	1152"
9	748"	7240"	84"	1913"	9237"	0"
10	715"	6123"	0"	2082"	8205"	517"
11	2496"	5295"	470"	4130"	9895"	306"
12	1482"	5273"	133"	3249"	8655"	747"
13	1050"	4856"	0"	2972"	7828"	840"
Promedios Pesados	1175.21"	5392.96"	163.74"	2433.93"	7990.63"	346.29"
Porcentajes	14.71	67.49	2.05	30.46	100.00	4.33

(°) El tiempo de operación pala, tractor moviendo puente y cable, está comprendido en el tiempo útil.

-----  
 TABLA 17. VELOCIDAD Y GRADIENTE POR TRAMOS (Km/hr - ‰)  
 -----

TRAMO	V E L O C I D A D		GRADIENTE
	CARGADO	DESCARGADO	
1- 2	13.80	23.66	4.20
2- 3	16.88	27.10	4.40
3-44	13.51	22.55	5.30
4- 5	13.58	24.89	6.90
5- 6	15.69	23.64	3.71
6- 7	21.86	24.46	0.15
7- 8	24.71	24.99	-0.90
8- 9	24.66	24.42	0.75
9-10	24.72	25.40	3.75
10-11	14.21	24.96	5.20
11-12	17.67	26.20	4.69
12-13	13.81	19.83	4.90
13-14	12.47	23.52	6.50
14-15	13.52	23.87	5.50
15-16	12.28	23.03	7.10
16-17	12.68	22.82	9.29
17-18	12.90	19.06	5.25
18-19	17.10	21.99	2.85
19-20	21.03	23.95	0.71
20-21	23.84	22.99	-3.07
21-22	23.33	24.43	-1.10
22-23	23.68	23.72	1.60
23-24	23.30	23.84	3.80
24-25	13.76	23.25	-.-
12 -13N	13.70	17.7	-.-
13N-14N	16.60	15.2	4.40
14N-15N	15.60	12.0	6.30
15N-16N	18.00	20.0	5.50
16N-17N	17.70	24.0	6.00
17N-18N	18.30	22.9	8.08
18N-19N	16.40	22.1	6.10
19N-20N	18.00	22.5	3.50
20N-21N	17.40	16.9	6.80
21N-22N	16.90	21.5	6.10
22N-23N	18.60	16.4	-0.47
23N-24N	20.00	18.6	0.75
24N-25N	22.50	20.8	0.64
25N-26N	23.50	17.7	-2.60
g-f	24.3	25.7	-0.8
f-e	16.5	18.0	2.1
e-d	22.8	19.8	10.26
d-c	24.0	23.5	7.10
c-b	26.3	24.3	5.00
b-a	27.1	28.1	3.80
a-19	23.7	20.6	-2.03

-----

TABLA 18 CUADRO DE PRODUCCION SEGUN DISTANCIAS (ver figura 18)

Marca de camión	Banco	Botadero	Distancia (Km)	Velocidad cargado (Km/hr)	Material acarreado	pesoespecífico promedio	horas por viaje	Ton por viaje	Ton por hora
Dart	4230-40	Miraflores	2.891	17.69	Pirita(W:4.38) Caliza(W:3.22)	3.80	0.1634	38.24	234.027
Haulpak	4340-50	Miraflores	1.761	22.59	Pacos (W:2.26)	2.26	0.0780	34.23	438.846
Dart	4260-70	Miraflores	1.506	19.04	Volcánico (W:2.83) Caliza(W:3.22)	3.03	0.0791	38.24	483.439
Dart	4260-70	Rumiallana	1.515	13.03	Pb-Zn en Pirita(W:4.12)	4.12	0.0338	38.24	456.324
Dart	4230-40	Chancadora	2.671	15.48	Pb-Zn en Pirita(W:4.12)	4.12	0.1725	38.24	221.681
Dart	4250-60	Chancadora	2.321	14.47	Pb-Zn en Pirita(W:4.12)	4.12	0.1604	38.24	238.404
Dart	4250-60	Rumiallana	2.550	16.92	Pb - Zn en Pirita(W:4.12)	4.12	0.1507	38.24	253.749
Dart	4250-60	Miraflores	2.541	15.60	Pb-Zn en Pirita(W:4.12)	4.12	0.1531	38.24	249.771

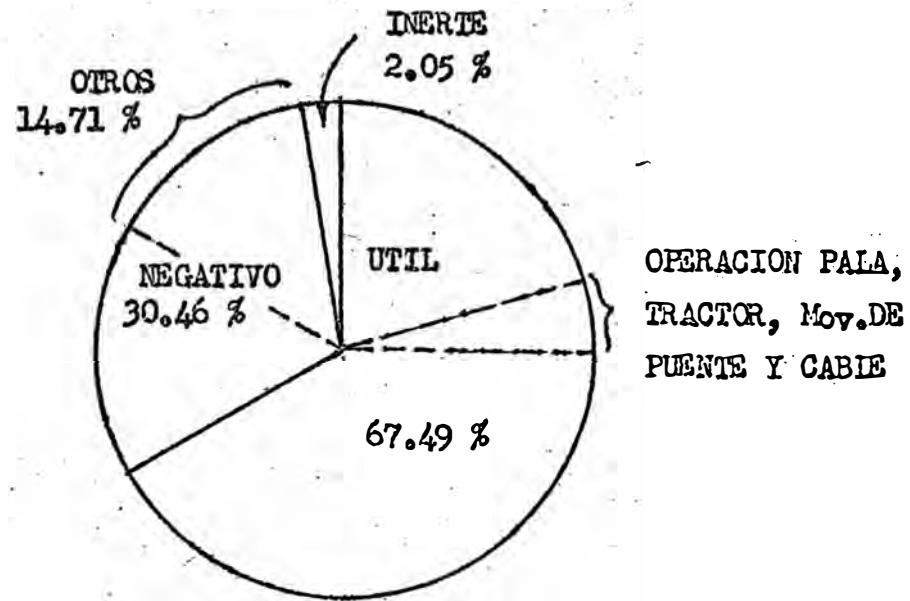
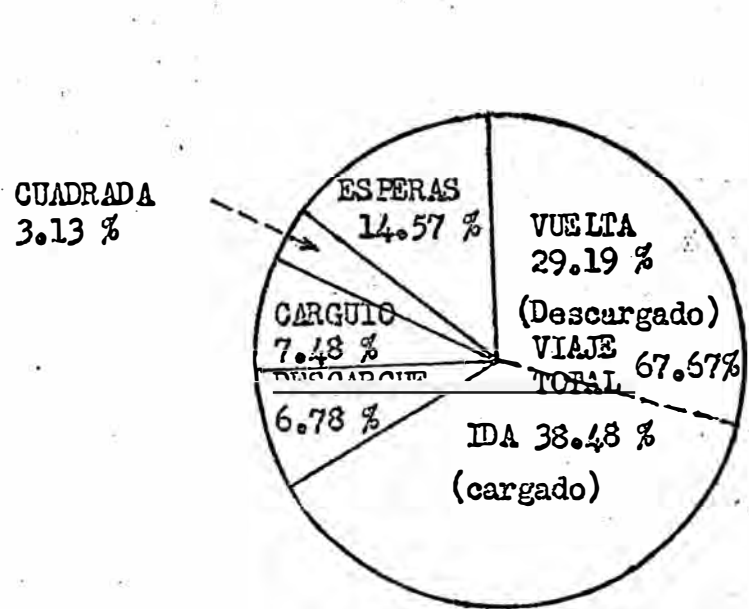
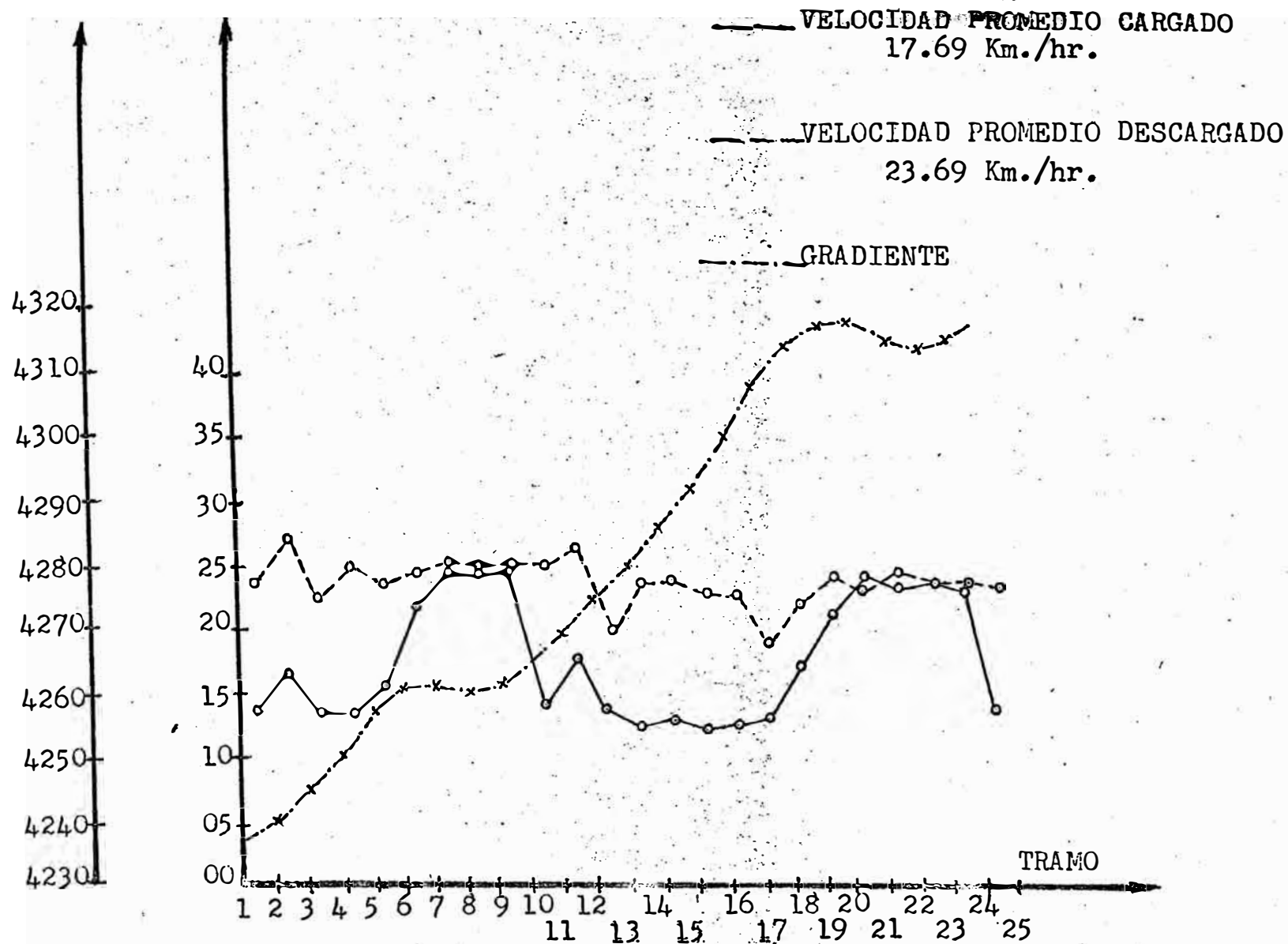


FIG. 14.- Distribución del ciclo de camiones en porcentajes del total.



VELOCIDAD: 1: 500

ESCALA

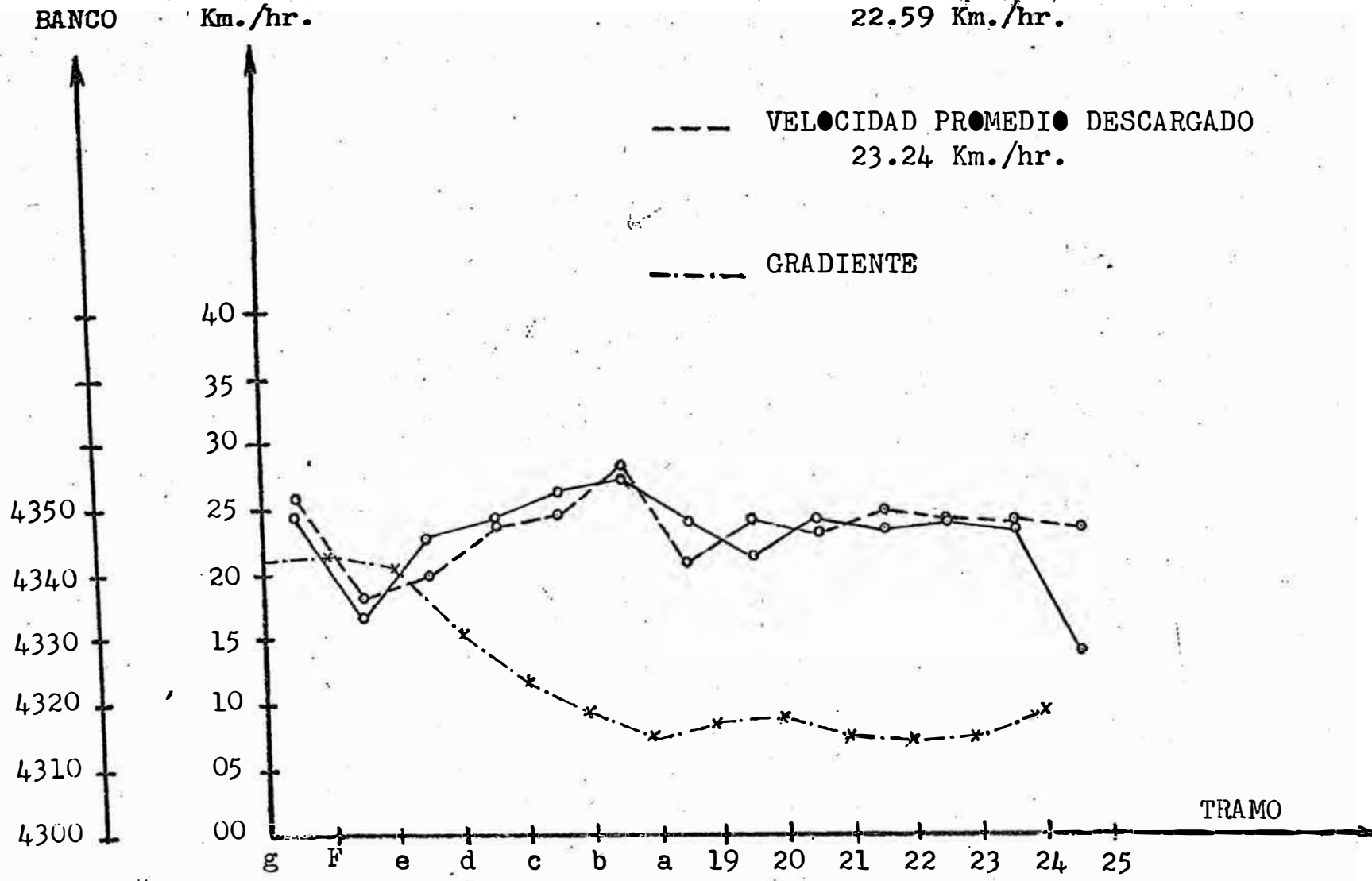
GRADIENTE: 1: 500

TRAMO: 1: 200

Fig.15.- Gráfico del acarreo de material desde el banco 4230 al botadero Miraflores.  
 VELOCIDAD Vs. TRAMO  
 GRADIENTE Vs. RAMO

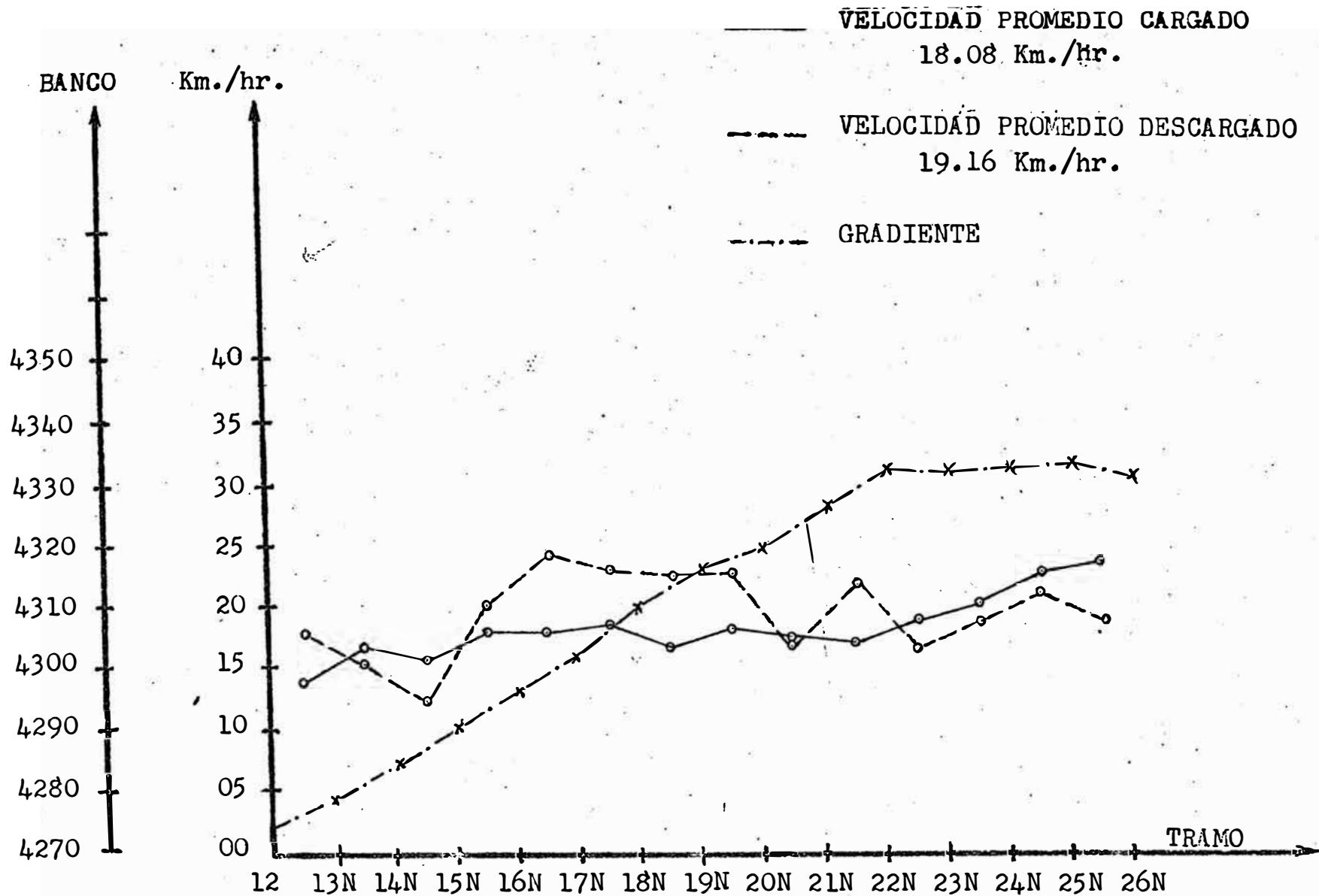


VELOCIDAD PROMEDIO CARGADO  
22.59 Km./hr.



ESCALA { VELOCIDAD: 1: 500  
 GRADIENTE: 1: 500  
 TRAMO: 1: 100

Fig. 16.- Gráfico del acarreo de material desde el banco 4340 al botadero Miraflores.  
 VELOCIDAD Vs. TRAMO  
 GRADIENTE Vs. TRAMO



ESCALA {  
 VELOCIDAD: 1: 500  
 GRADIENTE: 1: 500  
 TRAMO: 1: 100

Fig. 17.- Gráfico del acarreo de material desde el banco 4270 al botadero Rumiallana  
 VELOCIDAD Vs. TRAMO  
 GRADIENTE Vs. TRAMO

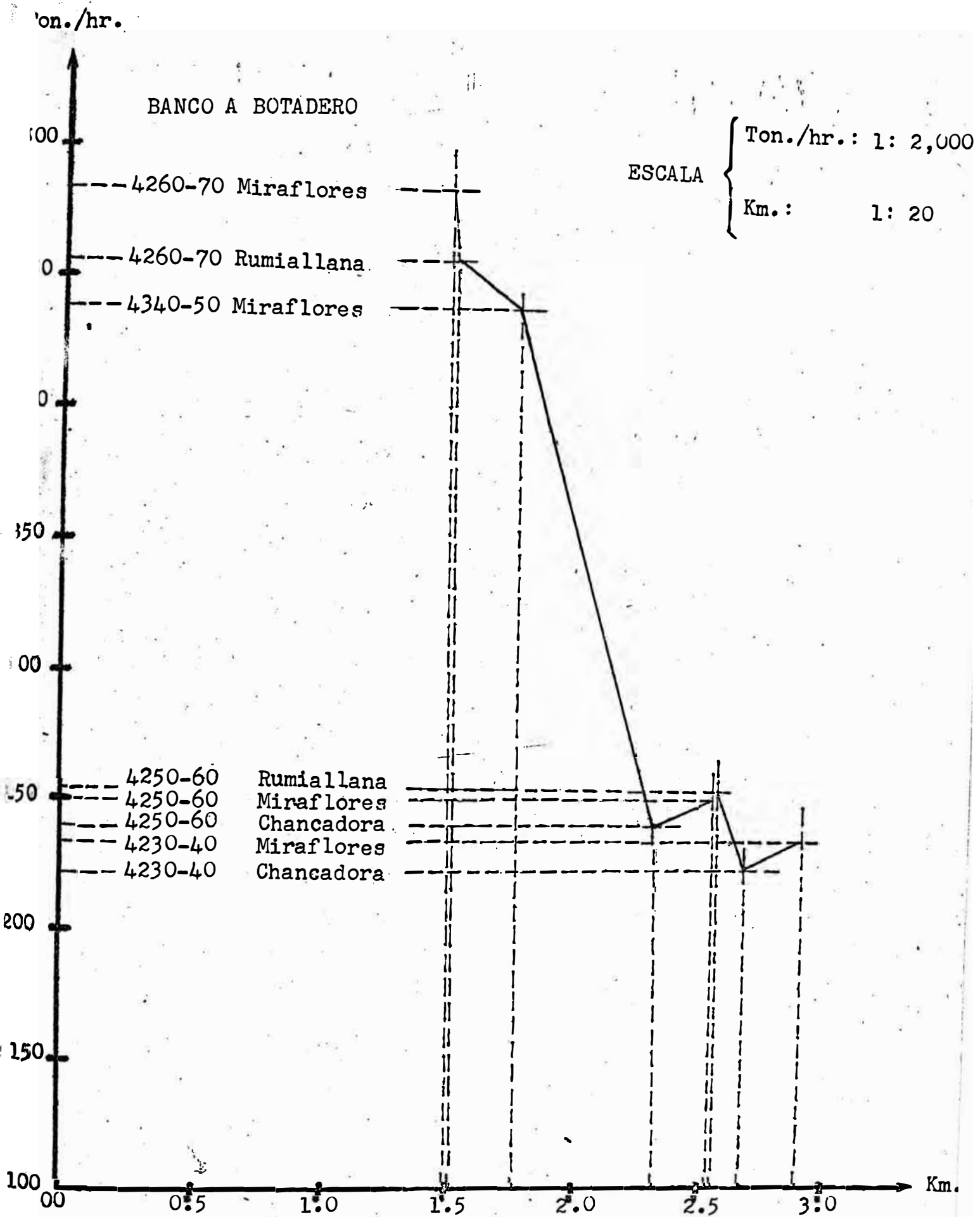


Fig. 18.- Gráfico de Producción Vs, Distancias de acarreo.

IV.4.- CALCULO DE LA FLOTA REQUERIDA DE CAMIONES.

Propongamos el desarrollo de un nuevo minado de hierro en open-pit. El decapado será inicialmente realizado por medio de scrapers y es materia de otro estudio. El mineral de hierro debe ser perforado, volado y transportado a la chancadora. La empresa tiene preferencia en usar palas P&H 2100 y camiones Unit Rig M-100. Su objetivo es alcanzar la estandarización con otra compañía minera copropietaria.

El departamento de ingeniería ha sido requerido para calcular las necesidades de flota y hacer recomendaciones a la dirección del proyecto. La tabla 19 ilustra los parámetros generales de operación desde el diseño preliminar del pit; el perfil de acarreo para los primeros cinco años de operación está dado en la tabla 20. Además, los camiones regresan a la pala por la misma ruta.

-----	
TABLA 19.	PARAMETROS DE OPERACION
-----	
Tons. a acarrear en un año .....	20'000,000
Dias de operación en un año.....	350
Turnos por día.....	3
Densidad del material (lb por pie cúbico).....	150 (esponjado)
Esponjamiento del material.....	20%
Recorrido.....	de la pala a la chancadora y viceversa.
Clima.....	templado.
Altitud.....	2,000 pies.
-----	

Primero, usando los datos de la tabla 19 es fácil calcular la producción horaria requerida para 2,283 toneladas. De esta figura, es posible calcular las exigencias de cualquier combinación dada de camiones y cargadores. Este ejemplo prose-

guirá a través del cálculo para camiones de 100 toneladas y palas de 15 yardas cúbicas.

-----  
 TABLA 20. PERFIL DE ACARREO DE LOS PRIMEROS CINCO AÑOS  
 -----

Segmento de acarreo	Distancia (pies)	Resist. al rodamiento	Gradiente %	Vel. max. (mph)	Observac.
1	300	4	0	15	Fondo del pit.
2	1700	3	7	20	
3	800	3	0	20	
4	2800	3	6	20	
5	900	3	0	20	
6	1600	3	-2	20	
7	200	3	0	5	Próximo a la chancadora.
<b>Total</b>	<b>8300</b>				

-----

1) Tiempo de carguío.- Es calculado usando las ecuaciones 17 y 20, y los datos disponibles del fabricante. En este caso, la capacidad de la cuchara (bcy) = 15 c.y., factor de esponjamiento = 0.83, factor de llenado = 0.85 y toneladas por yarda cúbica = 2.03. Sustituyendo estos valores en la ecuación 17 se tiene que:

$$tp = 15 \times 0.83 \times 0.85 \times 2.03 = 21.5$$

Así, el número de pases necesarios para cargar un camión de 100 Tons. es simplemente  $100/21.5 = 4.6$  ó 5 pases reales.

Después, uno debe calcular el tiempo de ciclo por pase (Tp). Usando los siguientes datos, donde bh = banco de 40 pies = 0.9,  $Ws(90^\circ) = 1.0$ , m (medio duro) = 1.2, tiempo nominal de giro = 28 segundos, y reemplazando en la ecuación

20 se tiene:

$$T_p = 0.9 \times 1.0 \times 1.2 \times 2.8 = 30.2 \text{ segundos } \text{ ó } 0.5 \text{ minutos.}$$

Por lo tanto, el tiempo de llenado del camión es simplemente  $5 \times 0.5 = 2.5$  minutos. Suponiendo que el tiempo de estacionamiento y maniobras es de 1 minuto, el tiempo total de carga es de 3.5 minutos.

2) Tiempo de descarga.- Suponiendo que el punto de descarga requerirá una maniobra en retroceso hacia la chancadora. El tiempo de descarga real es de 25 segundos. Supongamos que el tiempo de estacionamiento y maniobras es de un minuto, tendremos que el tiempo total de descarga será de casi 1.5 minutos.

3) Tiempo fijo.- En este caso, es la suma del tiempo de carga y el de descarga; 5 minutos. Es importante observar que esto se calcula sobre una base teórica de 60 minutos por hora; aun no se han aplicado factores de eficiencia.

4) Tiempo de viaje.- Existen muchos programas para computadoras los cuales calcularán el tiempo de viaje de un camión sobre un perfil dado. La mayoría de fabricantes de camiones poseen sus propios programas, los cuales varían enormemente en alcance y habilidad. Se recomienda que este trabajo sea hecho en una computadora si fuese posible. Calcular ciclos de acarreo manualmente es tedioso y sujeto a error.

Usando los datos de perfil de acarreo de la tabla 20 y los datos de performance en la figura 13, la computadora puede calcular el tiempo de ciclo total sobre una base de 60 minutos por hora.

En este ejemplo, el tiempo de ciclo totales de 18.27 minutos y la producción es de 328 Tons/hora.

Estimando la flota requerida:

Las toneladas efectivas por hora se deriva de la ecuación 11, y suponiendo un factor de productividad. Aquí se emplea una hora de 50 minutos ó un factor de eficiencia de 0.833. Así, sustituyendo los valores apropiados en la ecuación 11 se tiene:

$$\text{Tons. por hora-camión} = \frac{60 \times 0.833 \times 100}{18.27} = 274$$

Usando esta cifra en la ecuación 12, el número de camiones requeridos para la operación es igual a 2,283 dividido por 274 = 8.3. Los 8.3 camiones requeridos suponen el 100% de disponibilidad y deben ajustarse a la utilización esperada. Usando un 75% de esta cifra en la ecuación 13, el total de flota requerida es de 11.06. Obviamente, es imposible adquirir tan solo parte de un camión, por lo tanto para este caso se recomienda la adquisición de 11 camiones y asumiría también un 75% de disponibilidad. Es importante observar que los tres factores adicionales que se combinan para limitar la productividad de una flota son figurados. Estos incluyen el hecho que solamente 7 horas efectivas de cada turno de 8 horas son aprovechables, el 75% de disponibilidad del camión para el trabajo, y la hora de 50 minutos la cual incluye consideraciones de productividad humana.

Emparejamiento de camiones y palas:

Es ahora necesario chequear el balance entre camiones y palas. El máximo número de camiones por pala se calcula de la ecuación 14. Así tenemos  $N_t = 18.27/3.5 = 5.2$ .

Usando la ecuación 16 para camiones cargados por hora,  $N_e = (60 \times 0.833)/3.5 = 14.3$ . Esta cifra es usada en la ecuación 15 para calcular el número de palas requeridas en operación, la cual es igual a  $2283/(100 \times 14.3) = 1.6$ .

Así puede verse que el balance entre palas y camiones es aceptable,  $1.6 \times 5.2 = 8.3$ . Esto es, 1.6 palas en operación pueden servir 8.3 camiones, que es convenientemente la flota calculada de camiones requeridos para la operación.

Habiendo calculado la flota requerida, es posible estimar los costos de capital y de operación. Lo expuesto anteriormente se ha limitado a solo un tamaño de camión y a un solo tamaño de pala. Obviamente, podría seguirse el mismo procedimiento para cualquier tamaño o combinación de flota. Los costos totales pueden entonces ser estimados para cada combinación, y las diferentes alternativas comparadas desde un punto de vista económico y financiero.

Desde un punto de vista práctico, podría existir alguna duda acerca de la elección de camiones de 100 toneladas y palas de 15 yardas cúbicas. Sería necesario adquirir tres palas para asegurar el 100% de disponibilidad. Esto significa que la disponibilidad de una pala individual sería solamente del 63%. También, 11 camiones no son considerados como una gran flota según los modernos patrones. Sin embargo, las distancias de acarreo pueden aumentar en el futuro, o pueden aumentar los tonelajes requeridos, cualquiera de los cuales cambiaría la situación completamente. Así tenemos, que no existe solución sincera alguna para la selección óptima de una flota de palas. Todas las alternativas razonables deben ser consideradas tomando en cuenta todas las posibles exigencias de futuros proyectos.



## C A P I T U L O V

### PARAMETROS DE OPERACION Y CAPITAL PARA CAMIONES

Habiendo estimado el tamaño de la flota y productividad, el paso próximo final es el análisis para presentar los costos. El costo total del sistema es una combinación de costos de capital, operación y otros costos externos en que se podrían incurrir. El último item, los costos externos, pueden ser de particular importancia cuando se compara un tamaño o tipo de flota de camión con otra. Una vez que los costos son calculados, es posible comparar los sistemas sobre un costo total, costo por hora, costo por tonelada, ó cualquier otra base que sea requerida. Los métodos usados varían desde la simple propiedad y costos de operación a sofisticados análisis de flujos de caja involucrando reemplazamiento opcional de la flota sobre la vida del proyecto.

#### V.1.- ANALISIS DEL COSTO DE CAPITAL.

El capital ó costos de propiedad comprenden los gastos totales incurridos para conseguir el equipo en el sitio de trabajo y pueden incluir algunos ó todos de los siguientes:

- 1) Precio de compra.- F.O.B. - fábrica, completo con equipo opcional.
- 2) Transporte.- Esto incluye embalaje, flete y seguro. Si se requiere transporte a ultramar, se incluye almacenaje en el muelle, flete marítimo, impuesto de importación y exportación ~~ésta~~ también como el flete terrestre de la fábrica al puerto y del puerto al lugar de operación.
- 3) Costo de erección.- Como se requiera, esto incluye la erección y comisiones en el sitio de trabajo.

Estos casos son normalmente capitalizados y depreciados de acuerdo a prácticas establecidas. La depreciación para propósitos de tributación podrían ser en la misma tasa que la que fue usada para la evaluación de la viabilidad del proyecto.

Los métodos usados para la depreciación de camiones depende sobre cuan rápido sea requerida una cancelación. La vida del equipo, basada en horas de operación es usualmente la vida estimada. El valor depreciable es normalmente un costo in situ menos neumáticos y valor de rescate. Los neumáticos son usualmente considerados un gasto de operación. Las firmas mineras frecuentemente toman un valor de rescate cero; así, tienden a conseguir vidas largas de operación en su equipo, maximizar sus deducciones de impuestos asumiendo un rescate cero, y luego pagar un impuesto extra más tarde si el precio de reventa es mayor que el precio en el libro.

La actual vida del camión puede ser de 20,000 a 40,000 horas. Muchas compañías reemplazan motores, transmisiones y otros componentes, como se requieran y continúan trabajando el camión tanto como la tolva y el chasis lo permitan, ó hasta que sea reemplazado por obsolescencia.

Esta discusión no está dirigida a inferir que la gerencia de la mina no esté familiarizada o desinteresada en un periodo óptimo de reemplazamiento de camiones; sino más bien para indicar algunas de las diferencias en el juicio básico entre contratistas de movimiento de tierras y mineros de superficie.

El método más fácil de contabilizar el costo de capital es tomar el costo depreciable y dividirlo por la vida esperada de operación en horas, dando un costo por hora. El método no hace concesión por impuestos, seguros o el costo del dinero. Otro escasamente más sofisticado método es multiplicar la inversión promedio anual por un porcentaje X, donde X es la suma del interés (costo de dinero), seguro e impuestos. Esta cifra, dividida por el costo de operación por año dará una carga horaria por intereses, impuestos y seguros.

$$\text{Inversión promedio anual} = \frac{n + 1}{2 \times n} \times \text{Costo inicial in situ} \dots (24)$$

Donde, n = año de operación, desde el uso inicial. Costos de interés, impuestos y seguros por hora (Ct) está expresado como:

$$Ct = \text{Porcentaje } X \times \frac{\text{Inversión promedio anual}}{\text{horas de operación por año}} \dots (25)$$

Cualquiera de estos métodos puede ser usado, dependiendo de la exactitud requerida. sin embargo, en un análisis económico completo, otros factores son requeridos y es necesario preparar cuentas de flujo de caja donde todos los gastos ~~son~~ registrados ~~cuando~~ son hechos, sean de capital ó de operación. Los créditos por valores de rescate, si es aplicable, son registrados junto con el reemplazamiento de flotas cuando se ha estimado que ellos sean re-

queridos. Los factores de escalamiento para compensar por inflación, pueden ser insertados en periodos basicos. Impuestos en la apropiada tasa pueden ser ~~apoyados~~ a los ingresos imponibles. El resultado del flujo neto de caja puede ser descontado para determinar la tasa interna de retorno igualando los flujos de caja descontados positivos y negativos a cero. Una alternativa es calcular el valor presente neto de un proyecto usando un factor de descuento preseleccionado con anterioridad.

El equivalente actual del valor de los gastos es la cantidad de dinero que tendría que ser separada ahora para hacer frente a los futuros gastos. El retorno óptimo sobre la inversión será realizado cuando el valor presente de los gastos sea minimizado. Los análisis de flujo de caja descontado permiten una comparación objetiva y realista entre sistemas de equipo con diferentes vidas económicas y graficar el valor de los gastos de capital diferidos.

Una compañía a menudo quiere una guía rápida para la viabilidad de un proyecto, antes de un análisis completo o juntamente con él. Uno de tales sistemas populares es el método del pago de fondo; los ahorros en costos de operación, o el beneficio incrementado, es igualado al costo del capital inicial, y los años para pagar la inversión son calculados. En los cálculos preimpositivos, un pago de fondo de cuatro años, ó un interés anual de retorno del 25 %, es bastante común. Esto, en efecto, requiere una cancelación completa del equipo en cuatro años, prescindiendo de la vida actual. Un interés posteriormente impuesto del 15 % es común, el que para grandes firmas es igual casi al 25 % de interés antes de impuesto.

## 2.- BENEFICIOS DEL ALQUILER.

Cuando los ejecutivos mineros empezaron a darse cuenta de que el uso, no la propiedad, es de consideración vital, el alquiler llegó a tener popularidad creciente. Las ventajas principales del alquiler son la conveniencia y la flexibilidad. La contabilidad para efectos de impuestos se simplifica, desde que los pagos de alquileres son completamente deducibles. Alquileres a corto plazo protegen de pérdida por obsolescencia de equipo y en algunos alquileres, el que da on alquiler provee mantenimiento y el que toma el alquiler está aliviado de disponer del equipo.

El alquiler tiene una ventaja financiera que permite a una compañía incurrir en el equivalente de deuda sin tener que mostrarlo en su hoja de balance. Por eso, mientras el alquiler generalmente cuesta más que la compra, permite a una firma conservar el capital de trabajo y mantener capacidad de préstamo. También permite a pequeñas compañías sin acceso a nuevo capital obtener nuevo equipo.

El alquiler puede a veces proveer a una compañía con el medio más barato de financiar equipo. Esto es particularmente cierto para compañías que requieren un gran capital de gasto. Tales usuarios frecuentemente no pueden beneficiarse de las deducciones de depreciación y el crédito de impuesto por inversión debido a bajos ingresos o agobiada por una tasa ó un impuesto de resguardo. El que da en alquiler, sin embargo, puede usar esos beneficios y pasar muchos de estos ahorros de impuestos al que toma en alquiler en la forma de una tarifa de alquiler más baja.

Otra alternativa es la de alquilerventa - el equipo es alquilado con una opción a compra.

### V.3.- COSTOS DE OPERACION.

Los costos de operación son normalmente calculados sobre una base de operación por hora. El costo total de operación por año está expresado como:

$$\text{Costo de operación anual} = \frac{\text{Costo del camión}}{\text{hora}} \times \text{N}^\circ \text{ de camiones} \times \frac{\text{horas}}{\text{año}} \dots\dots(26)$$

El costo de operación anual puede ser manejado separadamente o incluido en los cálculos del flujo de caja. Hay fórmulas en las cuales los costos de operación son alimentados continuamente en el flujo de caja. Sin embargo, usualmente son incertados sobre la base de un asiento. Los costos de operación horaria de camiones son derivados como sigue:

1) Costo de combustible.- Cuando el consumo de combustible no es conocido, usualmente es calculado sobre la base de 0.42 libras por horsepower (H.P.) por hora, y un factor de carga es aplicado luego para compensar las condiciones de operación, ó sea:

$$\text{Consumo de combustible} = \frac{0.42}{K} \times \text{HP brutos} \times \text{factor de carga} \dots\dots(27)$$

Donde  $K = (8.3 \times 0.9)$  suponiendo que la densidad del combustible diesel es 0.9 y el agua pesa 8.3 libras por galón.

El factor de carga puede variar desde 0.3 a 0.8 dependiendo del trabajo. Claramente esta es una situación poco satisfactoria. Hasta el reciente incremento en el costo del combustible, la contribución del combustible a los costos de operación fue relativamente pequeña.

La experiencia ha mostrado una correlación definida entre el consumo de combustible, la disponibilidad del vehículo y la elevación vertical. Así, el consumo de combustible no es solo un ítem de costo significativo, sino indica cuán duro está trabajando el camión. En efecto puede ser usado como una medida de costos de reparación anticipados.

2) Lubricantes y grasas.- Los costos pueden ser relacionados con el consumo de combustible. Desde que es difícil ajustar esos ítems, es común usar una cifra del 35 % del costo de combustible.

3) Neumáticos.- Debido al costo y vida fluctuante de los neumáticos, un estimado preciso de la contribución de neumáticos al costo de operación puede ser muy difícil sin datos de campo actual. Los neumáticos, particularmente para los camiones más grandes, constituyen una porción significativa del costo inicial de capital. Pero desde que ellos deben ser frecuentemente reemplazados durante la vida del camión, los neumáticos son tratados como un gasto de operación.

En la ausencia de confiables datos de campo, el promedio de vida de neumáticos debe ser estimado. En las aplicaciones mineras, la vida del neumático puede variar de 2,000 a 4,000 horas, dependiendo de las características del perfil de acarreo.

La fórmula general para calcular el costo de reemplazo de neumáticos está expresada como:

$$\text{Costo horario del neumático} = \frac{\text{Costo de reemplazamiento de neumático}}{\text{Vida estimada del neumático}} \times 1.15(^{\circ}) \dots (28)$$

(<sup>o</sup>): El costo de reparación usualmente se estima sea el 15% del costo horario de reemplazamiento.

Los usuarios raramente reencauchan las llantas anteriores debido a consideraciones de seguridad, pero es ampliamente común reencauchar las llantas propulsoras posteriores. Los costos de reencauchado son cerca del 50 % del costo de una nueva llanta y como mucho el 75 % del costo de ella misma. En este caso la ecuación 28 se convierte en:

$$\text{Costo horario del neumático} = \frac{1.51.5 X}{(1.75-0.15)Y} \times 1.15 \dots\dots\dots(29)$$

Donde X es el costo original en \$ U.S.A. y Y es la vida original estimada.

4) Operador.- El salario horario bruto de los conductores (incluyendo márgenes de beneficio) son de uso común. Los márgenes de beneficio pueden incrementar el sueldo en casi un 50 %, pero una cifra del 30 % se usa a menudo en la industria minera.

5) Reparaciones, repuestos y mano de obra.- Estos costos están variando constante y cíclicamente y que gradualmente se incrementan con la vida del camión. Los costos brutos y promedios también varían entre las unidades de la flota.

Una práctica común es establecer un fondo de reparación horario que es usado para pagar las reparaciones tan pronto como ellas sean necesarias. Este porcentaje es estimado como un porcentaje del precio de compra inicial del vehículo, menos neumáticos, divididos por 10,000, ó:

$$\text{Costo de reparación horaria (repuestos y mano de obra)} = \frac{\text{Costo del camión sin llantas}}{10,000} \times \text{Factor de reparación} \dots\dots(30)$$

La experiencia ha indicado que los costos de re-



paración están normalmente entre el 50 y el 100 % de este resultado para camiones de propulsión mecánica y entre el 35 al 60 % para los camiones de llantas eléctricas.

Los camiones de descarga por el fondo generalmente tienen costos de reparación más bajos que los camiones de descarga posterior. Ellos a menudo operan bajo condiciones menos difíciles y sus tolvas no están sujetas a frecuentes desgaste y esfuerzo para el volteo de la tolva de un camión de descarga posterior. El factor de reparación para camiones de descarga por el fondo varía entre el 40 y 80 %.

Esta forma arbitraria de estimar los costos de reparación es claro que está lejos de una forma ideal de estimación. Tal vez un sistema de relacionar los costos de reparación al consumo de combustible merezca posterior investigación y como resultado podría algún día probar que sea un método más confiable en la predicción del factor de reparación.

Ante la ausencia de abundantes datos históricos de campo, es evidente que la estimación de los costos de operación permanecerán por mucho como un arte. La tabla 21 expresa los varios componentes del costo de operación del camión como un porcentaje del total. Estas cifras son dadas solamente como una guía, y los costos totales están sujetos a amplias fluctuaciones y a la inflación. Sin embargo, la distribución del porcentaje de los costos deberá permanecer razonablemente constante a menos que uno de ellos esté sujeto a una tasa de inflación diferente a los otros. La reciente duplicación del costo de combustible es un buen ejemplo de inflación diferencial. El impacto del doble costo del combustible diesel es difícil de medir, desde que muchos otros cambios han tenido lugar en la estructura del costo de operación de camiones. Al menos en una operación,

TABLA 21. TÍPICOS COSTOS DE OPERACION DEL CAMION  
(Mediados de 1,974)

	Combustible (como un porcentaje del total)	Lubricante	Llantas	Chofer Posterior	Reparos	Típicos costos de operación \$USA/Hr	Costo por hora por ton. \$USA
			Descarga	Posterior			
35 Ton.	13	5	15	31	36	21.00	0.60
50 Ton.	15	5	15	23	42	27.80	0.56
75 Ton.	18	6	17	20	39	31.60	0.42
100 Ton.	24	8	22	18	28	36.00	0.39
200 Ton.	17	6	34	8	35	81.00	0.41
			Descarga por el Fondo				
60 Ton.	14	5	29	31	21	20.60	0.34
100 Ton.	15	5	34	24	22	26.80	0.27
120 Ton.	17	6	34	20	23	32.60	0.27
180 Ton.	17	6	41	12	24	54.70	0.30

Dos puntos que claramente destacan de la tabla 21 son el impacto decreciente de los conductores y el impacto creciente de los costos de neumáticos con el tamaño del camión. Uno de los argumentos para ir hacia camiones más grandes es que reduce el componente mano de obra. Sin embargo, algunos creen que los ahorros derivados de costos de mano de obra más bajos en los camiones de 200 Ton. no pueden eliminar el costo grande del vehículo y de los neumáticos. Los componentes extremadamente caros en los camiones de 200 hacen prohibitivo cuando uno considera un \$900,000 para un camión de 200 Ton. versus \$270,000 camión de 100 Ton. Comparar los costos de operación por tonelada de capacidad para cada camión es interesante pero no necesariamente nos dice la historia completa. La comparación solamente será válida mientras que el camión produzca en relación directa con su tamaño. Las relaciones de horsepo-

ver-peso y la experiencia indica que los camiones más grandes son menos productivos por tonelada de capacidad que sus versiones más pequeñas. El resultado cuando convertimos costos por hora por tonelada de capacidad a costos por tonelada acarreada es reducir pero no eliminar la ventaja del camión grande.

#### V.4.- MEDIDA INDIRECTA DE LOS FACTORES DE COSTO.

Un análisis económico completo de un sistema de acarreo también requiere un estudio de factores adicionales que influyen, tales como:

- 1) Camiones más grandes son más anchos y más altos que los pequeños. Esto afecta la geometría del pit y las facilidades de mantenimiento. Los costos de construcción de un acceso más ancho podría eliminar los beneficios derivados de usar un camión más grande.
- 2) Se requiere un equipo auxiliar más grande con camiones más grandes (grua, gatos, etc).
- 3) Se necesitan palas más grandes para cargar camiones más grandes.
- 4) Hay menos congestión de tráfico e interferencias para camiones más grandes desde que la densidad de tráfico es menor. Los estudios de simulación han indicado que una ganancia de productividad tanto como 15 % podría conseguirse usando camiones de 200 Ton. en vez de camiones de 100 Ton.

Las necesidades reducidas de mano de obra con camiones más grandes afectan los costos de mano de obra de operación y mantenimiento. Los costos directos de mano de obra se reflejan en los costos de operación. Sin embargo ningún costo de infraestructura se incluye en el caso que la compa-

ñía proporcione facilidades de vivienda y recreación.

Cuando se comparan diferentes esquemas de acarreo, o cuando consideramos un cambio de flota, es importante no descuidar el efecto de los costos indirectos. No a todos los costos indirectos pueden serles asignados valores monetarios, sin embargo, por ejemplo, uno de tales costos podría ser la preferencia de operador o el equipo de dirección. Estos intangibles son normalmente excluidos en un análisis económico, pero entra directamente en el proceso de toma de decisiones.

Como nota final, la computadora ha llegado a ser una ayuda muy usada en todos los aspectos de dirección económica y financiera de una flota de camiones. Puede ser usada para calcular el mejor perfil de acarreo posible, el óptimo dimensionamiento de camión-cargador y puede minimizar los costos de operación presentes y futuros. Los costos de operación pueden ser combinados con otros costos para generar flujos de caja descontados para el cálculo de reemplazos y optimizar los intervalos del reemplazamiento de los camiones.

**EJEMPLO.- OPTIMIZACION DE LA PRODUCCION Y SELECCION DE CAMIONES, CARGADOS POR UNA PALA DE CAPACIDAD FIJA - (año 1,974).**

El análisis está basado en datos de una operación de transporte supuesta y en las especificaciones técnicas de los camiones Kockums para el transporte del material disparado.

Una chancadora primaria tiene que ser servida por la producción de una pequeña mina a cielo abierto de cobre-zinc. El mineral a transportarse se considera bien fragmentado con gravodad específica de 4,300 lb/cy.

La producción debe ser transportada una distancia de 1,600 metros sobre una carretera firme y uniforme.

Para el carguío se utiliza una pala eléctrica P&H de 4 yardas cúbicas.

- Condiciones de trabajo.- Los cálculos están basados en el trabajo de dos guardias de 8 horas cada una, 25 días por mes y un factor de eficiencia operativa de 0.66.

Para el transporte de este mineral disparado han sido considerados dos camiones diferentes:

- a) El KL-420, es un camión de 22 Ton. cortas de capacidad, motor Scania DS-11 de 245 HP, transmisión Scania G-672.
- b) El KL-442, es un camión de 35 Ton. cortas de capacidad, motor Scania DS-141 de 365 HP, transmisión Allison CLPT-5860.

Ambos camiones están provistos de turbo cargador.

- Condiciones dadas.-

a) Perfil del tramo considerado (1,600 mt.):

Tramo	Gradiente %	Distancia (mt)
1	0	200
2	8	800
3	6	400
4	2	150
5	0	50

b) Capacidad de carga de la pala P&H: 4 c.y. = Cd.

c) Altura de trabajo = 4,300 m.s.n.m.

d) Eficiencia de la pala (E) = 0.83

e) Ciclo de la pala por pase (Tp) = 23 seg.

f) Condición de excavado medio.

g) Pista afirmada y uniforme (60 lb/TC.).

h) Mineral bien fragmentado g.e. = 2.55 Tm/m.c. = 430 lb/lcy.

Factor de llenado (FC) = 0.85

A = 1 ; D = 1 ; DA = 1

k) % de esponjamiento: %S = 12%.....S = 0.89

- Cálculo de la producción de la pala.- La producción de una pala la obtenemos de la siguiente fórmula:

$$\text{bcy/hr} = \frac{3,600 \times Cd \times E \times FC \times D \times A \times S}{Tp} \dots\dots\dots(A)$$

Donde el valor promedio para la eficiencia en el trabajo está determinada después de una cuidadosa determinación de porcentaje de 7 elementos de producción:

- 1) Economía general..... 0.80
  - 2) Disponibilidad laboral..... 0.85
  - 3) Supervisión..... 0.85
  - 4) Condiciones de trabajo..... 0.70
  - 5) Condiciones climáticas..... 0.85
  - 6) Disponibilidad de equipo..... 0.90
  - 7) Demoras..... 0.86
- 5.81

Por lo tanto:  $E = \frac{5.81}{7} = \underline{\underline{0.83}}$

El factor de llenado ó eficiencia de la cuchara (FC), es la carga real aproximada que el cucharón lleva, expresada como un porcentaje de la capacidad potencial. Las condiciones de la acción de excavar son usualmente clasificadas como condiciones de excavación fácil, medio dura y dura. La tabla A da una lista de los factores aproximados de carguo para palas y dragalinas bajo varias condiciones de excavación

(D) es un factor de corrección para ser usado cuando una pala ó dragalina trabaja en una profundidad de corte

-----  
**TABLA A. EFICIENCIA APROXIMADA DE LA CUCHARA Y CANGILÓN PARA  
 DIVERSAS CLASES DE MATERIALES**  
 -----

Condiciones: Frente de excavación de suficiente longitud para permitir que la cuchara o cangilón obtenga una carga determinada. Debe haber tolerancia para cucharas pequeñas o carga de cangilones cuando se excava en bancos poco profundos, aplicando el factor de altura de banco.

.....	.....
Excavación fácil	Excavación Media
Factor de cuchara de pala 45-110%	Factor de cuchara de pala 85-90%
Factor de draga de cangilones 45-110%	Factor de draga de cangilones 80-90%
Los materiales corren libres y desatados. Muy temido que rellenará toda la cuchara o el cangilón.	Materiales mas duros que no son difíciles de excavar sin disparo pero que rompe con el volumen causando vacios en la cuchara o cangilón.
- Excavación fácil	Excavación Media
Arena seca o grava pequeña	arcilla seca o mojada
arena húmeda o grava pequeña	grava gruesa
Barro	Grava arcillosa, compactada
Tierra suelta	Tierra compactada
estiercol	Carbón antracita
Arcilla arenosa	.
Grava arcillosa suelta	Excavación difícil
Escorias cenizas	Factor de cuchara de pala 50-75%
Carbón vituminoso	Factor de cangilón de draga 40-65%
Excavación algo difícil	.
Factor de la cuchara de pala 70-80%	Roca disparada, capa dura u otro material voluminoso, que produce considerables vacíos en la cuchara o cangilón y dificulta para penetrar y cargar.
Factor de cangilón de draga 65-75%	.
Materiales que necesitan alguna rotura ya sea por pequeños disparos o sacudidas. Mas voluminosos y a veces un poco difícil para penetrar, causando vacios en la cuchara o cangilón.	Pizarra resistente, dura
	Caliza
	roca ignea volcánica, basalto
	Granito
	Arenisca
	Taconita
	Conglomerado
	Caliche
Caliza bien rota, arena roca u otras rocas rotas pizarra disparada otras formaciones (sin crater de roca) requieren algún disparo. Arcilla potente pesada y húmeda.	Todas las anteriores disparadas para obtener grandes piezas, mezcladas con pequeñas y barro. Arcilla de consistencia del caucho, resistente, que sale de los bancos.
Grava con rodado grandes.	
Suelo pegajoso, húmedo, pesado grava cementada.	
-----	-----

-----  
 TABLA B. PROFUNDIDAD ÓPTIMA DE CORTE (°)  
 -----

		Capacidad de cuchara o cucharón								
		3/8	1/2	3/4	1	1.1/4	1.1/2	1.1/4	2	2.1/2
Barro húmedo o arcilla li- geramente a- renosa	Pala	3.8	4.6	5.3	6.0	6.5	7.0	7.4	7.8	8.5
	Dragalina	5.0	5.5	6.0	6.6	7.0	7.4	7.7	8.0	8.5
Arena y gra- va	Pala	3.8	4.6	5.3	6.0	6.5	7.0	7.4	7.8	8.4
	Dragalina	5.0	5.5	6.0	6.6	7.0	7.4	7.7	8.0	8.5
Tierra común	Pala	4.5	5.7	6.8	7.8	8.5	9.2	9.7	10.2	11.2
	Dragalina	6.0	6.7	7.4	8.0	8.5	9.0	9.5	9.9	10.5
Arcilla dura	Pala	6.0	7.0	8.0	9.0	9.8	10.7	11.5	12.2	13.3
	Dragalina	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0	10.7	11.3	11.8	12.3
Arcilla hú- meda	Pala	6.0	7.0	8.0	9.0	9.8	10.7	11.5	12.2	13.3
	Dragalina	7.3	8.0	8.7	9.3	10.0	10.7	11.3	11.8	12.3

(°)  
 LA ROCA  
 DISPARADA

Prácticamente en todas las operaciones de minado de bancos disparados se aproximan a las operaciones óptimas de carga y no es necesario una corrección de profundidad y se usa el valor 100% óptimo.

-----

que no es la óptima. La perforación óptima de corte es aquella en la cual se obtiene la más grande producción para un tipo de palas y material dado. Si no se sobrepasan las alturas máximas de banco no es necesario usar una corrección del corte en profundidad; la tabla B enumera la profundidad óptima para varios tamaños de pala y dragalina en diferentes tipos de material. La mayoría de las palas de tamaño más grande que las enumeradas en la tabla se están usando para roca disparada y no requieren corrección.

(A) es el factor de corrección del ciclo de tiempo de la pala para las condiciones de giro diferentes de 90°. La



TABLA C.

FACTORES DE CONVERSION  
Dragalinas

Prof. de corte (pies)	Angulo de Giro (en grados)							
	30°	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
20	1.06	0.99	0.94	0.90	0.87	0.81	0.75	0.70
40	1.17	1.08	1.02	0.97	0.93	0.85	0.78	0.72
60	1.24	1.13	1.06	1.01	0.97	0.88	0.80	0.74
80	1.29	1.17	1.09	1.04	0.99	0.90	0.82	0.76
100	1.32	1.19	1.11	1.05	1.00	0.91	0.83	0.77
120	1.29	1.17	1.09	1.03	0.985	0.90	0.82	0.76
140	1.25	1.14	1.06	1.00	0.96	0.88	0.81	0.75
160	1.20	1.14	1.06	1.00	0.93	0.85	0.79	0.73
180	1.15	1.10	1.02	0.97	0.93	0.85	0.79	0.71
200	1.10	1.00	0.94	0.90	0.87	0.79	0.73	0.69

tabla C enumera el factor de corrección para ángulos de giro y profundidad de corte diferentes que las óptimas.

Por lo tanto de la ecuación A se tendrá:

$$bcy/hr = \frac{3600 \times 4 \times 0.83 \times 0.85 \times 1 \times 0.89}{23} = 393.11$$

$$lcy/hr = \frac{bcy/hr}{S} = \frac{393.11}{0.89} = 441.69$$

$$\begin{aligned} \text{Producción por pase} &= 4 \times 0.85 \times 0.89 \times 4300 = 13011.8 \text{ lb.} \\ &= \underline{6.5 \text{ T.}} \end{aligned}$$

CAMION DE 22 T .

Tramo (mt)	Gradiente (%)	Vacio			Cargado		
		RR 1b	RG 1b	RT 1b	RR 1b	RG 1b	RT 1b
200	0	1036.5	0	1036.5	2352	0	2352
800	8	1036.5	2764	1727.5	2352	6272	8624
400	6	1036.5	2072	1026.5	2352	4704	7056
150	2	1036.5	691	345.5	2352	1368	3720
50	0	1036.5	0	1036.5	2352	0	2352

Nº de pases de la pala por camión =  $22/6.5 = 3.4 = 4$

Peso del camión vacío = 17.275 T = 34,550 lb.

Peso del camión cargado = 39,41 T = 78,410 lb.

Carga = 78,410 - 34,550 = 43,860 lb.

Pérdida de potencia : 9.3%.

CAMION DE 35 T .

Tramo (mt)	Gradiente (%)	Vacio			Cargado		
		RR 1b	RG 1b	RT 1b	RR 1b	RG 1b	RT 1b
200	0	1514.85	0	1514.85	3707.85	0	3707.85
800	8	1514.85	4039.6	2524.75	3707.85	9880	13687.85
400	6	1514.85	3029.7	1514.85	3707.85	7416	11123.85
150	2	1514.85	1009.9	504.95	3707.85	2472	6179.85
50	0	1514.85	0	1514.85	3707.85	0	3707.85

º de pases de la pala por camión =  $35/6.5 = 5.4 = 6$

Peso del camión vacío = 25.25 T = 50,495 lb.

Peso del camión cargado = 61.80 T = 123,595 lb.

Carga = 123,595 - 50,495 = 73,100 lb.

CALCULO DEL CICLO POR CAMION.

A) CAMION DE 22 T . :

Ciclo total = tiempo fijo + tiempo variable

- Cálculo del tiempo fijo:

Carguío : 92 seg.

Descarga: 20 seg.

Maniobras: 38 seg.

Por lo tanto: T.F. = 2.5 minutos.

- Cálculo del tiempo variable:

Camión vacío:

Velocidad promedio = 32 Km/hr ----- T = 3 minutos

Camión cargado:

Velocidad promedio = 17 Km/hr ----- T = 6 minutos

Por lo tanto: T.V. = 9 minutos

Luego el ciclo total (Ct) = 11.5 minutos

B) CAMION DE 35 T. :

Tiempo fijo = 3.3 minutos

Velocidad promedio vacío = 30 Km/hr ---- T = 3.2 minutos

Velocidad promedio cargado = 13 Km/hr -- T = 7.4 minutos

Tiempo variable = 10.6 minutos.

Luego el ciclo total (Ct) = 13.9 minutos.

CALCULO DEL NUMERO DE CAMIONES.

A) CAMION DE 22 T. :

$$N1 = 1 + \frac{60 \times Ct \times A}{n \times Tp}$$

n = 4 pases

Ct = 11.5 segundos

Tp = 23 segundos

A = 1

Por lo tanto: N1 = 9 camiones

es decir: 8 camiones en operación y 1 en stock.

E) CAMION DE 35 T. :

$$N2 = 1 + \frac{60 \times Ct \times A}{n \times Tp}$$

n = 6 pases

Ct = 13.9 minutos

Tp = 23 segundos

A = 1

Por lo tanto: N2 = 6 camiones

es decir: 5 camiones en operación y 1 en stock.

PRODUCCION HORARIA.

Camión de 22 T. : -----  $\frac{(60 \times 0.66) \times 22}{11.5} = 76 \text{ T/hr.}$

Camión de 35 T. : -----  $\frac{(60 \times 0.66) \times 35}{13.9} = 100 \text{ T/hr.}$

COSTOS (D.U.S.A.).

A) COSTO DE FRUJIEDAD:

	Camión KL-420 22 Ton.	Camión KL-442 35 Ton.
Precio F.O.B. -----	44,500	89,000
Preparación para exporta- ción, seguros fletas, in- gresos -----	5,300	10,600
	<hr/>	<hr/>
Precio de venta -----	45,800	99,600
Juego de llantas (6 llantas) -----	4,500	7,500
	<hr/>	<hr/>
Cantidad a depreciar -----	41,300	92,100

Camión KL-420  
22 Ton.

Camión KL-442  
35 Ton.

B) PERIODO DE DEPRECIACION:

Horas de operación por año	4,800	-----	4,800
Vida del camión -----	5 años	-----	5 años
Periodo de depreciación ---	4,800 x 5	-----	4,800 x 5
	24,000 horas	---	24,000 horas
Valor de depreciación por hora -----	41,300/24,000	---	92,100/24,000
	\$1.72/hr.----		\$3.83/hr.
Interés, seguro e impuesto	\$1.03/hr.----		\$2.3/hr.
	-----		-----
Costo de adquisición por hora -----	\$2.75/hr.----		\$6.13/hr.

C) COSTO DE OPERACION:

Vida de la llanta -----	2,000 horas--		2,000 horas
Reemplazo de llanta -----	4,500/2,000	----	7,500/2,000
	\$2.25/hr.----		\$3.75/hr.
Reparación de llantas -----	0.15 x 2.25	----	0.15 x 3.75
	\$0.34/hr ----		\$0.56/hr.
Reparación de partes, labores	$0.4 \times 1.72 \times 24,000$		$0.4 \times 1.72 \times 24,000$
	10,000		10,000
	\$1.65/hr. --		\$3.67/hr.
	-----		-----
Sub total -----	<u>\$4.24/hr.</u>		<u>\$7.98/hr.</u>

D) COSTO DE COMBUSTIBLE:

Consumo estimado -----	\$0.34/hr. ----		\$0.57/hr.
Costo de servicio -----	\$0.11/hr. ----		\$0.19/hr.
Costo del operador -----	\$1.12/hr. ----		\$1.12/hr.
	-----		-----
Sub-total -----	<u>\$1.57/hr.</u>		<u>\$1.88/hr.</u>
	-----		-----
TOTAL -----	\$8.56/hr. ----		\$15.99/hr.

Camión KL-420      Camión KL-442  
22 Ton.              35 Ton.

Costo de adquisición del camión por tonelada de mineral transportado -----	<u>\$8.56/hr</u> -----	<u>\$15.99/hr</u>
	<u>76 T/hr</u>	<u>100 T/hr</u>
	<u>\$0.113/T</u> -----	<u>\$0.16/T</u>
	-----	-----

Esto, nos conduce a emplear camiones de 22 toneladas para dicha operación, en vista de su menor costo de operación y de adquisición por tonelada de mineral.

## CAPITULO VI

### SERVICIO Y MANTENIMIENTO

Los equipos están sujetos a desgaste, averías lo mismo que a la obsolescencia; redundando ello en un incremento de los costos de producción. Es por este motivo, fundamental tener en práctica un adecuado plan de mantenimiento de los equipos, para, una mejor marcha de la empresa.

El mantenimiento en cualquier empresa es un proceso complejo; en él intervienen muchos factores: sistemas de trabajo, métodos, potencial humano, almacenamiento, costos, supervisión, etc.; los que deben fluir a través de una comunicación: hablada, escrita ó gráfica, que sea expresada en la forma más exacta para lograr los objetivos que el sistema establece.

#### VI.1.- MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CAMIONES.

La práctica de buena operación y mantenimiento, se traduce en una mejora del rendimiento de la flota de camiones.

Una buena construcción y un buen programa de man-

tenimiento de carreteras es esencial para cualquier operación de acarreo con camiones. Las carreteras deben tener una base adecuada para minimizar la penetración de los neumáticos. Una carretera de 90 pies (27.5 mt.) de ancho se considera adecuada en las operaciones con camiones de 100 toneladas. El tamaño de la carretera se diseña para un tráfico de doble sentido con una ruta rápida, y una luz entre camiones de 8 a 10 pies (2.5 a 3 mt.).

Se usan motoniveladoras para el mantenimiento de la carretera y limpiar el material regado. Las cuadrillas de mantenimiento de carreteras siempre deben estar listas para efectuar las reparaciones necesarias. Camiones sistema se utilizan para regar y reducir el polvo, manteniendo la firmeza de las carreteras.

El material regado es una de las principales razones en las fallas de los neumáticos y debe ser reducido al máximo. Un camión debería ser capaz de llevar la carga sin regarla aun en las rampas de máxima pendiente. A la mayoría de las tolvas de los camiones se le puede acoplar una puerta de cola para reducir el riesgo del material y aumentar el tonelaje por viaje, pero son muy poco usadas en camiones no-carreteros. La razón podría ser el peso añadido, el costo extra y un tiempo ligeramente mayor de descarga.

El clima es un factor del cual ninguna operación con camiones está inmune. La lluvia y nieve pueden reducir la visibilidad y rápidamente reducen una carretera de primera clase a un lodazal, y como consecuencia los camiones patinarían siendo dificultoso su desplazamiento sobre todo en rampas. Bajo algunas condiciones de intensa lluvia, es mejor suspender temporalmente el acarreo para evitar accidentes y proteger la superficie de la carretera.



Temperaturas extremadamente calurosas podrían afectar la relación T.M.P.H. de los neumáticos, pudiendo reducir grandemente su capacidad para disipar el calor. Los motores pueden sobrecalentarse y reducir la eficiencia del radiador. Radiadores sobredimensionados son aconsejables para climas calurosos, pero, el sobrecalentamiento puede ser un problema en donde los días calurosos son raros, por lo que se usará un radiador de tamaño regular.

Por otro lado, temperaturas muy bajas tienen sus propios problemas. A bajas temperaturas los refuerzos para amortiguar los esfuerzos son inefectivos y el acero se torna quebradizo; buenas carrocerías deben amortiguar los esfuerzos del chasis. En climas fríos, los operadores prefieren dejar funcionando los camiones todo el tiempo; esta práctica evita dificultades y caros arranques en frío, manteniendo la eficiencia del lubricante. Radiadores de persianas deben ser usados para reducir la eficiencia de enfriamiento y permitir al motor trabajar más caliente.

Un reciente avance en la química de refrigerantes para radiadores podría asistir en las operaciones donde ocurren cambios extremos en la temperatura. Dowtherm 209, desarrollado por la Dow Chemical Co. proporciona una efectiva protección de temperatura entre  $-43^{\circ}\text{C}$  a  $98^{\circ}\text{C}$ . Lo más importante, si hay fugas internas, el refrigerante se mezcla con el lubricante del motor y actúa como lubricante, eliminando el daño potencial del motor asociado con la fuga de refrigerantes de base etileno-glicol.

## VI.2.- PRINCIPIOS TÉCNICOS PARA EL BUEN MANTENIMIENTO.

La clave para una buena práctica de mantenimiento es un buen programa de mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo (M.P.) involucra llevar registros exactos y a la fecha, llevando a cabo programas de servicio y

haciendo frecuentes inspecciones visuales.

Los sistemas de registros deben ser simples de usar y un mínimo número de personas deben estar involucradas en la recolección de datos. Es vital que los datos procesados sean rápidamente puestos a disposición de todas las partes interesadas. Esto sugiere el uso de computadoras para mejorar la capacidad de la contabilidad en grandes operaciones mineras.

El principal propósito de llevar historias del camión es predecir las reparaciones necesarias. El control de computadora tiene la ventaja no solo de la velocidad, sino también es capaz de manejar complicados archivos sobre repuestos. En algún tiempo de la operación, dado un camión y sus componentes: una combinación aleatoria de repuestos, motores, transmisiones y llantas; cuando son sacados de un camión para ser reparados, no necesariamente vuelven a la misma unidad. Esto resulta en un registro extremadamente complejo. Así, el registro de partes de los componentes es deseable si cualquier clase de mantenimiento preventivo tiene que realizarse.

La buena utilización de llantas ofrece un ejemplo de la necesidad de sistema monitor efectivo. Un sistema recomienda poner una llanta nueva en una rueda frontal; cuando está medio desgastada es removida y apareada con otra llanta en condición similar, ellas serán luego montadas en la rueda de propulsión izquierda. Cuando la mayor parte de la cocada ha desaparecido son removidas e instaladas en las ruedas propulsoras del lado derecho hasta su eliminación. El lado derecho es el lado ciego del chofer y está más propenso al daño por rocas. Este sistema tiene la ventaja de exponer las llantas más viejas a la posición más propensa a daños. Una llanta nueva es usualmente codificada de manera que su movimiento puede

ser dirigido y registrado como se requiera. Este sistema puede ser excesivamente complejo.

Un tiempo apropiado para realizar el servicio de rutina o las necesidades de inspección es cuando los camiones van a abastecerse de combustible. El diseño de un área de servicio integrado, puede así, servir para minimizar el tiempo muerto del camión. Mientras se reaprovisiona, los servicios adicionales de chequeo y relleno de lubricante lo mismo que las necesidades de agua pueden ser llevados a cabo. También la presión de llantas " calientes " podrían ser chequeadas.

Aparte de los diarios servicios de rutina, es esencial seguir los programas de mantenimiento sugeridos por el fabricante. Estos intervalos de servicio son usualmente a las 100; 500 y 1,000 horas.

Es en estos intervalos de servicio del programa de mantenimiento preventivo que los problemas pueden ser diagnosticados y las necesidades de reparación predecidas. Algunas de las posibles ayudas en el diagnóstico para los jefes de mantenimiento son:

- 1) Muestras de aceites: Para analizarlos por metales y otros contaminantes. Estos análisis advierten las fallas de rodajes, y detecta la presencia de refrigerante en el aceite.
- 2) La cantidad y color de los gases de escape indican las condiciones del motor. El exceso de combustible dará como resultado una combustión incompleta y excesiva acumulación de carbón. Una coloración azulina denotará la presencia de aceite. Un humo negro revelará una deficiencia de aire.
- 3) Con un fácil acceso a las hojas de registro diario, los supervisores pueden personalmente examinar las partes de los componentes que han excedido la vida promedio y entonces decidir mantenerlos ó cambiarlos. Los registros indicando excesivo consumo de aceite también pueden ser usados

en la misma forma.

Se ha encontrado, que poner especial atención en programas de mantenimiento preventivo bien organizados han ayudado a mejorar la vida de los componentes y la capacidad del equipo mientras se minimizan los costos. Otra importante razón para seguir programas de mantenimiento preventivo es asegurar la aceptación de los reclamos de la garantía de los componentes. Deficiencias en seguir los procedimientos de servicios recomendados, pueden resultar en pérdidas de garantía.

### VI.3.- PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO.

Lo que se desarrolla en este punto es una síntesis del planeamiento y programación de mantenimiento que se desarrolla en las minas de la Empresa Minera del Hierro del Perú, (ex-Marcona Mining Company).

#### VI.3.1.- Información Básica.

Las cuatro primeras fuentes de información requeridas para los controles de mantenimiento detallamos a continuación.

##### 1) Horómetro.

El horómetro es un dispositivo simple y preciso, instalado en cada pieza, equipo en operación ó grupos de equipos. El medidor acumula horas actuales de operación, las cuales están establecidas como una unidad estándar de medida en Hierro-Perú.

La lectura de horómetros son tomados todos los días de los equipos de operación. Las lecturas de horas de cada unidad son enviadas a la computadora para genera-

rar el Reporte Diario de Control de Mantenimiento.

## 2) Ordenes de Trabajo.

Todo trabajo de mantenimiento originada por el personal de mina de campo y talleres, requieren de una orden de trabajo (Fig.19). A cada orden de trabajo se le asigna un número, bajo este número son acumulados los records de tiempo y material empleado en cada trabajo. En adición, en cada orden de trabajo se incluye un número de equipo, un número de componente, un estimado de horas y costos, la fecha requerida, el programa de la fecha de terminación, la prioridad, el centro de costo que realizará el trabajo y la lectura de horómetro pertinente.

Una vez que toda la información necesaria a sido puesta en la orden de trabajo, el original es enviado a los servicios de la computadora y se abre un registro en el archivo de órdenes de trabajo de la computadora. La copia gruesa (de color amarillo) es enviada al respectivo personal de taller ó campo que realizará el trabajo.

Después de la terminación del trabajo, el personal de taller ó campo llena en la copia gruesa la fecha de la terminación del trabajo, el código de razón de falla y un breve comentario de la causa de la falla. Con esta información se cierra el trabajo en el archivo de la orden de trabajo de la computadora (Fig.20).

## 3) Otros Sistemas Computarizados.

La información requerida para convertir en dólares (monetizar) los costos de labor y material

FIG. 19.- Orden de Trabajo (Formato)

HIERRO-PERU										8	4	
ORDEN DE TRABAJO - MINA										1. Rn.Rp.Nw. 1	Número de Cargo 13	
A C. C.												
14	18Fech. Abierta			23Fech. Req.	P	28	Descripción (abrev.)				45	
										W	Ø	1
46 Loc.	50Tip	52 Horómetro	57 Componente	63	Hrs.Hom. Est.	Costo Mat. Est.	73	Grupo	78			
TRABAJO REQUERIDO												
Otros C.C.	1417											
	1821											
	2225											
	2629											
										30		
										Descripción Completa		64
De C.C.	65	69 Ficha	73 Grupo	78	W, Ø, 1, 5		AUTORIZADO POR			M. P. & S.		

1890-005 (Reemplaza al No. DP-WMC-9A)  
JUNIO 74

<u>RAZON DE FALLA</u>		
<b>ANALISIS. DE LA FALLA Y COMENTARIO</b>		
<b>CAUSA PRINCIPAL DE LA FALLA (22-23)</b>		
01 FALLA DEL DISEÑO	02 FALLA DEL METAL	03 LUB. INCORRECTA
04 AB USO DE OPERADOR	05 FALLA NORMAL	06 ACCIDENTE
07 P.M. INCORRECTO	08 REPARAC. INCORRECTA	09 OTROS
COMENTARIO		
FIRMA		
(25 - 63)		COPIAS A OTRO G/C. W. Ø. 3 (73 - 77) (78 - 80)

COMENTARIOS

FECHA Y NUMERO

FIG. 20 .- Analisis de la falla y comentario.





es obtenido de las planillas y sistemas de control de inventarios computarizados. Los partes de tiempo diario (Fig.21), se utilizan para recolectar las horas trabajadas por cada empleado. El número de equipo ó componente, el número de orden de trabajo y horas trabajadas por cada trabajo son descritas en la porción secundaria de labor de costos de estos partes de tiempo.

Semanalmente, los partes de tiempo, son enviados a los servicios de la computadora. La información es perforada, y el Reporte de Distribución de labor y planilla son preparados. La distribución de labor secundaria son extraídos de los archivos y planillas y procesados contra la tasa de cada hora, para monetizar cada trabajo. Entonces la distribución de labor monetizada es usada para poner al día los registros de mantenimiento. Los materiales empleados para cada trabajo son registrados en una requisición de Almacén (vale). De la misma forma, conforme a las hojas de tiempo, el número de equipo (ó componente) y número de orden de trabajo son indicados en la requisición (vale).

Las requisiciones de Almacén ponen al día los registros de control de inventarios de la computadora.

#### 4) Origen de Información y Arreglos de Cambios de campo.

El sistema tiene tres archivos mayores de computadora: a) Archivo de configuración de equipo b) Archivo de normas de trabajo; c) Archivo de ordenes de trabajo.

Debido a que constantemente se efectúan cambios, ú ocurren errores, es necesario un método para mantener datos ó información corriente, y precisa en los registros de la computadora. Esto se complementa a través de la fuente de información y las formas de arreglo de cambios de campo. Se usan formatos impresos para agregar ó borrar registros en cada uno de los archivos mayores, ó cambiar informaciones que ya están achivados. Los formatos están diseñados para el ingreso manual del dato por planeamiento y programación de mantenimiento. Un ejemplo de estos es el formato de cambio de componente (Fig.22). Este formato es utilizado para reportar los cambios del estado de componentes. Cuando los componentes son instalados, sacados ó reconstruídos, se indica la información necesaria en este tipo de formatos para poner al día los registros de la computadora (ver Fig. 22 A) para mejor descripción de la información requerida.

Una vez que las formas están llenas son enviadas a la computadora para que la información contenida en estas sean perforadas en tarjetas. Siendo después procesadas por la computadora para poner al día los registros particulares involucrados.

Fig. 22.- Notificación de Movimiento de Componentes.

HIERRO PERU \_\_\_\_\_

## NOTIFICACION DE MOVIMIENTO DE COMPONENTES

<b>PLANEAMIENTO Y PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO - MINA</b>		DE :	FECHA :
DESCRIPCION DEL COMPONENTE :		LECTURA HOROMETRO,	Nº DE EQUIPO :
<b>COMPONENTE REMOVIDO</b>		<b>COMPONENTE INSTALADO</b>	
NUMERO DE ORDEN DE TRABAJO :		NUMERO DE ORDEN DE TRABAJO :	
NUMERO DE COMPONENTE : <input type="checkbox"/> DERECHO <input type="checkbox"/> IZQUIER.		NUMERO DE COMPONENTE : <input type="checkbox"/> DERECHO <input type="checkbox"/> IZQUIER.	
COMPONENTE REMOVIDO PARA : REPARAR <input type="checkbox"/> ROTAR <input type="checkbox"/> LIMITE DE VIDA <input type="checkbox"/>		CONDICION DEL COMPONENTE INSTALADO : NUEVO <input type="checkbox"/> RECONSTRUIDO <input type="checkbox"/> USADO (ROTACION) <input type="checkbox"/> REPARADO PARCIALMEN. <input type="checkbox"/>	
RAZON DE FALLA :		COMENTARIOS :	
HORAS OPERADAS :		HORAS OPERADAS : (Solo en caso de componentes usados ó reparados parcialmente)	
COMPONENTE A REPARAR : Nº ORDEN DE TRABAJO	TALLER DE COMPONENTES    MINA <input type="checkbox"/> SAN NIC. <input type="checkbox"/>  TALLER ELECTRICO            MINA <input type="checkbox"/> SAN NIC. <input type="checkbox"/>  TALLER SOLDADURA         MINA <input type="checkbox"/> SAN NIC. <input type="checkbox"/>  TALLER DE MAESTRANZA SAN NICOLAS <input type="checkbox"/> OTROS (Especificar) ..... <input type="checkbox"/>	COMENTARIOS :	
HOROMETRO ACUMULADO :			
FIRMA Y Nº DE FICHA :			

CAMPO	COLUMNAS	TIPO DE INFORMACION	DEBE TENER INFORMACION	OBSERVACIONES
Nº de Equipo	1-6	Númerico	Siempre	Debe estar en el Beta File.
Nº de orden de Trabajo	7-12	"	"	El 1 <sup>er</sup> dígito debe ser 8.
Nº de Componente	13-19	"	"	
Horómetro	20-24	"	"	(°)1
Fecha	25-29	"	"	Día (25-26) Mes (27-28) Año (29).
Hora	30-33	"	"	Dos decimales.
Fecha y grupo	73-77	"	"	Día (73-74) Mes (75-76) Grupo (77).
Código de origen	78-80	Alfabético	"	W 08, W 09, W 10 : (°)2.

Todas las tarjetas en un grupo deben tener el mismo código de origen.

NOTA (°)1- Si el dato tiene menos posiciones que el del campo, debe ser completado con ceros en la posición izquierda.

NOTA (°)2- Código de origen: W 08 Para sacar  
W 09 " instalación  
W 10 " reconstrucción.

Figura 22. A .- (Continúa en la siguiente página).

TARJETA DE CONTROL.

CAMPO	COLUMNAS	TIPO DE INFORMACION	DEBE TENER INFORMACION	OBSERVACIONES
Total N <sup>o</sup> 's de Equipo	1-9	Numérico	Siempre	Nota 3
Total N <sup>o</sup> 's de Orden de Trabajo	10-18	"	"	"
Total N <sup>o</sup> 's de Componente	19-27	"	"	"
Total Horómetro	28-36	"	"	"
Identificación	72	Alfabético	"	Asterisco (*)
Fecha y grupo	73-77	Numérico	"	La misma fecha para todo el grupo.
Código de origen	78-80	Alfanumérico.	"	"

Nota 3 - Estos campos contienen la suma del dato correspondiente al campo de todas las tarjetas en el grupo.

Nota 4 - Si la suma de los datos tienen menos posiciones que el campo, debe ser completados con ceros en la posición izquierda.

FIG. 22 A - Requerimiento de información para el formato de la notificación de cambio de componente.

VI.3.2. - Programación de Mantenimiento Preventivo Diario.

La realización de Mantenimiento Preventivo de Equipo se ejecuta usando el Reporte Diario de Control de Mantenimiento de la Computadora (Fig. 23).

Este Reporte proporciona las horas acumuladas de operación desde el último tipo de servicio por cada camión, pala, perforadora ó equipo auxiliar. Las horas de operación son registradas a través de las lecturas diarias de horómetros, que son tomadas de cada equipo. El

tipo de servicio está indicado en el reporte por una letra del alfabeto. Por ejemplo, "A" representa Servicio Mecánico y Lubricación. El uso de las letras del alfabeto permite al reporte contener todos los tipos de servicios que asisten. Una vez que todas las letras del alfabeto son usadas, se pueden usar doble letras ("AA").

Un ejemplo del reporte indicando unos cuantos tipos de servicio es como sigue:

LECTRA HAULS.

Nº Equipo	Total hora metro	Tipos de Control de Mantenimiento			
		*A*	*B*	*C*	*D*
004-101	45530	185	185	833	833
		*E*	*F*	*G*	*H*
		3306	0	15329	7183

FIG. 23 .- Reporte de Control Diario de Mantenimiento.

Como auxiliar para mejor entendimiento de los tipos de servicio y su codificación, una leyenda parcial está listada a continuación.

C A M I O N E S

TIPO DE SERVICIO	DESCRIPCION	HORAS DE SERVICIO
*A*	Mecánica y Lubricación	200
*B*	Maquinaria y Electricidad	200
*C*	Lubricación de Rueda Izquierda	1,500
*D*	" Derecha	1,500
*E*	Eje Trasero	2,500
*F*	Transmisión	5,000
*G*	Servicio de Escombro	15,000
*H*	Suspensión Frontal	25,000

FIG.24 .- Leyenda parcial - Tipos de Servicio.

El dato de la Fig. 24, demuestra lo siguiente con relación al Lectra Haul Número 004 - 101, para el

tipo de servicio "A" hasta "H".

- "A" Operó 185 horas desde el último servicio de mecánica y lubricación y necesitará este servicio dentro de las 15 horas siguientes de operación.
- "B" Operó 185 horas desde el último servicio de motor eléctrico. Y necesitará este servicio dentro de las 15 horas siguientes de operación.
- "CyD" Operó 833 horas desde el último cambio de aceite a los motores de ruedas derecha e izquierda, y tiene 667 horas restantes de operación para su próximo servicio.
- "E" Operó 3306 horas desde el último servicio al eje posterior y se sobrepasó al servicio por 806 horas de operación.
- "F" Transmisión recién cambiada.
- "G" Operó 15,329 horas desde el último servicio a la tolva, y se sobrepasó al servicio por 329 horas de operación.
- "H" Operó 7,183 horas desde el último servicio a la suspensión izquierda frontal, y tiene 17,817 horas restantes para su próximo servicio.

La lectura diaria de horómetros son enviadas a la computadora para poner al día la información y generar un reporte diario. Planeamiento y Programación de Mantenimiento analiza la información para determinar ajustes de Mantenimiento Programado, y el número óptimo de unidades que son programadas para el mantenimiento del siguiente día. Al completar el servicio de Mantenimiento Programado, la computadora es notificada y la acumulación de horas de operación por el tipo pertinente de servicio proporcionado a un equipo ó unidad son regresados a cero. En caso que un componente usado es instalado, son utiliza

das las horas acumuladas usadas en equipos anteriores.

### VI.3.3 .- Historial del Componente.

Las funciones esenciales de Planeamiento y Programación de Mantenimiento de Hierro-Perú son: Acumular historia precisa de Componentes, usar esta información para prevenir fallas, y recomendar la acción correcta para prevenir fallas similares y evitar la acumulación de componentes que requieran reparaciones simultáneamente, pronosticando y programando las reparaciones secuencialmente. La computadora ayuda en este esfuerzo dotando de los siguientes reportes:

- 1) Configuración de equipo y hora en operación (Fig.25)
- 2) Reconstrucción de componentes-Expectativas vs. Promedio experimentado. (Fig. 26)
- 3) Historial de falla de componente (Fig. 27)
- 4) Análisis de cambio de repuestos (Fig. 28)
- 5) Normas de trabajos de reparación (Fig. 29)

### VI.3.4 .- Control de Trabajos de Mantenimiento y Análisis.

Como ya se ha explicado anteriormente todo trabajo de mantenimiento originado por el personal de campo ó taller, requiere una orden de trabajo. La computadora prepare reportes que son usados por Planeamiento y Programación de Mantenimiento para guiar y controlar las ordenes de trabajo que están en proceso.

Los reportes son los siguientes:

- 1) Programa diario de trabajo (Fig. 30)
- 2) Ordenes de trabajo en proceso-sumario (Fig. 31)
- 3) Ordenes de trabajo terminados-sumario (Fig. 32).



Fig. 25 CONFIGURACION DE EQUIPO Y HORAS EN OPERACION

31 de Marzo de 1977

Equipos: Camión Haulpack de 55 Tons. N°004-032  
 Herómetro 31/3/77 57.908 horas

CODIGO COMPONENTE	DESCRIPCION COMPONENTE	CONDIOIONES COMPONENTE	INSTALACION FECHA/HOROMETRO	HORAS PREVIAS ACUMULADAS	HORAS ACUMULADAS A LA FECHA	ESTANDARD (HORAS)	VIDA REMANENTE (HORAS)
-------------------	------------------------	------------------------	-----------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------	------------------------

ORDEN DE TRABAJO N°Y HOROMETRO PARA CADA REEMPLAZO A HACERSE EN ESTE COMPONENTE DE PRINCIPIO A FIN.

CONFIGURACION CORRIENTE

24-01015	Motor Diesel	Reconstruido	20/09/74	52054	00000	05854	8000	2146
24-02015	Transmisión	Usado	16/12/76	57264	00660	01304	5000	3696
24-08017	Diferencial	Usado	12/01/77	57432	00000	00476	10000	9524
24-06001	Tolva	Usado	01/02/70	37924	00000	19984	40000	20016
24-07027	Suspensión Delantera	Reconstruido	14/02/76	55474	00000	02434	20000	17566
24-07035	Suspensión Deiantera	Usado	02/12/76	57159	00000	00749	20000	19251
24-08006	Suspensión Posterior	Reconstruido	06/08/75	53752	00000	04156	20000	15844
24-08037	Conjunto de la Suspensión Posterior.	Usado	11/02/77	57625	00000	00283	20000	19717
24-09012	Cilindro de Izar	Reconstruido	14/08/76	56635	00000	01273	30000	28727
24-09047	Cilindro de Izar	Reconstruido	13/08/75	53865	00000	04043	30000	25957

COMPONENTES REMOVIDOS

24-0507	Diferencial	Reconstruido			02103	02103	10000	7897
8470441/28982	8816081/02103							
24-08003	Suspensión Posterior	Reconstruido			01548	01548	20000	18452
8141317/8537001/04727		8817141/01548						

Fig. 26

RECONSTRUCCION DE COMPONENTES  
EXPECTATIVAS Vs. PROMEDIO EXPERIMENTADO

Periodo: 01/01/70 al 31/03/70

EQUIPO	TIPO DE COMPONENTE	HORAS EXPECTADAS	FECHA DE TRABAJO	PROMEDIO ACTUAL (Horas)	VIDA (Horas)	Nº DE FALLA	COSTO ESTANDAR (\$/)	COSTO TOTAL (\$/)	GASTO CAMBIO (\$/)	AJUSTE CAMBIO	CAMBIO TOTAL
CAMION HAULPACK	MOTOR	10000	04/01/70	0114	1006	10	5000	40000	10000	9060	800
	TRANSMISION	0000	01/01/70	3786	3874	10	1486	24840	404	12410	11970
	EJE TRASERO	30000	01/01/70	35100	1040	1	0000	914	04	50	34
	TOLVA:	10000	01/01/70	0900	90	0	8500	71480	2940	131	3070
TOTAL FLOTA							150176	7430	51970	10830	

Fig. 27 HISTORIAL DE FALLA DE COMPONENTE

Periodo: 01/01/70 a 31/03/70

Camión Haulpack  
 Tipo de Componente Transmisión  
 Horas Operadas Expectadas 9000  
 Fecha horas Expectadas 01/01/70  
 Costo Estandar de Reparación (\$/) 1416

Record de Falla

Componente Número	Orden de Trabajo Número	Equipo Número	Horas Acumuladas	Fecha	Razón de la Falla	Descripción de la Falla	Costo Total (\$/)	C a m b i o s			
							Gasto	Ajuste	Total		
24-01004	8042261	004-034	3162	0901	Falla Metálica	Falla Eje Principal	1817	81	827	608	
24-04006	8329001	004-031	2177	1702	Falla Operador	Rotura Diente del Engranaje	847	749	911	22	
24-01017	8955471	004-038	3010	2102	Falla Metálica	Falla Eje Principal	1370	67	620	906	
24-00018	8832411	004-033	8703	2103	Falla Metálica	Falla Eje Principal	1436	0	440	640	
Total de Tipo de Componente con Falla Promedio Experimentada.							24840	444	11414	11970	



Fig. 29 NORMAS DE TRABAJO DE REPRRACION.

Fecha : 14 de Marzo de 1970 - Resumen Actual Vs. Promedio - Periodo: 01-03-70 a 31-03-70

U b i c a c i ó n	Tipo	Nº de Orden Trabajo.	Horas Std.	Mínimas Variación Promedio	Costo Labor Std.	Variación Promedio	Costo Std.	Material Variación Promedio	Costo Std.	Total Variación Promedio
<b>28 LECTRA HAUL</b>										
1000 Motor	52 Reemplazo	17	48.0	2.3	54.44	2.66	262	16	317	19
1027 Múltiple de Escape del Motor.	52 Reemplazo	14	2.0	.2	2.31	.83	417	70	419	47
1029 Motor de Combustible en Línea Turbo Tanque	53 Reparar	1	.3	.1	.50	.12	48	10	49	22
1071 Carter	52 Reemplazo	3	3.0	1.1	3.47	1.27	203	5	804	4
<b>Flota Total</b>		<b>35</b>		<b>1.13</b>		<b>1.13</b>		<b>33.3</b>		<b>27.06</b>
<b>26 HAULPACK</b>										
1000 Motor	52 Reemplazo	10	40.0	3.0	52.44	5.77	273	10	320	24
1000 Motor	54 Regular	10	216.0	15.4	249.50	19.17	4500	743	4750	767
1200 Transmisión	52 Reemplazo	4	12.0	1.6	13.06	1.65	104	6	180	4
1200 Transmisión	52 Regular	4	103.0	4.1	133.50	4.74	1300	81	1436	78
1202 Transmisión	52 Reemplazo	0	4.0	0.0	4.62	0.00	101	0	146	0
<b>Flota Total</b>		<b>24</b>		<b>0.5</b>		<b>9.0</b>		<b>261.1</b>		<b>271.07</b>
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>63</b>		<b>4.4</b>		<b>9.1</b>		<b>136.02</b>		<b>135.5</b>

Fig. 30 PROGRAMA DIARIO DE TRABAJO

Fecha: Agosto 14, 1970 Centro de Costo 51831 Cuadrilla de Reparación de Camiones Producción

Equipo Número	Orden de Trabajo Número	Fecha Abierta	Fecha Requerida	P R	Fecha Terminado	Descripción Orden de Trabajo	Componente Número	Horas - Hombre Estimadas
004-034	200111	10-04-70	13-04-70	3		Cambio de Motor		48.0
004-041	200105	09-04-70	13-04-70	4	15-04-70	Poner Motor en el Chasis	24-01018	28.0
004-104	200120	12-04-70	14-04-70	3	13-04-70	Cambio de Suspen sión Posterior.		16.0
004-104	200131	12-04-70	14-04-70	3	13-04-70	Cambio de Suspen sión Delantera.		16.0
004-120	200101	01-04-70	13-04-70	3		Cambio de Tolva		16.0
004-115	200120	12-04-70	13-04-70	3		Cambio de Motor		48.0
004-049	200140	14-04-70	15-04-70	2		Cambio de Compre sor.		5.0
004-101	200144	15-04-70	16-04-70	2		Reparar Puerta		2.0

Fecha : Febrero 26, 1970

	Centro de Costo que hace el Trab, Código	Pri. Descripción	Nº de O.T.	Horas Estimado	Horas Actual	Hombre Diferencia	
Menos de 30 días	51068	Taller Componentes	1	16	163.2	82.0	81.2
			2	4	8.0	0.0	8.0
			3	21	96.1	100.0	3.9
			TOTAL .....	41	267.3	182.0	85.3
	51871	Taller Eléctrico	1	14	49.8	16.0	33.0
			2	60	213.3	151.0	62.3
			3	2	7.1	8.0	.9
			TOTAL .....	76	270.2	175.0	95.2
30 a 60 días	51871	Taller Eléctrico	1	6	21.3	10.3	11.0
			2	41	145.6	16.1	129.7
			3	3	10.7	14.7	4.0
			TOTAL .....	50	177.6	41.1	136.7
61 a 90 días	51871	Taller Eléctrico	1	2	7.1	6.0	1.1
			2	16	56.9	4.1	136.7
			3	1	3.6	3.2	.4
			TOTAL .....	19	67.6	13.3	54.3
Más de 90 días	51871	Taller Eléctrico	1	64	227.6	144.4	113.2
			2	60	213.2	76.1	137.1
			3	1	3.6	1.0	2.6
			TOTAL .....	125	444.4	191.5	252.9
Total Ordenes de Trabajo Pendiente	51871	Taller Componentes	1	16	163.2	82.0	81.2
			2	4	8.0	0.0	8.0
			3	21	96.1	100.0	3.9
			TOTAL .....	41	267.3	182.0	85.3
	51871	Taller Eléctrico	1	86	305.8	146.7	159.1
			2	177	629.3	247.3	382.0
			3	7	24.9	26.9	7.0
			TOTAL .....	270	960.0	420.9	548.1
	GRAN TOTAL		311	1227.3	607.9	624.4	

Fecha : Marzo 31, 1970

Para Componentes de Flota

Periodo: 01-03-70 al 31-03-70

Compnente. Número	Tipo de Componen te.	Equipo Número	Ord.Traba. Número.	Descripción Orden Traba.	Fecha de Cierre.	Horas		Hombre Valor	Costo										
						Estimado	Real		Estimado	Material Real	Costo Total								
<b>Haulpack</b>																			
20-01000	Motor	004-034	200217	Reemplazo	04-03-70	48.0	46.0	55.44	273	200	335								
			200218	Motor															
				Regular															
				Motor															
				Total															
	Unidad	264.0	276.0	321.09	4773	5315	5716												
	Variación.		12.0	16.17		542	638												
<b>24-02000 Tronumi</b>																			
24-02000	Tronumi sion.	004-034	200291	Reemplazo	07-03-70	4.0	4.0	4.62	141	160	165								
			200292	Trans.															
				Reemplazo															
				Trans.															
				Total															
				Unidad								8.0	8.5	8.82	308	310	320		
				Variación.									.5	.32		2	3		
			004-035	200230								Reemplazo	03-03-70	12.0	13.0	15.00	184	180	195
				200231								Trans.							
												Regular							
				Trans.								14-03-70	103.0	103.0	135.50	1300	1300	1435	
				Total									115.0	116.0	150.50	1484	1480	1631	
				Unidad										1.0	1.16		4	3	
				Variación.															
				Componente															
	Total	24 W.O.S.	1009.6	1114.1	1286.79	25752	25610	29897											
	Variación			104.5	120.70		142	21											
	Flota Total	96 W.O.S.	3631.9	3962.2	4576.41	100312	102708	107281											
	Variación		330.3	381.50			2136	2578											
	Gran Total		4387.0	4402.5	5084.83	222365	227185	232270											
	Variación						4620	4535											



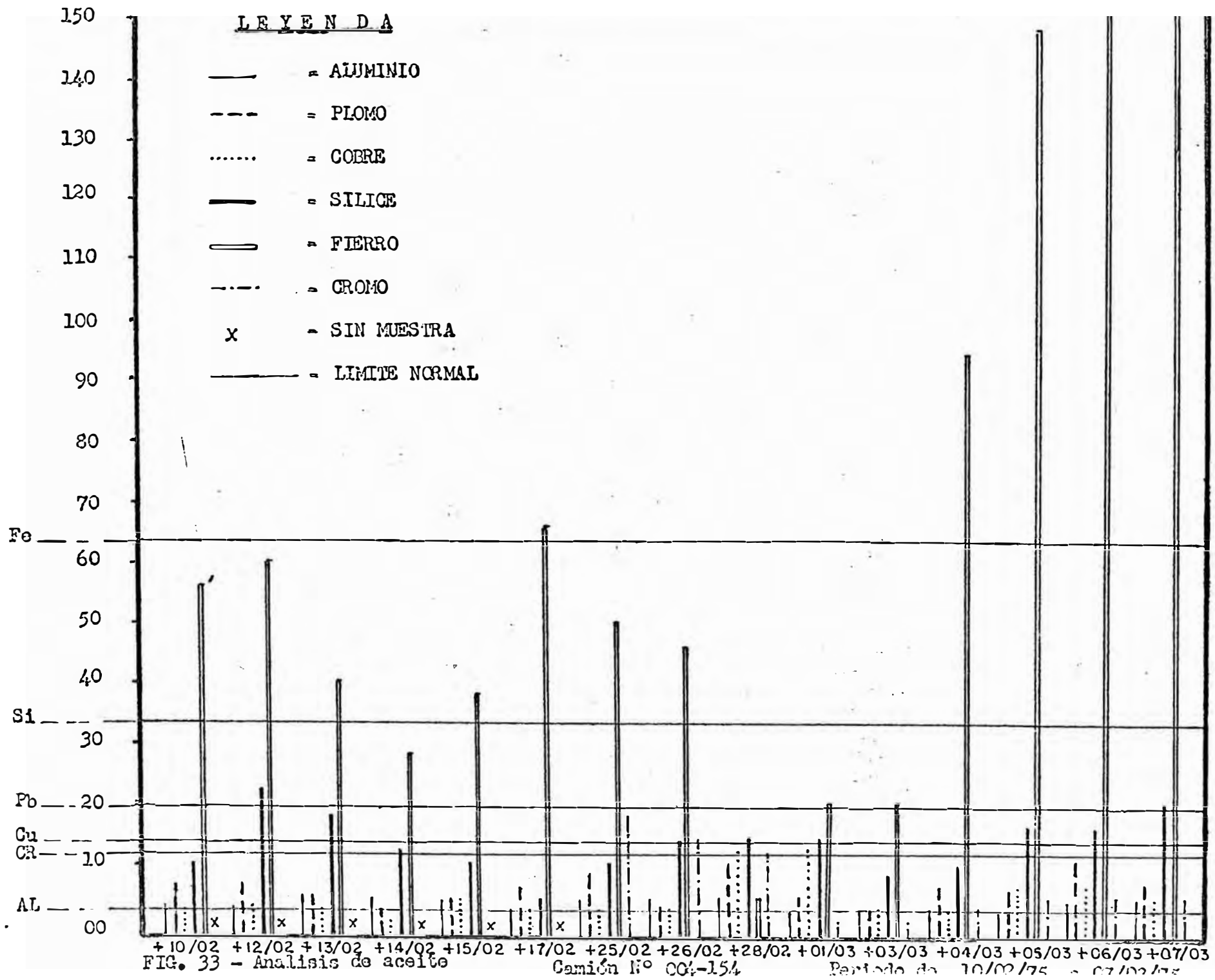
### VI.3.5 .- Análisis del Aceite - Equipo Pesado de Carguío (FIG. 33).

Análisis de aceite diario son realizados para cada Haulpak y Lectra Haul en operación para determinar el contenido de aluminio, plomo, cobre, sílica, fierro y cromo. El análisis es sometido a la computadora para que proporcione un historial comparativo para cada vehículo.

Observando la figura 33, vemos que nos muestra que las partes por millón de fierro (Fe), en la muestra de aceite tomadas el 10 de Febrero fué alto el porcentaje pero no al límite, Esto quedó así hasta el 17. Del 17 el p.p.m. Fe excedió el límite, y el camión fué llamado para una inspección. Se encontró que un cilindro tenía los anillos de pistón voto, cortando la camiseta, por lo cual subió el porcentaje de fierro en el aceite. Las reparaciones fuerón efectuadas y el porcentaje de fierro regresó a su nivel aceptable. Un problema grande se hizo otra vez en Marzo 4. En cada uno de los siguientes días (3), el contenido de fierro continuó subiendo el porcentaje. Obviamente, por la que el motor tenía 9,400 horas de operación, se encontró un problema mayor, el motor fué sacado y enviado para su reparación. Debido a una temprana prevención proporcionada por el análisis de aceite y la información comparativa en el reporte de la computadora, fué evitado un daño masivo del motor.

### VI.3.6 .- Análisis de Llantas.

El análisis de llantas es un sistema computarizado de reporte de llantas para equipo usado de carguío mina. El reporte permite realizar una total evaluación de la función de llantas en forma continua. El sistema señala los futuros requerimientos a través del uso de su historial.



al pasado.

Información de la posición de la llanta, condición de la llanta, lectura del odómetro, costo y profundidad de cocada, son enviados a la computadora semanalmente. Esta información es obtenida del campo durante los cambios de llantas y programas de Mantenimiento Preventivo. Esta información también contiene análisis de falla usando un sistema de código de falla.

#### VI.4 .- DISEÑO DE LAS FACILIDADES DE MANTENIMIENTO.

Las facilidades de mantenimiento de camiones, incluirán muchos de los siguientes centros de trabajo, dependiendo del tamaño y tipo de la flota tanto como de la proximidad de otros almacenes.

- 1) Área de limpieza de camiones - Normalmente un conjunto apartado del edificio principal y equipado con vapor de alta presión.
- 2) Lugares de servicio - Ocasionalmente equipados con una zanja. El aceite, la grasa, agua y aire comprimido son usualmente llevados por tubería para el uso conveniente. Los lugares deben ser suficientemente anchos para permitir la entrada del camión más ancho son al menos 5 pies de espacio libre de trabajo a ambos lados y al frente. El interior del taller debe ser suficientemente alto para permitir que la tolva sea levantada en la posición de descarga.
- 3) Lugares de reparación - Similar a los de servicio, excepto que no tienen normalmente zanjas; están equipados con grúas puentes que deben ser lo suficientemente grandes como para remover un motor completo.
- 4) Salas de calibración de motores - Con aire acondicionado y libre de polvo. Usados para calibrar las velocidades del motor.
- 5) Lugares de electricidad - Están equipados para reparar los motores de las ruedas eléctricas, generadores y

alternadores para camiones eléctricos.

6) Almacén Localizado lo mejor posible, adyacente a los lugares de reparación y equipados con inventario normal de repuestos. Puede tener espacio de oficinas para el personal de mantenimiento y operación.

7) Facilidades de abastecimiento de combustible - Deben ser tenidas lejos del area de talleres principal para evitar congestión y confusión.

Por lo general, las reparaciones de los talleres son simples. Su principal propósito es facilitar el reemplazo de las partes de los componentes y satisfacer las necesidades de soldadura. La mayoría de las partes pueden ser reemplazadas in situ. Los componentes mayores tales como motores y motores de tracción pueden ser enviados a talleres especializados para reparaciones. Esto por supuesto, depende de la localización y capacidad de los otros talleres.

#### VI.5 .- PROTECCION DE LLANTAS.

Las llantas, deben proporcionar al suelo las fuerzas de propulsión más importantes y asimismo ofreciendo en las condiciones de servicio más difíciles una larga duración de servicio, con el fin de garantizar una disponibilidad de empleo permanente en las máquinas y ejecutar el trabajo a pesar de todo, con el menor corte posible. Los gastos para el equipo de bandas, para una cargadora sobre llantas representan del 10 al 15% aproximadamente del valor de compra de la máquina.

Gracias a la elección de llantas apropiadas y sobre todo ayudando a éstas, por medio de equipos de protección adecuados, es posible reducir los costos de explotación de los cargadores sobre llantas.

##### VI.5.1 .- Posibilidades de las Cadenas Protectoras de llantas.

Uno de los componentes que por su influencia sobre el rendimiento de las unidades sobre ruedas se ha visto constantemente modificado, tanto en cuanto a tamaños como a los diferentes tipos para las aplicaciones a desempeñar es la llanta, que en razón al número de veces que debe ser sustituida y al lógico incremento en el precio debido a las innovaciones efectuadas, llega a ser, a lo largo de la vida útil de la máquina, un fuerte rubro en el costo de operación.

Para aquellas condiciones de trabajo, en que la llanta se encuentra expuesta a cortes frecuentes en la banda de rodamiento y muy especialmente en los costados - punto mas débil de la llanta - la única solución rentable es el uso de cadenas protectoras.

#### VI.5.2 - Protección de Bandas.

Los equipos de protección para las bandas, tienen como finalidad el proteger las llantas contra la abrasión los cortes, grietas y mejorar la marcha en todos los terrenos.

El 80% de los cargadores son equipados con llantas tipo ancho. Estas llantas no solo permiten una mejor marcha en todos los terrenos, sino que en razón de su ductibilidad, absorben mucho mejor los choques de la carretera y las fluctuaciones de la presión y manejo del conjunto de la máquina.

En zonas rocosas, las llantas son armadas por medio de cadenas de protección ó cadenas antiderrapantes. La red de la cadena debe ser flexible y rodear la superficie de rodadura lo mismo que los flancos. La red de la cadena, tambien debe tener malla suficientemente grande que permita una mejor auto-limpieza, gracias al movimiento de rodamiento. La vida de una llanta ancha con cadena de protección sobre suelo rocoso se eleva aproximadamente al triple de la duración de la misma llanta sin cadena protectora.

### VI.5.3 .- Diversas Construcciones de las Cadenas.

Las ventajas de rentabilidad económica ya descritas traen consigo el inconveniente de una más fuerte inversión inicial, para las llantas con su protección.

Cuando se comparan los diferentes tipos de cadenas, se observa esencialmente dos principios diferentes de construcción.

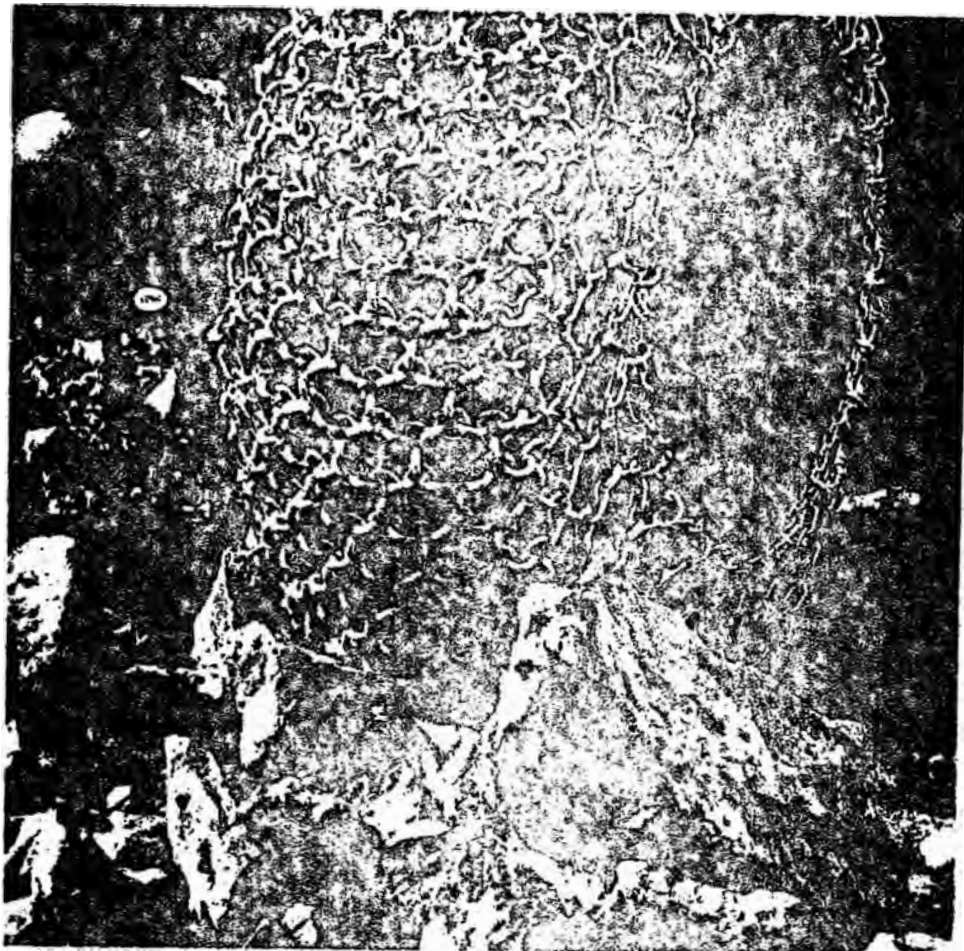
Hay un principio de cadenas protectoras según un padrón anular: la cadena se compone enteramente de mallas uniformemente redondas ó ovaladas. Gracias a los elementos en la cadena de una resistencia diferente habiendo experimentado un provecho y constitución diferentes, tanto que gracias a la formación de mallas más ó menos anchas es posible poner a punto una protección de llantas conveniente a cada uso.

La ventaja económica más evidente para la fabricación y mantenimiento del stock de las piezas de recambio, es el hecho, de que es suficiente un stock para cada cadena, en un solo elemento en número suficiente. En la práctica, esta construcción de cadenas, permite un deterioro mayor, dado que las mallas de la misma giran por sí mismas al mismo tiempo que el movimiento de acción de las llantas. Por otra parte, las mallas redondas pueden pasar sobre el perfil de la llanta con un desgaste mínimo, dado que no chocan contra los bordes de las fibras de la llanta. El único inconveniente de esta construcción es eventualmente el hecho de que los anillos se encuentren en el momento de verticalidad de la superficie de la llanta, peligrando ejercer un efecto de masa en la materia de la llanta.

Existe además una construcción interesante, consistiendo en tener la cadena según el principio de anillos en-



La duración de servicio de un neumático puede ser incrementada hasta tres veces mediante las cadenas protectoras.



- En los terrenos rocosos difíciles de filas cortantes es donde la protección de cadenas se muestra más especialmente rentable.





En las cadenas Erlau las mallas de cadenas forman conjuntos de cuatro puntos.

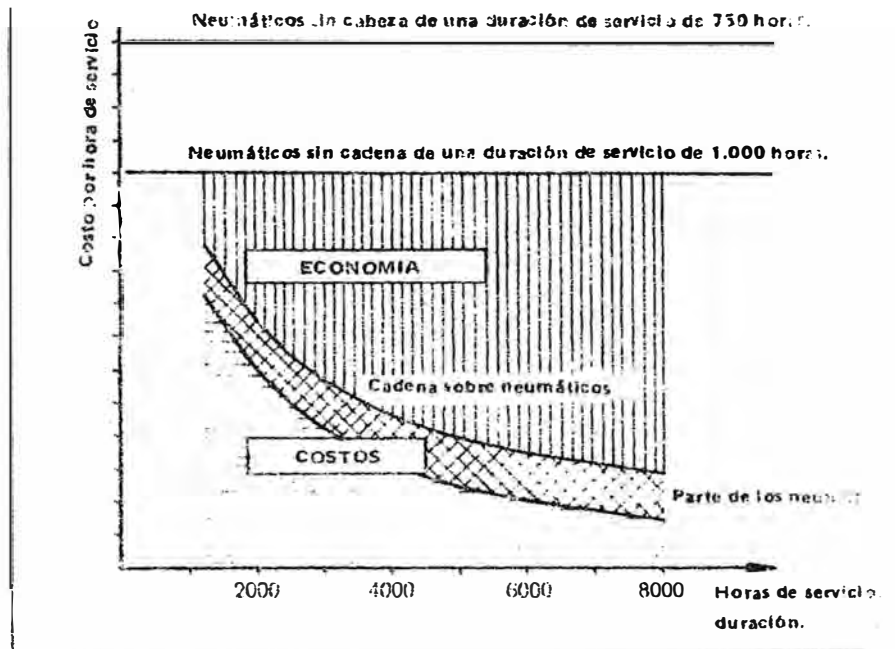
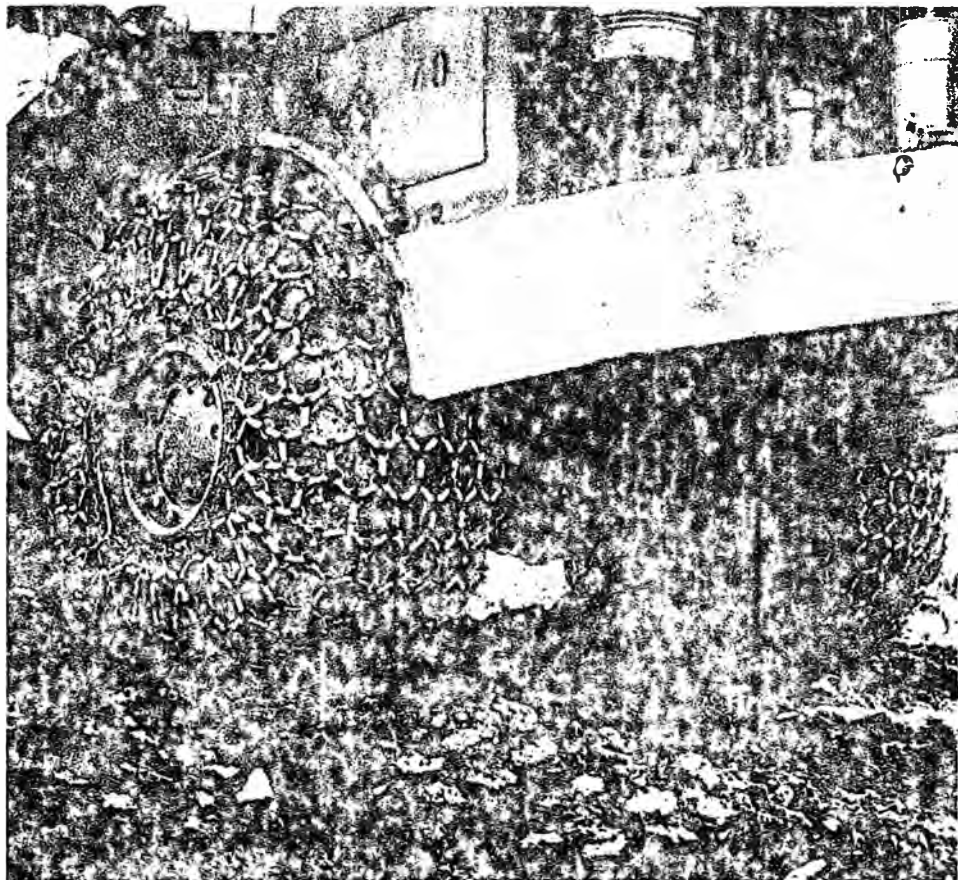


Gráfico de comparación de posibilidades de la protección de neumáticos.



Las mototrallas son otras de las máquinas que pueden beneficiarse rentablemente de la protección de los neumáticos.



trelazados. En este caso los anillos entrelazados, de dimensiones y configuraciones diversas, forman el elemento de desgaste propiamente dicho. Los anillos relativamente planos, por debajo, en la superficie de rodadura, se juntan con otros por medio de anillos encarados.

Las aberturas de apoyo en los anillos entrelazados, confieren a los anillos suficiente juego, de manera que permiten a la cadena seguir armoniosamente los movimientos de compresión y dilatación. Gracias a estos movimientos de cadena, una protección óptima de la llanta se hace posible. La disponibilidad de las piezas de desgaste bajo forma de anillo plano permite obtener una soñal plana. De esta forma el peligro que la carga ejerce por juntos, es grandemente reducida. Las cadenas de anillos entrelazados, solamente ellas no tienen necesidad de ser vueltas, dado que la configuración asimétrica de las piezas de desgaste hace posible un deterioro del exterior de forma uniforme.

#### VI.5.4 .- Características de una buena cadena protectora.

I.- Protección total de la llanta. Para ello se requiere:

- a) Malla lo suficientemente tupida, como para evitar que el material llegue a cortar la goma.
- b) Articulación t tal de los componentes, que evite cualquier punto rígido de la cadena.
- c) Eslabones redondos.

II.- Ventajas específicas de uso.

- a) Autolimpiable; para evitar que pierdan su capacidad de tracción.
- b) Fáciles de reparar. Cuando se rompa un eslabón ó más, deben ser fácilmente substituidos

sin necesidad de desmontar la cadena.

- c) **Montaje definitivo.** En algunos tipos de llantas es necesario, cuando la parte en contacto con el suelo se encuentra desgastada, darle la vuelta con el fin de aprovechar la parte en contacto con la llanta. Esto supone una molestia, sin contar con los problemas originados por desgastes irregulares. No ocurre así con las mallas de anillos entrelazados, ya que al desgastarse uniformemente continúan sin interrupción hasta su total aprovechamiento.

III.- **Larga duración que asegura su rentabilidad de compra.**

- a) Construcción en acero inoxidable de aleación cromo-níquel, que evite la corrosión proporcionando a la vez gran resistencia al desgaste.
- b) Tratamiento térmico que equilibre la dureza exterior del eslabón con la necesidad necesaria en el núcleo.
- c) Distribución de los eslabones de estrella-tres verticales de desgaste unidos mediante un eslabón horizontal-, que porta idealmente las cargas a soportar, proporcionando así un gran margen de seguridad.
- d) Desgaste uniforme.

Como norma general, se puede indicar que cuando la vida de una llanta no alcanza los 1,500 horas, es casi seguro que la utilización de cadenas protectoras resultará rentable.

.- MANIPULADOR DE LLANTAS NO-CARRERAS; SISTEMA MANTIS.

La principal preocupación en el mundo minero fué la de contar con equipos adecuados que faciliten y aceleren el manipuleo de grandes llantas. El sistema Mantis es uno de los que se desarrollarán; por medio de control remoto se accionan tres brazos articulables, los que son capaces del cambio de llantas cerca del aro y en lugares estrechos, teniendo aun una extensión de 22 1/2 pies. Con la precisión del control remoto, un operador puede protegidamente observar el área de trabajo desde una distancia prudencial y rápida y efectivamente cambiar llantas en cuestión de minutos donde por lo general muchas horas de trabajo son gastadas.

VI.6.1 .- Especificaciones del Sistema Mantis.

a) Sistema de giro:

- Tornamesa sobre rodajes de bolas y rodillos. Con un engranaje de 29 a 1 guiado por la órbita de un motor.

- Angulo máximo de rotación 360°.

b) Abrazaderas de llantas:

- Tres pistones hidráulicos que accionan tres brazos telescópicos ensamblados para atrapar la llanta.

c) Sistema Hidráulico:

- La bomba hidráulica es del tipo doble con un máximo de 17 G.P.M. y un mínimo de 7.5 G.P.M.

- Los tiradores de salida están sobre un sistema controlado secundariamente por una válvula selectora y son operados a mano, cuatro carretes, válvula.

d) Movimiento Tri - axial:

- Movimiento rotacional de 360° proporcionado por una tornamesa sobre rodajes de bolas y rodillos, accionada por un engranaje reductor 44 a 1, con un motor orbital.

- El giro es proporcionado por un pistón hidráulico fijo a un pivot posterior con dos cojinetes de rodillos ahusados para una operación suave.

- La inclinación es controlada por dos pistones hidráulicos fijos a un caballete ensamblado sobre un cojinete de metal.

e) Controles:

- El sistema es controlado por una bobina. Estos son controles remotos que van hasta una caja central de control. Incluido en el control está un motor que controla las revoluciones por minuto cuando sea necesario.

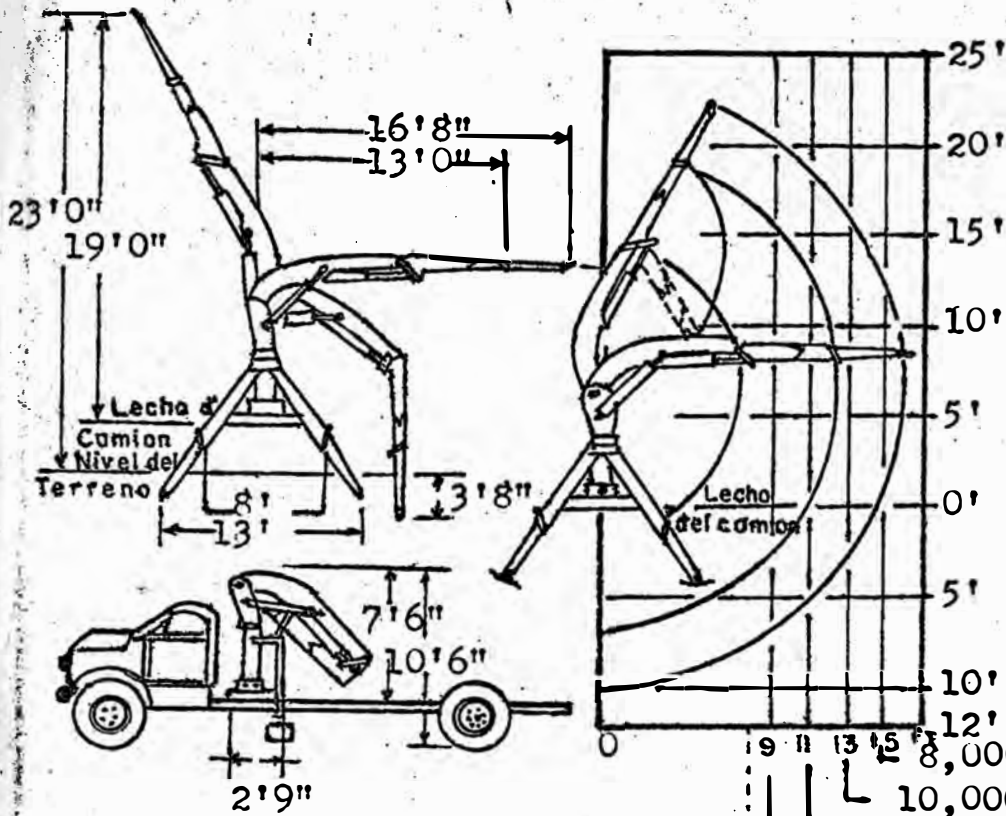
- Una supeditación en la colocación de la parte superior de las agarraderas es una alternativa de control para cada sistema principal. Estos son 1 ó más de los solenoides en caso falle la operación.

f) Equipo estandard.

- Cuatro tiradores hidráulicos con extensión de 3 pies para una combinación de un total de 13 pies.

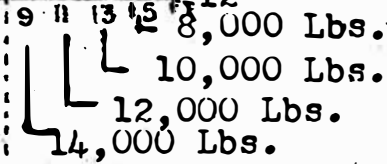
- Una proyección principal de 13 pies de largo con 9 pies hidráulicamente extendidos en el interior del proyector para una longitud total de 22 1/2 pies.

- Tres brazos articulables telescópicos con pistones hidráulicos.

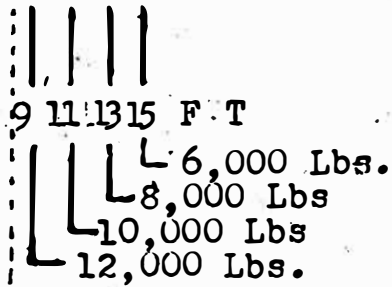


MANIPULEO DE LLANTAS  
SISTEMA MANTIS

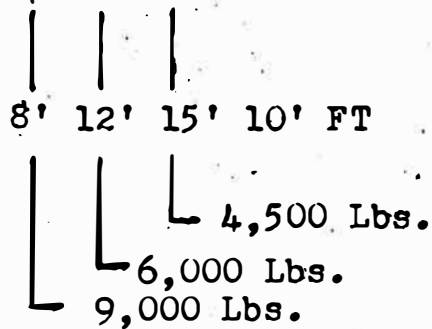
Nota: Las especificaciones son determinadas desde un mástil a un gancho. Para longitudes horizontales desde el centro de línea de la grua, restar 11"



MANTIS 10,000



MANTIS 8,000



MANTIS 7,000

VI.7.- PRÁCTICAS IMPROPIAS DE MANTENIMIENTO.

- 1) Situación impropia de tierra cuando se suelda sobre maquinaria montada.
- 2) Fallo en polarizar el generador después de desconectar las conducciones del generador-regulador (excluyendo los de alternador).
- 3) Utilizar la máquina de soldadura eléctrica para accionar los motores de arranque.
- 4) Trabajar sobre el equipo sin quitar primero las conexiones de masa de la batería.
- 5) Utilizar el motor de arranque para girar el motor y el sistema de combustible vacío.
- 6) Incremento del paso de las bombas de combustible.
- 7) Utilizar combustible contaminado ó de grado impropio.
- 8) Utilización excesiva ó impropia de fluidos de arranque.
- 9) Llenado ó adición de refrigerante.
- 10) Arranque y parada inadecuados del motor.
- 11) Mantenimiento inapropiado de los filtros de aire.
- 12) Periodos de marcha prolongada en ralentí de las unidades con convertidor de par.

## VI. 8 -- REEMPLAZAMIENTO DE B. U. E.

La renovación de un bien en servicio, por lo general cae dentro de dos campos bastante definidos, los cuales dependen del tipo y características del equipo en estudio.

Se renueva un bien, cuando:

- 1) Se deteriora ó llega a ser obsoleto debido al uso ó a la aparición de equipos que prometen una eficiencia superior.
- 2) No se deteriora, pero está sujeto a fallar ó dejar de ser útil completamente.

La teoría de renovación de equipo se deriva principalmente:

- 1) De aquellas situaciones en que la eficiencia de una máquina decrece a través del tiempo, la que puede ser restaurada a un determinado nivel por algún sistema ó medio.
- 2) Debido a la aparición de modelos perfeccionados que ofrezcan una igual ó mejor performance con menores costos unitarios.

El problema de la vida económica de una máquina se puede resumir como "encontrar el tiempo que debe permanecer en servicio una máquina que minimice el costo promedio por periodo de servicio" (William T. Morris-Engineering Economy-The Analysis of Management Decisions 1,960).

## CONCLUSIONES

### 1) Los camiones:

a) Requieren de buenas carreteras para minimizar los costos de las llantas y optimizar el ciclo de acarreo.

b) Son aplicables a pendientes altas.

c) Son muy movibles, por lo que se les puede destinar a diferentes puntos de carga y descarga sin ningún problema.

### 2) La transmisión eléctrica ha contribuido al rápido desarrollo de los camiones eléctricos de gran capacidad.

Hoy en día es el preferido por su simplicidad, mayor disponibilidad, mas económicos, etc.

### 3) La turbina a gas es otra fuente de energía que está siendo adaptada a los camiones de gran capacidad y está compitiendo con bastante éxito con los motores diesel. También se espera que los costos de mantenimiento sean menores, ya que las turbinas tienen menos repuestos que el motor diesel recíproco.

### 4) Un conocimiento de llantas, frenos y componentes de mantenimiento es necesario antes que pueda ser hecha una óptima elección de camiones.

### 5) El mantenimiento adecuado y una política directriz apropiada, reducirán el gasto de las llantas y aumentarán su vida.

### 6) Las llantas deben poseer una presión óptima de inflado en el momento de operación; pues una presión superior a la óptima, hace a la llanta mas vulnerable a los cortes en cambio una presión inferior a la óptima, permite impactos en el aro y además el área de contacto de la llanta con la superficie es mayor, originando mayor desgaste de la llanta y mayor resistencia al rodamiento exigiendo mayor potencia del motor.



- 7) El calor producto de la operación de las llantas, produce la separación de los pliegues, y también disminuye la resistencia al corte y a las pinchaduras.
- 8) La suspensión de un camión es de vital importancia, pues aísla al chasis y la carrocería de las irregularidades del camino, las cuales son transmitidas por la suspensión.
- 9) Es muy importante saber elegir el tipo de carrocería, pues es vital para el tipo de material a acarrear, y su mayor facilidad de deslizamiento con un determinado tipo de carrocería.
- 10) Es mucho más ventajoso el transporte de la carga clasificada, pues así, se podría definir más acertadamente el diseño de la carrocería.
- 11) Un material debidamente fragmentado, disminuye el ciclo del camión, ya que el tiempo de carguío se hace menor.
- 12) La posición del camión con respecto a las palas es bastante importante, puesto que un ángulo de giro menor acortará el tiempo por pase de la pala y en consecuencia el carguío será más rápido.
- 13) La capacidad de la pala debe ser tal que: deben bastar de 4 a 6 pases para cargar un camión. Si el cucharón es muy grande con relación a la capacidad del camión, se corre el riesgo de echar fuera del camión parte de la carga y de esta manera ensuciar el piso obligando a una limpieza posterior más continua. Si el cucharón es muy pequeño con relación a la capacidad del camión, resultará un tiempo mayor de carguío.

Una disparidad de camiones de diferentes tamaños al ser cargados por una misma pala y descargar en el mismo punto de descarga puede trastornar los patrones de fila de espera y reducir la productividad.

- 15) Los grandes camiones son usados generalmente con grandes tonelajes para reducir la congestión de tráfico y beneficiar la economía.

- 16) Donde los costos de operación son elevados, la tendencia es hacia el uso de grandes camiones. Se necesitan menos operadores, conjuntamente con menos personal de mantenimiento, resultando en reducidos costos de operación.
- 17) Con el incremento en el tamaño de los camiones, se observa que el número de camiones en una flota va ha disminuir lo mismo que el número de operadores, lo que hace que el rubro de costo de mano de obra también disminuya.

También se observa que con el incremento del tamaño de los camiones, aumenta el tamaño de las llantas, las cuales son mas costosas en camiones mas grandes.

Por lo tanto, uno de los argumentos para ir hacia camiones más grandes es que reduce el componente mano de obra.

Sin embargo, los ahorros derivados de costos de mano de obra más bajos en los camiones de 200 Ton. no pueden eliminar el costo grande del vehículo y de las llantas. Los componentes extremadamente caros en los camiones de 200 Ton. lo hacen prohibitivo cuando uno considera un costo inicial de \$ 900,000 USA para un camión de 200 Ton. versus \$ 270,000 USA para un camión de 100 Ton.

- 18) Se observa los siguientes porcentajes de un costo total horario de los camiones KL-420 (22 Ton) y el KL-442 (35 Ton):

	Camión KL-420 22 Ton- <sup>5</sup>	Camión KL-442 35 Ton- <sup>6</sup>
Costo de adquisición por hora:.....	32.13.....	30.34
Costo de operación (reemplazo y reparación de llantas, reparación de partes):.....	49.53.....	49.91
Costo de combustible:.....	18.34.....	11.76
TOTAL	100.00	100.01

Observándose que el rubro más fuerte es el de operación.

- 19) Al llegar el momento de seleccionar un tipo de camión, la mejor elección es generalmente la unidad que indica los costos por tonelada mas bajos.
- 20) Un programa de mantenimiento preventivo, ayuda a mejorar la vida de los componentes y la capacidad del equipo , mientras se minimizan los costos.
- 21) En el sitio de servicio, es de importancia, el ciclo de tiempo de trabajo lo más rápido posible y todo el diseño debería tener esto en mente: Almacenes lo mas cerca posible, gruas bastante grandes y lugares de mantenimiento bastante amplios y altos.
- 22) El costo del equipo que no produce es considerable y es de principalísima importancia para los ingenieros, quienes tienen que tener el equipo en producción lo más pronto posible.
- 23) Es fundamental saber cuando se debe reemplazar un equipo. Si el reemplazamiento es propuesto más allá de cierto límite los costos de la compañía irán en aumento, mientras tanto que la que tiene una adecuada política de reemplazamiento,decrecerán sus costos.

## SUGERENCIAS

- 1) Se recomienda el uso de llantas standard de tejido diagonal de nylon en las lonas cuando la carga y la velocidad son moderadas y donde los cortes de las rocas no son un problema para las llantas.

Las llantas de tejido profundo son recomendadas en minería y canteras, donde pueden producirse eventuales sobrecargas y, cuando los cortes producidos por las rocas son un problema.

Las llantas de tejido radial con tejido de acero son especialmente aptas cuando un alto factor de transporte es necesario y que por ello el promedio del TCPP con llantas de tejido de nylon sería sobrepasado. Las llantas radiales de tejido de acero también proporcionan una buena vida aún a pesar de que la profundidad de su tejido es menor que los de nylon de tipo profundo. Razón: "bailan" menos cuando corren con la carga. Sin embargo, esta firmeza también reduce su habilidad para acoplarse a las rocas y envolverlas, por lo que la llanta radial también es vulnerable a los cortes producidos por las aristas de las rocas.

- 2) Las carreteras deben ser lo suficientemente anchas como para permitir a camiones más rápidos sobrepasar a los más lentos.
- 3) Las carreteras deben tener una base adecuada para minimizar la penetración de las llantas y en consecuencia obtener un menor desgaste de éstas y una menor resistencia a la rodadura.
- 4) Los cálculos de productividad, cálculo de flota y selección del tipo de camión, son demasiados tediosos y propensos a error; por lo que se sugiere elaborar programas de computación para resolver éstos problemas de una manera más eficaz y rápida.
- 5) Es importante seguir un programa de mantenimiento preventivo, pues se asegura la aceptación de los reclamos de la garantía de los componentes. Deficiencias en seguir los procedimientos de servicios recomendados, pueden resultar en pérdidas de la garantía.

6) Se sugiere hacer un estudio comparativo y de factibilidad económica del:

a) Transporte de mineral por medio de camiones.

b) Transporte de mineral por medio de fajas transportada

c) Transporte de mineral por medio de locomotoras.

d) Transporte de mineral por medio de tubería.

**ANEXO I.-**

En los cuadros que a continuación expongo, muestro las horas calendario, horas no disponibles, horas disponibles, horas no programadas, demoras y horas de operación para la flota de camiones Haulpack de 65 Ton. y para la flota de camiones Lectra Haul de 100 Ton. y de 700 HP y 1000 HP que se usan en la Empresa Minera del Hierro del Perú (año 1,977)

**CAMIONES HAULPACK**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiem.	Octub.	Noviem.	Dic .	Total
Horas Calend.	13392.0	12096.0	13392.0	12960.0	13392.0	12960.0	10416.0	10416.0	10080.0	9680.0	9000.0	8928.0	136712
Horas No Disp.	3102.2	2409.3	2228.4	2414.8	2365.7	2543.5	1494.5	1473.8	876.7	586.6	582.2	676.7	20825
Horas Disp.	10289.8	9606.7	11163.6	10545.2	11035.3	10415.5	8921.5	8942.2	9203.3	9093.4	8417.8	8251.3	115886
Horas no Proor.	2501.7	1737.6	1864.9	2453.8	2697.0	2540.9	2239.4	1808.5	1773.3	1847.1	1847.1	1800.1	25112
Demoras Operación.	2066.1	3101.6	4039.2	2846.2	1900.2	2128.1	2141.6	1585.1	2115.6	2106.6	1381.8	1674.3	27086
Dem. Mecanic.	2546.0	2384.2	2508.8	1992.6	2729.7	2867.7	1913.8	3180.6	2394.4	2132.9	2059.4	2292.5	28822
Dem. Eléctric.	147.2	126.8	203.4	283.2	428.4	262.4	312.8	157.0	214.6	226.4	118.1	233.7	2713
Horas Operación	3028.0	2256.0	2547.3	2969.7	3280.0	2797.4	2314.3	2211.0	2705.4	2780.4	3010.8	2250.7	32152

**CAMIONES LECTRA HAUL DE 1,000 H.P.**

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Octubre	Noviem.	Diciem.	Total
<b>Horas Calend.</b>	5952.0	5376.0	5952.0	5760.0	5952.0	5760.0	5952.0	5952.0	5760.0	5952.0	5769.0	5952.0	70080.0
<b>Horas No Disp.</b>	364.0	288.0	344.0	325.7	312.0	301.2	737.4	1048.0	1062.5	973.8	1504.5	1284.5	8454.6
<b>Horas Disp.</b>	5588.0	5088.0	5608.0	5434.3	5640.0	5458.8	5214.6	4904.0	4697.5	4978.2	4255.5	4667.5	61534.4
<b>Horas no Progr.</b>	1276.2	920.7	917.7	1104.3	1254.0	1117.9	1378.2	1093.1	844.0	1014.7	948.3	1100.0	12969.1
<b>Dem. Oper.</b>	745.3	886.5	787.5	754.9	818.8	691.8	717.8	756.7	728.3	657.4	615.7	589.1	8749.8
<b>Dem. Mecánic.</b>	1264.6	634.7	1749.5	1485.4	1284.8	1255.2	1247.2	1162.7	930.0	1583.3	1045.7	1207.7	14849.8
<b>Dem. Eléctric.</b>	94.4	91.7	108.4	194.5	227.8	380.3	83.8	199.6	193.7	151.7	137.6	167.4	2330.9
<b>Horas Operación.</b>	2207.5	2554.4	2044.9	1895.2	2054.8	2013.6	1787.6	1691.9	2001.5	1572.1	1508.2	1603.3	22934.8

CAMIONES LECTRA HAUL DE 700 H.P.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octu.	Nov.	Dic.	Total
Horas Calend.	17112.0	15456.0	17112.0	16560.0	17112.0	16560.0	17112.0	17112.0	16560.0	17112.0	16560.0	17112.0	201480.0
Horas No Disp.	4064.0	1556.8	944.5	1274.5	919.5	863.0	891.8	1199.9	1235.5	531.2	862.9	1302.5	16101.1
Horas Disp.	13048.0	13899.2	16167.5	15285.5	16192.5	15692.0	16220.2	15912.1	15274.5	16180.0	15697.1	15809.5	185378.9
Horas No Progr. Dem.	2965.6	2402.4	2697.3	3043.5	3407.5	3223.8	4342.9	3200.7	2744.3	3324.6	3356.8	3696.7	38406.1
Oper. Dem.	1814.6	2084.8	2522.0	2252.5	2046.6	2259.2	2193.1	2467.4	2336.2	2464.9	32.446	2332.0	27018.2
Mecánic. Dem.	2558.1	2756.8	3336.5	3225.8	4162.9	3560.7	2641.1	2449.3	2525.3	2757.3	2792.0	2352.1	35117.9
Eléctri	337.8	500.2	392.6	967.7	748.6	395.8	857.0	949.5	588.3	728.2	722.8	428.0	7551.2
Horas de Operación	5331.9	6155.0	7219.1	5793.9	5831.9	6186.1	6186.1	6845.2	7080.4	6905.6	6581.4	7000.7	77185.5



# CAMIONES

# HAUL PACK

Hrs. Calendarias

%

Hrs. Disponibles

%

Hrs. Programadas

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10

100  
90  
80  
70  
60  
50  
40  
30  
20  
10

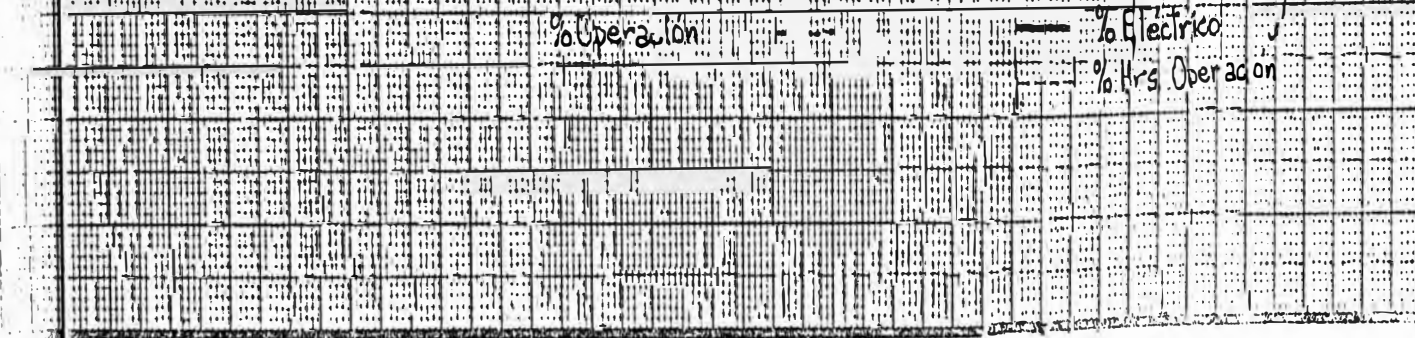
mes 0 M J A S O N D F F M A M J A S O N D F F M A M J A S O N D

% Disponible  
% No Disponible

% No programadas  
% Demoras  
% Operación

% de Operación  
% Mecánica  
% Eléctrico  
% Hrs Operación

Demoras



# CAMIONES ELECTRA HAUL DE 1,000 H.P.

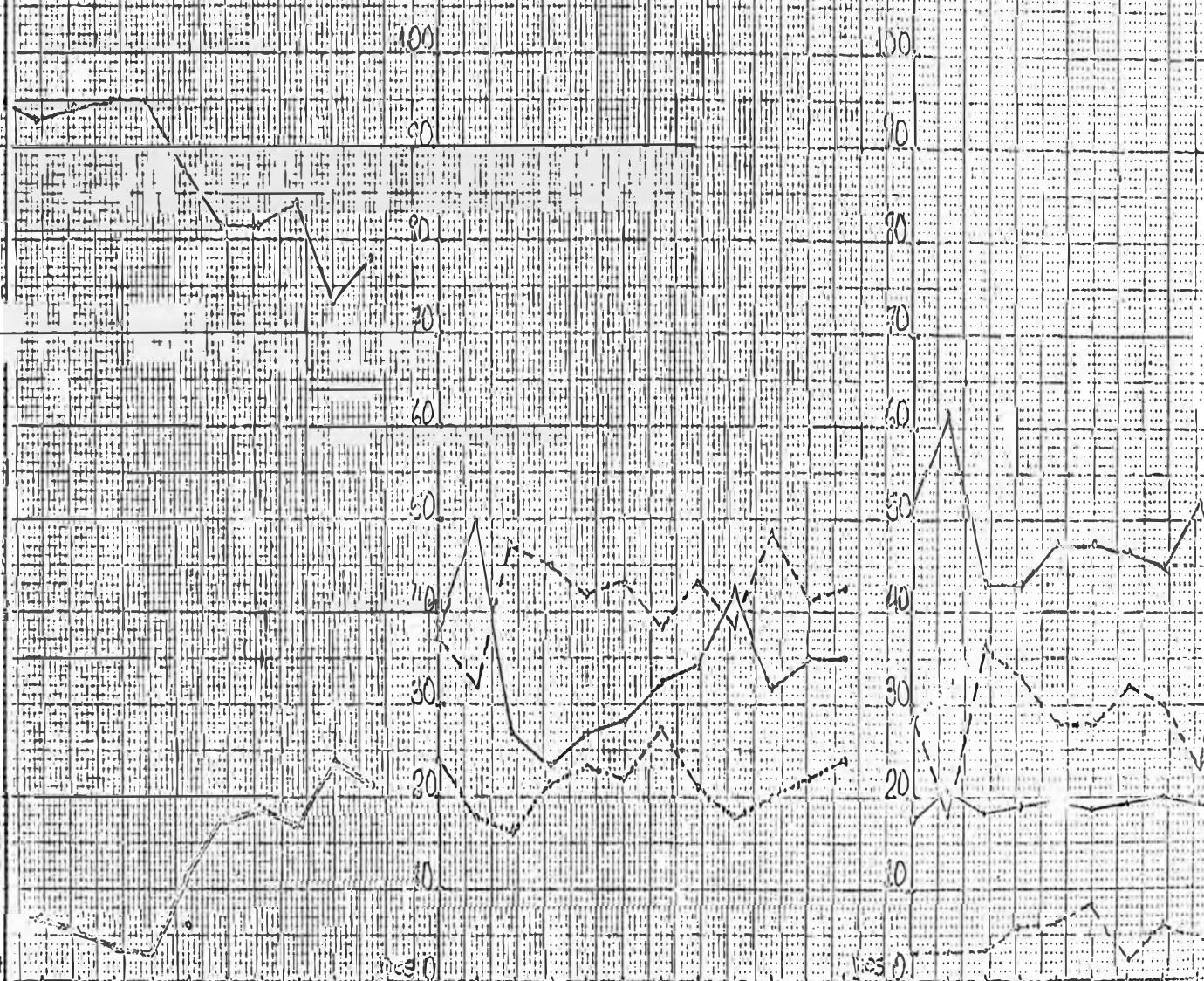
Hrs. Calendarias

%

Hrs. Disponibles

%

Hrs. Programadas



M A M J J A S O N D E F M A M J J A S O N D E F M A M J J A S

<p>% Disponible</p> <p>-----</p> <p>% No. Disponible</p> <p>-----</p>	<p>% No. Programadas</p> <p>-----</p> <p>% Demoras</p> <p>-----</p> <p>% Operación</p> <p>-----</p>	<p>% De Operación</p> <p>-----</p> <p>% Mecánico</p> <p>-----</p> <p>% Eléctrico</p> <p>-----</p> <p>% Hrs. Operativas</p> <p>-----</p>
---	---	---



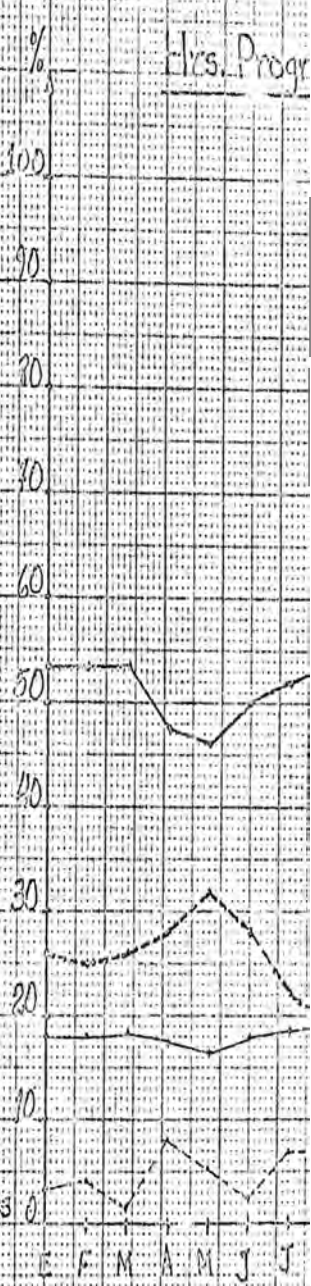
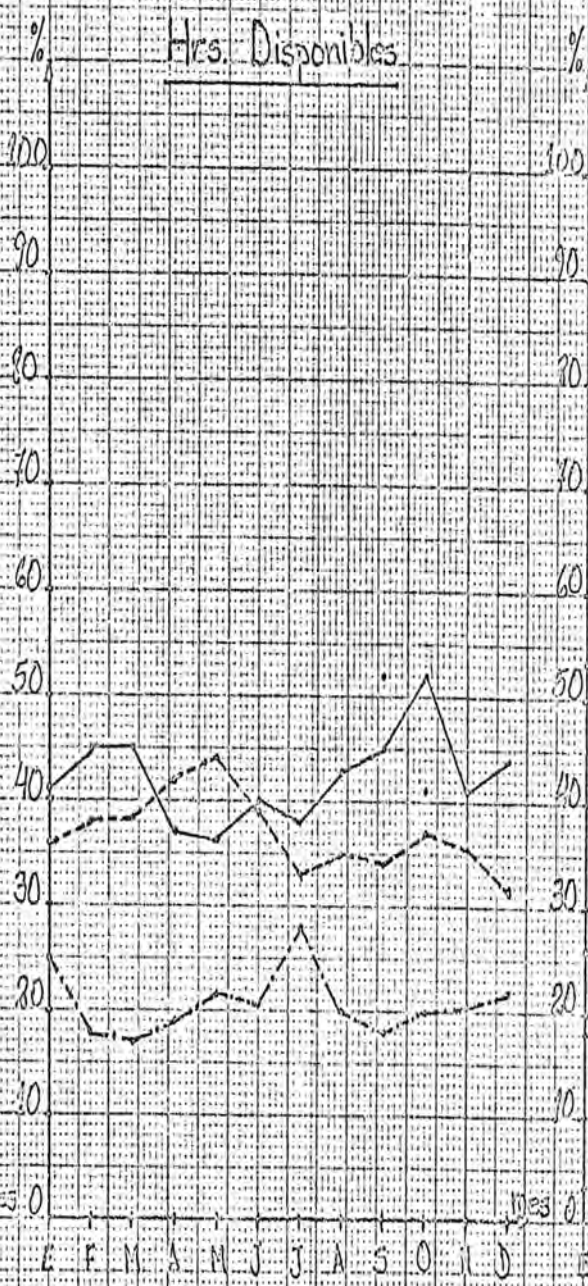
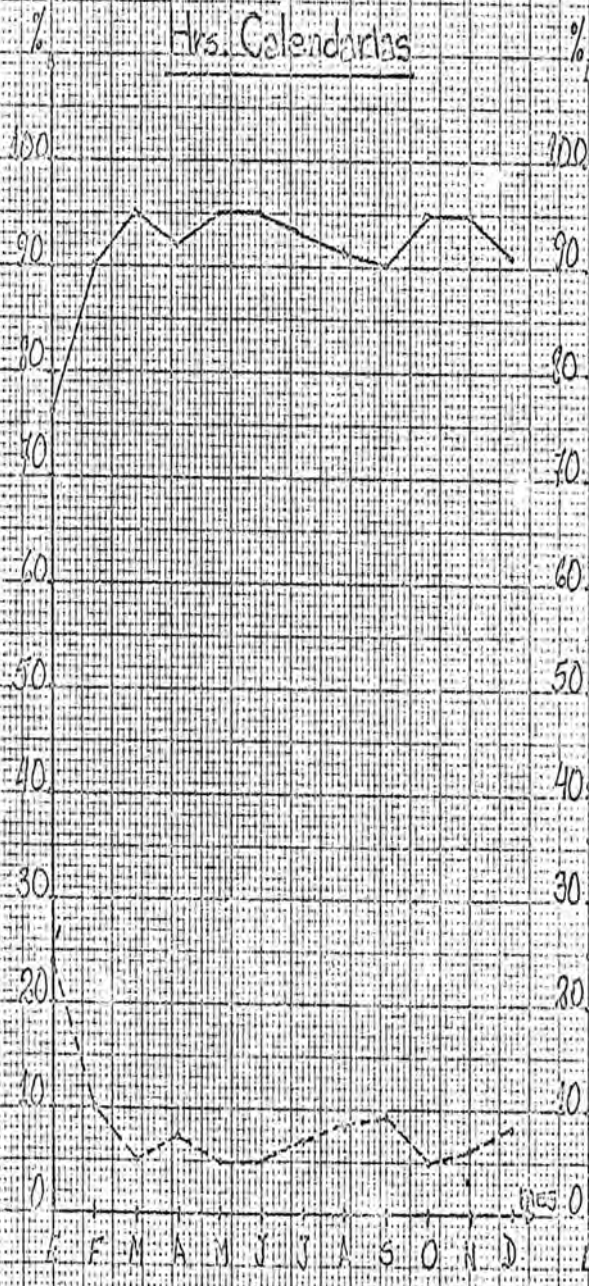
# CAMIONES

# LECTRA

# HAUL

# DE

# 700 H.P.



% Disponible ———  
 % No Disponible - - - -

% No Programadas - - - -  
 % Demoras - - - -  
 % Operación ———

% De Operación ———  
 % Mecánica - - - -  
 % Eléctrica - - - -  
 % Hrs. Op. - - - -

**APENDICE II.**

**ANALISIS POR CAMION HC-CARRETERO DE HIERRO PERU (Año 1977)**

DESCRIPCION DE FLOTA	NºEquipo	Fact.	Producción	Horas Operadas	C O S T O			Observaciones
					Labor	Materiales	Total %.	
CAMIONES	004-032	Toneladas	312000	2255	9562	29588	39150	
HAULPACK	004-033	Toneladas	251300	1763	7783	22347	30130	
DE 65	004-034	Tanque Agua	8300Gls.	1585	5489	19822	25311	
TONS.	004-035	Toneladas	223570	1613	12144	27510	39654	
	004-087	Toneladas	140870	1016	11580	40835	52415	
	004-038	Toneladas	268040	1939	12665	40927	53592	
	004-039	Toneladas	0	1205	8909	14973	23882	San Nicolás
	004-040	Toneladas	337130	2392	13114	16644	29758	
	004-041	Toneladas	352260	2473	9744	15412	25156	
	004-042	Toneladas	346940	2457	23112	30711	53823	
	004-043	Toneladas	325420	2304	9442	27621	37063	
	004-044	Toneladas	447780	3211	6783	17207	23990	
	004-045	Tanque Agua	13000Gls.	1141	15849	32003	47852	
	004-046	Toneladas	0	1205	10406	18921	29827	San Nicolás
	004-047	Toneladas	339310	2372	5549	30744	46293	
	004-048	Toneladas	223210	1540	8525	16678	25203	
	004-049	Toneladas	445640	3170	11681	33188	44869	
	004-050	Toneladas	421300	2953	13666	29841	43507	

DESCRIPCION DE FLOTA	NO Equipo	Fact.	Producción	Horas Operadas	C O S T O			Observaciones
					Labor	Materiales	Total %/.	
CANIONES	004-100	Toneladas	747780	3432	14794	29596	44390	
LECTRA HAUL	004-101	Toneladas	773080	3483	12885	45720	58605	
DE 100 TONS.	004-102	Toneladas	809630	3696	9706	38018	47724	
y 700 H.P.	004-103	Toneladas	709700	3311	11578	19920	31498	
	004-104	Toneladas	735070	3388	14062	38943	53005	
	004-105	Toneladas	756310	3456	16207	50724	66931	
	004-106	Toneladas	651660	3056	15209	167989	183198	
	004-107	Toneladas	723340	3336	14381	68926	83309	
	004-108	Toneladas	511690	2429	24544	43560	72754	
	004-109	Toneladas	658160	3014	11385	26863	38248	
	004-110	Toneladas	656400	3028	12141	59494	71635	
	004-112	Toneladas	679790	3107	16330	35212	51542	
	004-113	Toneladas	717690	3298	9605	61873	71478	
	004-114	Toneladas	738270	3386	16486	71838	88324	
	004-115	Toneladas	837680	3846	7215	55320	62535	
	004-116	Toneladas	837120	3817	9571	32063	41654	
	004-117	Toneladas	738110	3464	8993	28111	37104	
	004-118	Toneladas	688160	3192	20817	60901	81718	
	004-119	Toneladas	781180	3633	14515	8491	23006	
	004-120	Toneladas	906590	4193	8841	11593	20434	
	004-121	Toneladas	683570	3131	19812	29580	49392	
	004-122	Toneladas	677500	3151	9194	21481	30675	
	004-123	Toneladas	729380	3337	10397	18372	28769	

DESCRIPCION DE FLOTA	N°Equipo	Fact.	Producción	Horas Operadas	C O S T O			Observa ciones.
					Labor	Materiales	Total \$/.	
CAMIONES	004-150	Toneladas	522550	2495	13164	27580	40744	
LECTRA HAUL	004-151	Toneladas	418180	1911	14311	83142	102453	
DE 100 TONS.	004-152	Toneladas	759140	3668	8577	11137	19714	
y 1000 H.P.	004-153	Toneladas	654120	3181	10798	23223	34021	
	004-154	Toneladas	490870	2325	13495	11068	24563	
	004-155	Toneladas	741840	3535	16885	96643	13521	
	004-156	Toneladas	579740	2824	12317	31684	44001	
	004-157	Toneladas	622840	2996	16200	55278	71478	

APENDICE III.-

CONSUMO DE LLANTAS NO CARRETERAS EN HIERRO - PERU (Año 1977)

TIPO	ESTADO	CONSUMO REAL	COSTO \$/	USADAS EN
2100 x 35	Nuevas	42	93033	H A U L P A C K
2100 x 35	Rencauchadas	21	23203	H A U L P A C K
2400 x 49	Nuevas	118	460181	LECTRA HAUL DE 700 H.P.
2400 x 49	Rencauchadas	15	24295	LECTRA HAUL DE 700 H.P.
2700 x 49	Nuevas	33	142131	LECTRA HAUL DE 1000 H.P.
2700 x 49	Rencauchadas	--	--	LECTRA HAUL DE 1000 H.P.

TOTAL CONSUMO DE LLANTAS: 229  
TOTAL COSTO DE LLANTAS (\$/): 742851  
TOTAL DE TONELADAS ACARREADAS : 25971977  
COSTO POR TONELADAS ACARREADA (\$/): .0286

**APENDICE IV.**

**COSTO DE CAMIONES NO-CARRETEROS DE PRODUCCION MINA HIERRO-PERU (Año 1977).**

<b>Flota de Camiones</b>	<b>Toneladas Producidas</b>	<b>Horas Operadas</b>	<b>Costo Total.</b>	<b>Costo Por Ton.</b>	<b>Costo Por Hora</b>
Haulpack de 65 Tons.	4434770	31458	1150823	.2595	36.58
Lectra Haul de 100 Tons. y 700 H.P.	16747860	77134	2446862	.1461	31.70
Lectra Haul de 100 Tons. y 100 H.P.	4789280	22935	752875	.1572	32.83



BIBLIOGRAFIA

- 1) Combes, R. L. "Diesels: Power and speed" (Octubre 11, 1965).
- 2) Hay, William W. "An Introduction to Transportation Engineering" (1965): John Wiley & Sons. New York.
- 3) Pfeleider, E. P. "Surface Mining". Libro de la AIME (1968).
- 4) Henderson, B. R. "How to Boost Open Pit Productivity: Materials Handling". Engineering and Mining Journal, 164 (Nov. 1963): 82-87.
- 5) Staff writers Encyclopedia of science and Technology, 1960, 8, Mc Graw-Hill, Inc. New York.
- 6) Drevdahl, Elmer R. Jr. "Profitable Use of Excavation Equipment", edición limitada, 1961. Technical Publications, Desert Laboratories, Inc., Tucson, Arizona.
- 7) "Estimating Production and Costs of Material Movement Manual", publicada por Euclid Division, General Motors Corp., Hudson, Ohio.
- 8) Hirneb, Frank J. "Mining Excavator Owner Procedures for Estimating job Application, Production and Cost of Ownership and Operation", revisado 15-1-63, Harnischfeger Corporation, Milwaukee, Wisconsin.
- 9) Nichols, Herbert L., Jr. "Movimiento de Tierra". North Castle Books.
- 10) Off the Highway Tires (manual de mantenimiento), publicado por Rubber Manufacturers Association, Inc., 444 Madison Avenue, New York.
- 11) Peurifor, Robert L. "Métodos, Planeamiento y Equipos de Construcción". Editorial Diana.

- 12) Stubbs, Frank W. Jr. "Handbook of Heavy Construction", Mc Graw-Hill Book Co, Chapter 3 "Off-Highway Hauling".
- 13) Rhein, R. W. "New Developments in Earthmoving" Construction Methods (Marzo 1965).
- 14) Malone, V. F. "A study of long Distance Haulage", Mining Congress journal.
- 15) Caterpillar Tractor Co. "Guía para Equipo y Rendimiento".
- 16) Evans, R. D. "Tractor and Related Equipment".
- 17) Rocca, Franco. "Rendimiento de Equipo".
- 18) Davis, Carle M. "Rock Excavation in Open Cuts and Quarries".
- 19) Bishop, T. S. "Trucks".
- 20) Mc.Climon Alans. "Off-Highway Hauling".
- 21) Rodríguez J. y García Gaspar. "Aplicaciones del Cronometraje al Movimiento de Tierras ó Minerales".
- 22) Colección de catálogos de camiones de:
  - Caterpillar,
  - Mack,
  - Terex,
  - International,
  - Unit Rig,
  - Enclid,
  - Wabco.
- 23) Catálogos de la General Motors.
- 24) Dethoor, J. M. y Groboillot J. L. "La Vildes Equipements", Edit. Dunot, Paris, 1968.

- 25) Yves Muller "Iniciación a la Organización y a la Investigación Operativa", Editores Técnicos Asociados", Barcelona 1967.
- 26) Manual de Mantenimiento de Marcona Mining Co.
- 27) Apuntes de clase del curso de Minería Superficial dictado por el Ing. Jorge Díaz Artieda.
- 28) Apuntes sobre Minería Superficial del Ing. Luis Briceño Arata.