

125

Escu.



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

JUSTIFICACION DE LA INSTALACION DE UN TALLER PARA LA RECONSTRUCCION DE MAQUINARIA PESADA

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a :

ADOLFO SANCHEZ MARTINEZ

Director: ING. RAUL EZPINOZA ISLAS



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION.

CAPITULO I. MAQUINARIA PESADA.

- Tractores.
- Tractores de orugas.
- Tractores de neumáticos.
- Cargadores.
- Motocofinadoras.
- Compactadores.
- Motoscepas.
- Palas Giratorias.
- Camiones de Volteo.

CAPITULO II .- MOTORES.

- Motores de Combustión Interna:
- Combustión.
- Motores Encendidos por Chispa.
- Principios de Carbureación .
- Motores Encendidos por Compresión.
- Inyección .

CAPITULO III .- DESGASTE EN LOS MECANISMOS.

- Definición de Desgaste.
- Desgaste por Abrasión .
- Desgaste por Corrosión .
- Desgaste por Craterización.
- Desgaste por Rayado.
- Desgaste por la acción debida a fluidos.

CAPITULO IV .- JUSTIFICACION ECONOMICA DE LA RECONSTRUCCION.

- Costos de operación y posesión.
- Depreciación .

Intereses, Seguros e Impuestos.

Consumo de combustible.

Lubricantes, Filtros y Grasas.

Neumáticos.

Tren de Rodaje.

Reservas para Reparaciones.

Factibilidad económica de la Reconstrucción.

Análisis Beneficio-Costo.

Modelos Matemáticos.

Modelos de reemplazo propuestos.

CAPITULO V.- RECONSTRUCCION DE LA MAQUINARIA DE LA CONSTRUCCION.

Antecedentes.

Definición del concepto "Reconstrucción".

Procedimientos tecnológicos.

Procesos de Soldadura.

Metallizado.

Mecanizado.

Tratamientos Térmicos.

Recuperación de partes.

Conclusiones.

BIBLIOGRAFIA.

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

El auge que en los últimos años ha tenido la industria de la construcción, -- hace necesaria la fabricación de equipos de construcción con características -- tales que permitan rápidos avances en los frentes de obras y disminuyen los -- costos de operación y posesión de aquellos.

Aunque las nuevas máquinas para la construcción están equipadas con nuevos dispositivos en sustitución de sistemas mecánicos, el principio de operación y la función para la cual son diseñadas, son esencialmente los mismos.

En el trabajo que se presenta se describirán los principales sistemas que constituyen a los equipos de construcción enfocando el punto de vista mecánico, -- justificado por el propio objetivo del trabajo. Para determinar qué sistemas -- son los que están sujetos a severas condiciones de trabajo y por lo tanto, los que tienen probabilidad de fallas, es necesario poseer conocimientos relacionados con su funcionamiento.

Los aspectos tratados en el capítulo que se refiere a la descripción y funcionamiento de la maquinaria pesada, no incluyen un examen profundo relativo al -- diseño y operación de los equipos de construcción, ya que para satisfacer los aspectos mencionados existen textos y manuales editados por los fabricantes -- que los cubren de manera por demás satisfactoria.

En relación a los motores utilizados en la maquinaria para la construcción, se describen los principios de su funcionamiento, tanto de los motores de gasolina como los de diesel y los factores que se mencionan se refieren a los principios físicos en los que se basa su funcionamiento. Se destaca en el capítulo correspondiente, principalmente los métodos de combustión de la mezcla aire -- combustible y el fenómeno de combustión en cada tipo de motor. También se incluyen gráficas relacionando las variables que afectan el funcionamiento de --

los motores. Se mencionan asimismo, los mecanismos de inyección de combustible en los motores diesel, siendo de mayor importancia la descripción de estos, en virtud que la gran mayoría de los equipos de construcción poseen este tipo de motor, debido básicamente a las ventajas que sobre los de gasolina y los de gas representan.

El conocimiento detallado de los diferentes mecanismos de las máquinas de construcción y su adecuado mantenimiento, aumentan la disponibilidad de estas, así como mayor vida útil, obteniéndose utilidades que justifican la compra de un equipo determinado. Para conocer el período ideal entre servicios de mantenimiento a la maquinaria para construcción y en general todo tipo de máquinas, es necesario conocer la vida útil de los elementos que constituyen un mecanismo de aquellas, basando estos conocimientos en la determinación de los esfuerzos o las condiciones de operación a que están sujetas. Todo elemento de un mecanismo, debido a que tiene desplazamiento relativo respecto a otros y está soportando determinadas cargas, tendrá desgastes o fatiga del material el cual lo constituye, lo que hace necesario encontrar relaciones funcionales entre las variables que intervienen, sean teóricas o experimentales para determinar el período óptimo de utilización de dichos elementos o mecanismos.

En el capítulo relativo al desgaste de los mecanismos, se analizarán conjuntamente los principales modos de desgaste que sufren los elementos de los mecanismos sujetos a cargas, sean estas estáticas o dinámicas y se tratarán de establecer criterios para determinar su vida útil en base a las condiciones de operación a que están sujetos.

En la última década se ha incrementado la práctica de la Reconstrucción de Maquinaria por los beneficios que esta actividad representa, desde el punto de vista económico, para el propietario.

Existe el desarrollo tecnológico suficiente para llevar a cabo la reconstrucción integral de los diversos equipos utilizados en la industria de la construcción, pero un aspecto que no debe descuidarse dada su importancia, es el

aspecto económico, puesto que el porcentaje de ahorro obtenido en la reconstrucción respecto al costo de adquisición de una máquina nueva, representa ganancias para invertir en otros equipos con los que no se cuenta en el lote de maquinaria.

El período de vida útil de maquinaria representa ciertos costos, los cuales deben ser amortizados durante éste, para que sea económica la posesión y operación de los equipos de construcción. La pérdida de valor de la maquinaria a través del tiempo se llama depreciación y representa el mayor porcentaje de los costos de posesión y operación.

En el capítulo cuarto se tratará de establecer el criterio para determinar la factibilidad de economía de reconstrucción de diferentes máquinas utilizadas en la construcción, considerando principalmente las del tipo pesado, pues son estas las que representan la inversión más fuerte para el contratista de obra y es además, la de mayor importancia en el proceso de construcción de obras civiles.

Para llegar al porcentaje que se considere representa la rentabilidad de la reconstrucción de maquinaria pesada, se analizarán los costos en que incurre el usuario y posteriormente se mostrará un análisis beneficio-costos de la reconstrucción en maquinaria propiedad de la S.A.H.O.P. Se incluyen en este capítulo, modelos matemáticos para determinar la alternativa adecuada; reemplazo o reconstrucción de la maquinaria pesada, tomando el criterio del menor riesgo económico al invertir en un equipo nuevo o considerar la reconstrucción del equipo sometido a estudio económico.

Finalmente en el capítulo quinto, se destacan las técnicas y los procesos tecnológicos utilizados actualmente en la reconstrucción de maquinaria para la construcción, citando principalmente los procesos de soldadura más utilizados así como el metalizado y procesos de maquinado de partes factibles de reparar. Así también se hace mención de los sistemas que es posible reconstruir y un proceso simplificado desde su recepción hasta su armado, incluyendo las etapas que intervienen en la reconstrucción.

Es anexo al capítulo final del trabajo, los diagramas que muestran el diseño tentativo de la distribución de áreas en una bolsa reguladora de maquinaria, - proyectada por la S.A.H.O.P., algunos talleres de reconstrucción, así como - - flujogramas del proceso que se sigue en las diferentes naves del taller central de reconstrucción.

CAPITULO I

TRACTORES.

El tractor es una de las máquinas para la construcción que tienen mayor utilización en el movimiento de grandes volúmenes de tierra y roca, como los que son necesarios en la construcción de carreteras y en la explotación de bancos de material. También son utilizados para tirar de una escoba o portando un cucharón para el acarreo de material.

Los tractores se clasifican de acuerdo al sistema de tracción que utilizan en:

- Tractores de orugas.
- Tractores de neumáticos de dos y cuatro ruedas.
- De acuerdo a la potencia que desarrollen.

Los métodos más usuales para medir la potencia son:

La potencia al volante.- Se refiere a la potencia medida en la cremallera del motor, accionando éste los dispositivos necesarios para su operación, sin considerar las pérdidas por fricción en las bandas que accionan al ventilador y al generador.

La potencia en la barra de tiro.- Esta potencia es de la que se dispone en realidad. Se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$F = \frac{75 PK}{V}$$

DONDE:

F = Fuerza efectiva de trabajo (Kgs.)

V = Velocidad de operación (M/S)

K = Constante o Factor de Eficiencia

P = Potencia en el motor (CV)

TRACTORES DE ORUGAS.

El tractor de orugas tiene como mecanismo de desplazamiento una cadena articulada con pernos y bujes y en la cual se encuentran montadas unas placas de acero llamadas zapatas. En su inmensa mayoría los tractores de orugas utilizan motores diésel por las ventajas que sobre los de gasolina ofrecen, se fabrican en diversos tamaños y capacidades, generalmente por los mismos fabricantes del tractor. La Tabla I.I muestra una clasificación por uso y las capacidades de motores fabricados por la empresa Caterpillar.

		NO DE MODELOS	CAPACIDADES
	INDUSTRIALES		
	DIESEL	14	75 a 106 kW (100 a 142 hp) SERVICIO INTERMITENTE
	GAS NATURAL	7	62 a 89 kW (85 a 120 hp) SERVICIO CONTINUO
	GRUPOS ELECTROGENOS		
	DIESEL	21	60 Hz - 46 a 85 kW (Primario) 60 Hz - 60 a 93 kW (Auxiliar) 50 Hz - 60 a 70 kW (Primario) 50 Hz - 80 a 77 kW (Auxiliar)
	GAS NATURAL	7	60 Hz - 65 a 65 kW (Primario) 60 Hz - 70 a 68 kW (Primario)
	MARINOS		
	PROPULSION	12	63 a 63 kW (85 a 112 hp) (Servicio Continuo)
	GRUPOS ELECTROGENOS	12	56 a 87 kW (Servicio Primario)
	DIESEL PARA CAMION FUERA DEL CAMINO	3	63 a 88 kW (85 a 120 hp)
	SERVICIO PESADO	3	183 a 338 kW (245 a 460 hp)
	MEDIA DISTANCIA	1	120 a 157 kW (170 a 210 hp)

TABLA I.I.- Motores de fabricación Caterpillar.

Sobre la potencia del motor influyen los siguientes factores:

- 1.- La altitud y la temperatura.
- 2.- La resistencia al rodamiento.
- 3.- La pendiente.

Altitud y Temperatura.- Estos factores influyen en el peso específico del aire y por consiguiente, en la potencia del equipo.

Resistencia al rodamiento.- Esta resistencia se define como la fuerza motriz necesaria para mover una máquina a velocidad pequeña y uniforme sobre una superficie plana.

Pendiente.- La fuerza necesaria "N" para vencer una pendiente, tiene como valor según la Figura I.I:

$$N = Q \sin i$$

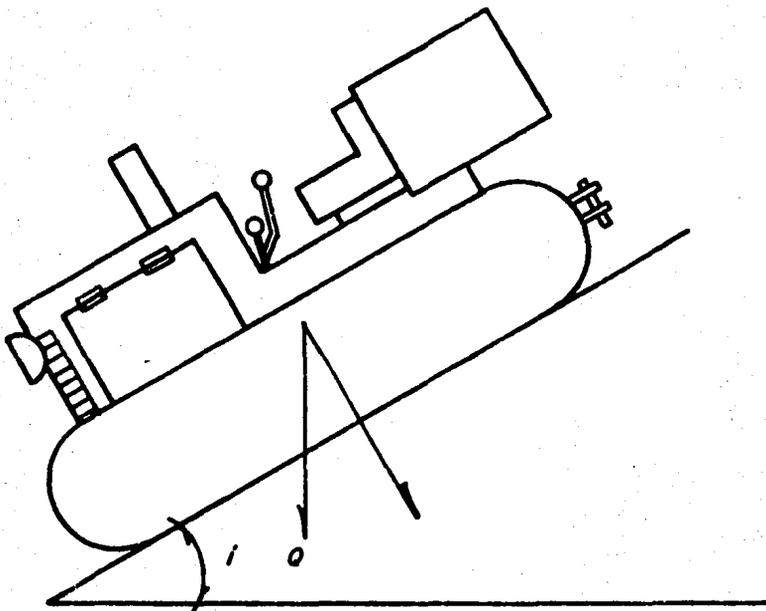


FIGURA I.I

Pero si N se expresa en kilogramos y Q en toneladas, entonces:

CONDICIONES:

N = Fuerza necesaria para vencer la pendiente (KG)

Q = Peso de la máquina (KG) o (t)

i = Angulo en grados o porcentaje.

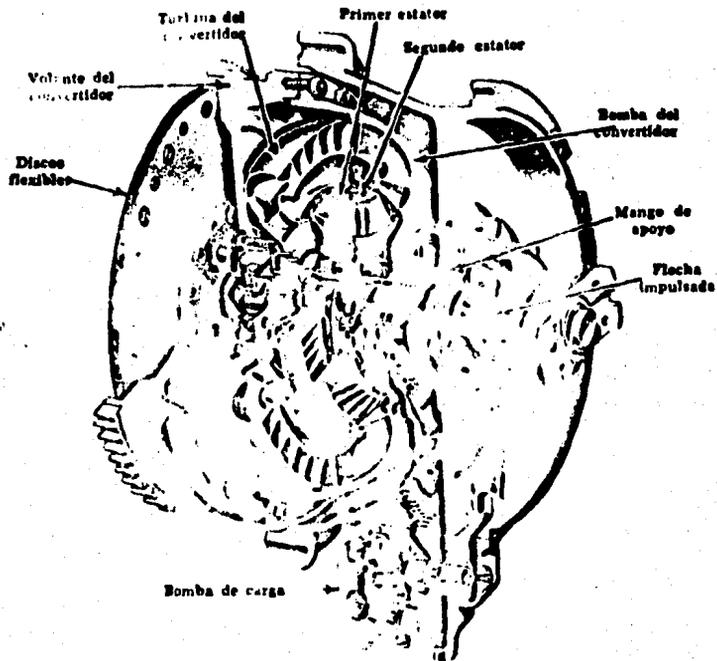
El embrague de los tractores de orugas de gran capacidad, consta de dos y tres discos para proporcionar una mejor transmisión de la potencia suministrada por el motor. Frecuentemente son del tipo húmedo para disminuir el deslizamiento. El aceite sirve también como refrigerante.

La caja de cambios de potencia tiene trenes de engranes rectos o helicoidales para seleccionar la velocidad de avance o retroceso deseada. Es conveniente — desembragar completamente la máquina para evitar impactos en los dientes de — los engranes que pudieran ocasionar fracturas de los mismos y salvar las dificultades que implica el desmontar una caja de cambios.

En su mayoría los tractores (y casi todas las máquinas para la construcción) están equipadas con un dispositivo denominado convertidor de torsión o convertidor de par, el cual funciona como un acoplamiento hidráulico que permite, — como su nombre lo indica, multiplicar el par sobre las flechas de salida de — las máquinas en el cual se encuentra montado. Su funcionamiento se describe a continuación:

El convertidor de par consiste básicamente de una bomba, una turbina y un estator. Los ejes de la bomba y la turbina son colineales y el estator puede girar en un momento dado. La bomba del convertidor toma aceite del depósito y lo expulsa obligándolo a viajar desde el centro del impulsor hacia la periferia, de tal forma que es lanzado contra los álabes de la turbina a gran velocidad, transmitiendo su energía a ésta y obligándola a girar en el mismo sentido que lo hace la bomba. Al chocar este aceite con los álabes de la turbina, se mueve hacia el centro de ésta y sale en dirección opuesta de la rotación de la bomba

y la turbina. Debido a que los pasajes de entrada son menores que los de salida, el aceite sale con mayor velocidad que con la que entra y cuando ésto ocurre, el estator que gira en el mismo sentido que la bomba, queda inmóvil cambiando la dirección del flujo del aceite, de manera que entra al cubo de la bomba moviéndose en la dirección que gira ésta y sumando la fuerza que lleva a la proporcionada por la bomba, cuando aumenta la carga en la flecha de salida (flecha de la turbina), aumenta el deslizamiento y con ésto aumenta el efecto mencionado anteriormente. El convertidor de un solo paso se muestra en la figura 1.2. Existen convertidores de varias etapas que permiten multiplicaciones de par tan altas como de 6:1.



Cortado de *El Motor General Mecánico*

FIGURA 1.2.- Convertidor de Torsión de un solo paso.

Los tractores de orugas, para el cambio de dirección, están equipados con embregues y frenos direccionales, los que están constituidos de varios discos

del tipo seco o húmedo. Están dispuestos uno a cada lado del tractor para controlar las orugas respectivas. Cuando se desea girar, se desembraga la oruga del lado correspondiente, de tal manera que funciona como pivote o punto de apoyo. En la mayoría de los tractores, se permite girar la oruga del lado hacia donde se desea girar, en sentido contrario a la contraparte, logrando así un giro más rápido del tractor. En la figura 1.3 se aprecia uno de los embragues direccionales del tractor.

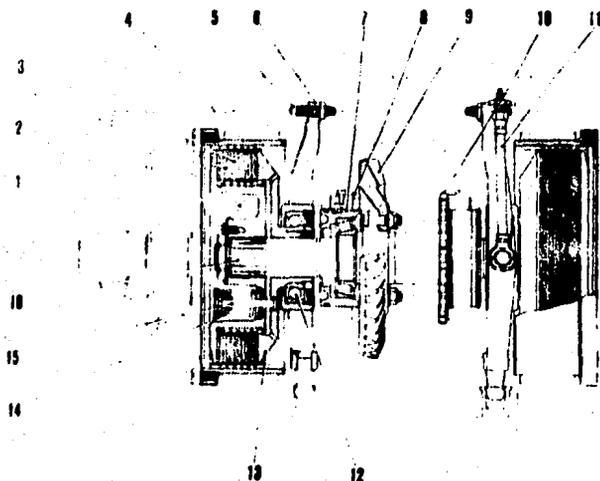


FIGURA 1.3.- Embragues direccionales de un tractor de orugas.

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1.- Tambor interior | 9.- Corona. |
| 2.- Plato de salida. | 10.- Ajuste. |
| 3.- Plato de mando. | 11.- Eslabón. |
| 4.- Tambor exterior. | 12.- Rodamiento. |
| 5.- Tuercas de ajuste. | 13.- Placa. |
| 6.- Yugo de desembrague. | 14.- Resorte. |
| 7.- Tasa de balero | 15.- Resorte. |
| 8.- Tuercas de ajuste. | 16.- Eje de la corona. |

Como se aprecia en la figura, los embragues de la dirección son generalmente del tipo de discos múltiples empujados por resortes y que se controlan por medio de palancas de mano que no tienen seguros, como los engranes cónicos, --

están colocados en el fondo de cajas cuyo acceso es difícil. Los ajustes se — hacen en los mecanismos de palancas y todo el embrague se saca para inspección o reparación.

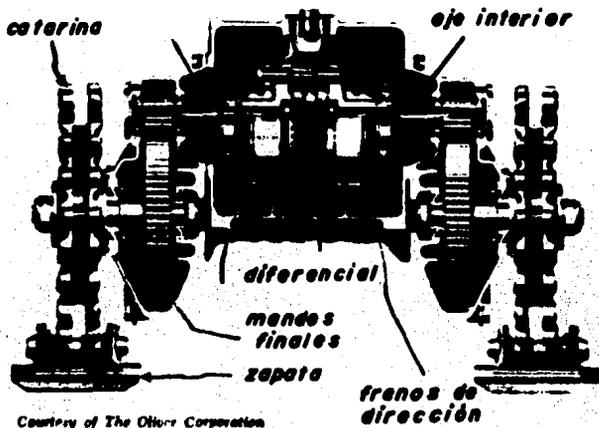
El uso de un diferencial en los tractores es un sistema que rinde buenos resul — tados tanto para la transmisión de potencia como para proporcionar los giros — necesarios en las maniobras. La potencia se lleva através de un diferencial — especial de engranes rectos. Llevan un par de frenos de dirección, pero los — embragues direccionales están ausentes.

Las flechas de la cruzeta se prolongan fuera del diferencial a engranes plane — tarios acoplados a engranes solares que giran libremente en las flechas del — eje. Los engranes solares están unidos rigidamente a los tambores del freno.

Si se aplica cualquiera de los frenos, los planetas comienzan a caminar alrede — dor del engrane solar al que están unidos, y la rotación resultante de sus — ejes y cruquetas harán girar el eje más cercano en dirección opuesta de la ro — tación de todo el conjunto. Este engrane del eje continúa girando en la misma dirección, pero su movimiento individual lo hace girar más despacio que el con — junto, la magnitud de la diferencia la determina la fuerza con la que se aplica el freno.

Las cruquetas están acopladas con las cruquetas del engrane del otro eje y le — darán vueltas de manera que se acelere la misma cantidad que se desacelera el primero. La cruzeta del lado frenado será impulsada por lo tanto a una velocidad inferior que la otra y el tractor dará vuelta hacia ese lado.

El diferencial, los frenos y las transmisiones finales están encerrados en una sola caja que está parcialmente llena de aceite. En la Figura 1.4 se puede a — preciar en detalle el diferencial de la dirección.



Courtesy of The Otis Corporation

FIG. 1.4.- Detalle del diferencial de la dirección.

La transmisión final en este tipo de máquinas consiste en un tren de engranes rectos dispuestos de tal manera que proporcionen el movimiento giratorio a la catarina o rueda impulsora. En los tractores Komatsu Modelo D50A-15, el mando final tiene cuatro engranes rectos que reducen la velocidad de la flecha de salida a través de dos pasos de reducción. Estos engranes son: el piñón integrado a la flecha de salida, el primer engrane y el segundo piñón solidarios a la flecha intermedia y el segundo engrane fijo a la rueda impulsora. La carcasa donde se monta la rueda guía, se encuentra rigidamente unida al segundo engrane, en tanto que la rueda impulsora queda fuera de la carcasa del mando final. Las partes de los mandos finales de un tractor Komatsu Modelo D50A-15 se muestran en la Figura 1.5.

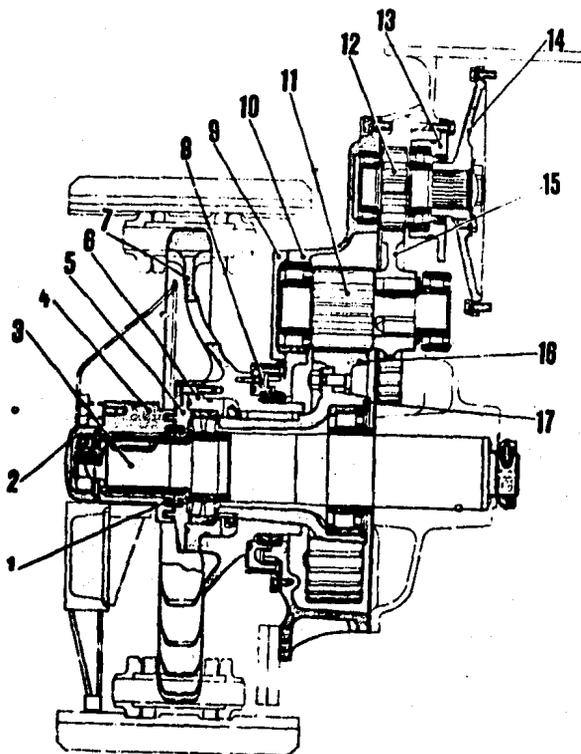


FIG. 1.5.- Mandos finales de un Tractor de Orugas.

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| 1.- Sello flotante. | 9.- Cubierta. |
| 2.- Cubierta. | 10.- Cubierta. |
| 3.- Eje de la catarina. | 11.- 2o. Piñón. |
| 4.- Rodamiento. | 12.- 1o. Piñón |
| 5.- Reten. | 13.- Tasa de rodamiento. |
| 6.- Tasa del rodamiento | 14.- Placa. |
| 7.- Catarina. | 15.- 1a. Reducción. |
| 8.- Sello flotante. | 16.- 2a. Reducción. |
| | 17.- Carcasa. |

Los tractores de orugas son el tipo de maquinaria utilizada con mayor frecuencia en obras donde se requiere la remoción de grandes volúmenes de material, - tales como aquellas que realizan empresas que se dedican a la construcción de carreteras, en las que se hace necesario hacer labores de desmonte de los lugares donde se ha establecido el paso de dichas vías de comunicación.

Los tractores de orugas son capaces de transitar en terrenos rocosos y con pendientes muy pronunciadas, debido a su diseño mismo, en lugares en donde no sería posible introducir otro tipo de máquina que no tenga este sistema de tracción, es pues el tren de rodaje el sistema que de hecho lo hace diferente a los tractores montados sobre neumáticos, ya que en muchos aspectos son muy similares.

Un tren de rodaje consta principalmente de las siguientes partes:

- 1.- Bastidor de las orugas.
- 2.- Catarina o rueda impulsora.
- 3.- Tensor.
- 4.- Rueda guía.
- 5.- Rodillos inferiores.
- 6.- Rodillos superiores.
- 7.- Cadena.
- 8.- Zapatas.
- 9.- Tolvas de protección.

El tren de rodaje está constituido de un bastidor formado por dos vigas de acero las cuales soportan a los rodillos inferiores, la rueda guía o rueda tensora, así como a los accesorios necesarios como son tolvas, resorte y cilindro hidráulico. La disposición de las partes de un tren de rodaje se muestra en la Figura 1.6.

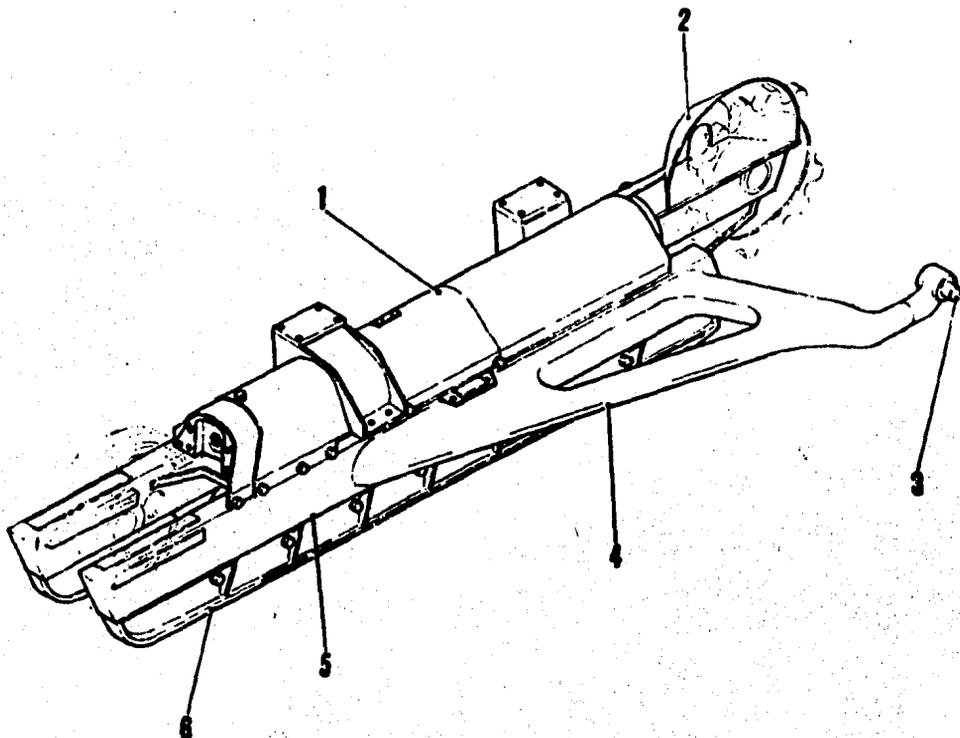
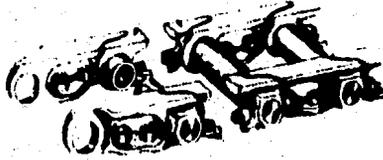


FIG. 1.6.- Disposición de los elementos de un tren de rodaje.

La flecha de salida se mueve a un tren de engranes de dientes rectos y en el - cual se encuentra montada la catarina o rueda dentada que es la que transmite el movimiento al tren de rodaje.

En tractores de diseño antiguo, la catarina estaba formada de una sola pieza, pero en la actualidad es una rueda en la cual pueden montarse los dientes, — cuando éstos tienen desgaste excesivo pueden intercambiarse, disminuyendo considerablemente los costos y tiempos de reparación.

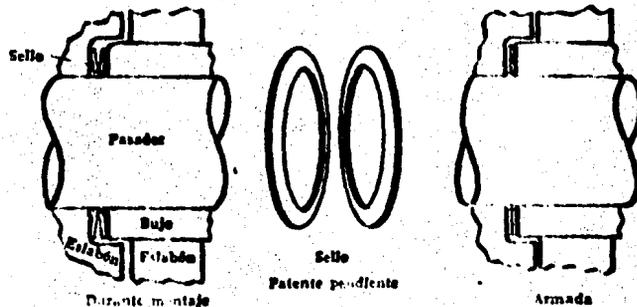
La cadena está constituida por eslabones unidos por pernos y bujes de manera - que permitan el giro de los eslabones, en uno de los agujeros se monta el buje y en el otro el perno, tal como se indica en la figura 1.7.



60126

FIG. 1.7.- Ensemble de la cadena de un tren de rodaje.

Para disminuir el desgaste de pernos y bujes, se han diseñado cadenas con bujes lubricados y se mantiene la grasa lubricante dentro del buje por medio de sellos estílicos los cuales tienen como función adicional evitar la entrada de polvo y tierra. Cuando se permite la entrada de polvo y tierra al sistema perno-buje, actúan estos como agentes abrasivos, debido al constante movimiento a que está sujeta la cadena. Los sellos de pernos y bujes se muestran en la Figura 1.8.



Control de Cylinders Factors Co

FIG. 1.8.- Disposición de los sellos de la cadena para evitar el rápido desgaste de pernos y bujes.

Debido a que la reparación de una cadena en el campo es una tarea bastante pesada, se ha identificado uno de los pernos de la cadena como perno maestro, el cual es un poco más largo que los demás y puede ser extraído con relativa facilidad. Un diseño que se caracteriza por su gran funcionalidad, lo es el que pre-

sentan los tractores fabricados por la firma Caterpillar, en el cual no se requiere extracción alguna de pernos, sino que uno de los eslabones está seccionado y unido por cuatro tornillos.

En los claros de la cadena se introducen los dientes de la catarina y al girar ésta se desplaza a aquella, de forma tal que el tractor se desplaza en los rieles que forma la cadena.

Por medio de tornillos se fijan las zapatas a la cadena. Las zapatas son placas de acero con perfiles soldados o colocados transversalmente, los cuales se conocen como garras. Las zapatas pueden tener de una a tres garras, las cuales tienen como función aumentar la tracción disminuyendo el deslizamiento. Dependiendo de la aplicación del tractor es el tipo de zapata que se monta a la cadena. Existen en el mercado varios tipos de zapatas; con una, dos y tres garras de trucha ancha o estándar, con goma y liesa. Existen además, accesorios que pueden montarse en las zapatas, como son garras para usarse en nieve y lodo, placas de goma para evitar daños al pavimento. La manera como están dispuestas las zapatas en la cadena, se ilustra en la Figura 1.9

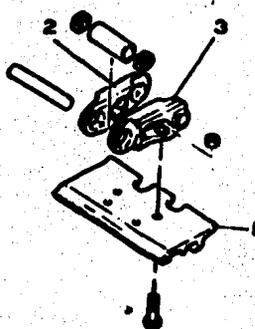


FIG. 1.9.- Disposición de las zapatas en la cadena.

Los rodillos inferiores soportan todo el peso del tractor y tienen como función además, evitar el descarrilamiento de la cadena. Generalmente se colocan alter-

nados los rodillos de doble caja con los de caja sencilla. Los rodillos superiores sirven para sostener la parte de la oruga que no está en contacto con el suelo y que por su propio peso tiende a flexionarse, estos rodillos están fijos al bastidor del tractor en algunos modelos y en otros, al bastidor de las orugas. Un rodillo de caja doble con sus detalles de construcción se muestra en la Figura 1.10.

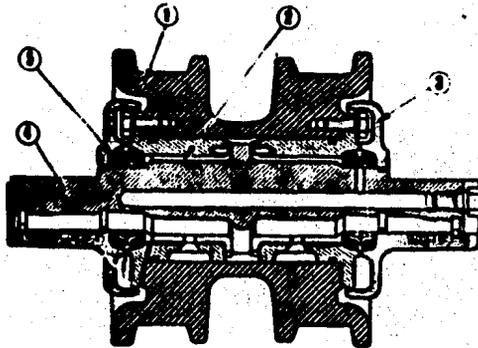


FIG. 1.10.- Detalle de construcción de un rodillo de caja doble.

1.- Rodillo.

4.- Flecha.

2.- Buje.

5.- Sellos.

3.- Anillo.

Cuando a un tractor se le coloca un vertedor, recibe el nombre de "Bulldozer", el vertedor se ubica en la parte delantera y se fija al bastidor de las orugas por medio de una viga que puede tener forma de U o de V. La viga se sujeta por medio de articulaciones que permiten los giros cuando se levanta el vertedor, el que puede colocarse inclinado horizontalmente. Cuando el vertedor se inclina horizontalmente, el tractor recibe el nombre de "Angledozer". La manera de proporcionar inclinación al vertedor es una actividad que requiere esfuerzos físicos considerables por parte del mecánico u operador. Para inclinar el vertedor, se desmonta el lado que debe quedar adelantado al resto del vertedor, luego moviendo el tractor hacia atrás hasta que los orificios para los tornillos coinciden con el soporte de la articulación, se efectúa la fijación de

Ésta.

La inclinación vertical del vertedor se obtiene por medio de cilindros hidráulicos que se encuentran montados (en la mayoría de los modelos) en la cubierta del radiador del motor, de manera que permitan el giro de éstos. Los cilindros se sujetan a la hoja por medio de pernos y bujes. Los cilindros hidráulicos — constituyen el mecanismo de levante del vertedor, en el filo principal y en las esquinas que tienen contacto con el material, que se maneja, se colocan elementos de desgaste, como son la cuchilla y los gavilanes.

La Figura 1.11 muestra la colocación de los elementos que constituyen un " — Angledozer".

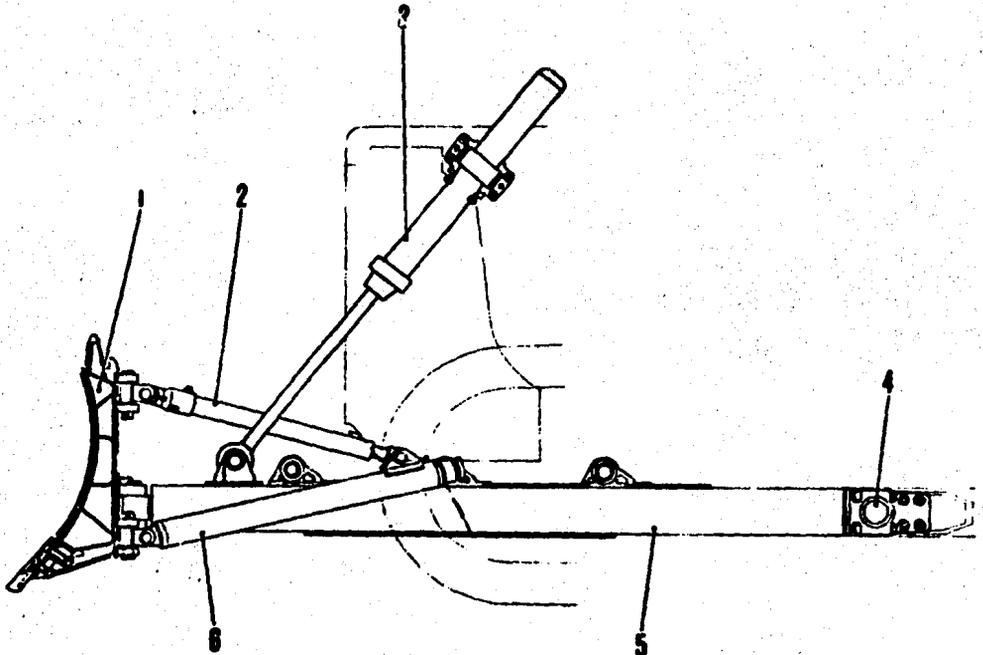


FIG. 1.11.- Elementos de un "Angledozer".

1.- Vertedor.

2.- Contraviento.

3.- Cilindro Hidráulico.

4.- Articulación.

5.- Viga "C" o "V".

6.- Brazo ajustable.

Otro de los accesorios que se fijan al tractor y le dan versatilidad son los desgarradores que, montados en su parte trasera, han sustituido muy ventajosamente a los arados remolcados. Estos desgarradores pueden ser de uno o varios vistagos, ajustables, manual o hidráulicamente. Los desgarradores están destinados principalmente a arrancar raíces, roturar suelos compactos y desarticular rocas en formación o terrenos con rocas, roturar suelos antes de ser excavados con sacrapes o "Dozers". El desgarramiento, sustitución de una voladura, puede resultar oneroso, por ello debe tomarse con cautela y analizar, en cada caso, hasta dónde puede ser costeable.

Los desgarramientos pesados elevan los costos normales de posesión y operación del tractor, por esta razón, cuando se trata de fragmentación de rocas, debe aumentarse en 30 o 40% al costo obtenido en fragmentaciones normales.

Los desgarradores se fabrican de tres tipos: para condiciones fáciles, para condiciones moderadas y para condiciones extremas. Además se ofrecen en dos o tres longitudes para la mejor selección de acuerdo con el trabajo.

La punta o diente corto tiene menos posibilidades de fraccionarse pero cuenta con menos material para el desgaste. La punta mediana posee gran resistencia al desgaste y soporta bien las cargas de choque. La punta larga es la que tiene más resistencia al desgaste, pero por su longitud, tiene mayores posibilidades de fracturarse. Para determinar cual de las puntas es la más económica para realizar un trabajo determinado, lo mejor es someter a prueba diferentes tipos de ellas.

TRACTORES DE NEUMÁTICOS.

Aún cuando los tractores de orugas son las máquinas que tienen mayor aceptación en trabajos de excavación y de movimiento de tierra, tienen ciertas limitantes que impiden su aplicación bajo determinadas condiciones de trabajo. La mayor — limitante de los tractores de orugas es su baja velocidad de operación, además del gran número de piezas de las orugas que están sujetas a desgaste. También — parece existir un límite que gradualmente se va elevando de su máximo tamaño, — impuesto por las limitaciones de los aceros de aleación de que se puede dispo — ner comercialmente y los mayores resultan pequeños para muchas necesidades.

En años recientes se ha producido un tremendo desarrollo de los tractores de — ruedas con llantas de hule para uso industrial medio y pesado que puede reem — plazar a los de orugas en ciertos usos, como el arrastre de escurpas en traba — jos de relleno en las zanjas de los caminos, en excavaciones blandas y en tra — bajos de patio.

El punto débil del tractor de remolque de dos ruedas es que, aunque tienen una excelente tracción, en muchas superficies sus ruedas patinarán en suelos sual — tos y resbalosos, donde uno de orugas aunque quizá patinara pero fácilmente se — guirá moviéndose.

Los tractores con tracción en las cuatro ruedas la tienen mejor y han encontra — do mucha aceptación en los trabajos con "Bulldozers" y cargadores.

Los tractores de dos ruedas tienen características intermedias entre los camio — nes y los tractores de orugas. La máquina es más rápida y más silenciosa que la de un tractor de orugas de la misma potencia, pero no pueden dar vueltas tan — cerradas.

En terreno firme tienen un arrastre poderoso y con cargas ligeras pueden salir adelante en tierra suelta y lodo, sin embargo, cuando mueven cargas pesadas, — las ruedas patinan con facilidad y también fácilmente se atascan.

La dirección se hace con un volante y un sistema de palancas semejante al que se emplea en los automóviles. Las ruedas delanteras pueden dar vueltas muy cerradas, lo que da al tractor un radio muy corto para voltear. En superficies resbalosas o cuando la máquina está arrastrando una carga muy pesada, las ruedas pueden patinar hacia adelante en vez de darle vuelta a la máquina.

Si los frenos de pie están en las ruedas traseras o ejes, y pueden controlarse por separado, se puede aplicar uno del lado al que se quiera dar vuelta. Actuará como pivo e para hacer dar vuelta a la máquina y en este caso, las ruedas delanteras inclinadas solamente ayudarán. Infortunadamente, a muchos tractores les falta esta comodidad y deben limitarse a sus cargas para que sean más ligeras que en los tramos rectos.

El tractor con tracción en las cuatro ruedas ocupa una posición intermedia a los de orugas y los de tracción en dos ruedas. La tracción generalmente no es tan buena como la de las orugas y las garras, pero es suficiente para la mayor parte de las necesidades.

Una máquina de estas necesita mayor potencia y peso que una de orugas para hacer el mismo trabajo; tiene grandes ventajas sobre al de orugas por lo que toca a la velocidad y a su capacidad para usar y trabajar en carreteras, y es más estable y cómoda en terreno resbaloso y duro. No se adaptan bien para trabajar en el lodo por la mayor presión que aplican al terreno y al patinamiento de las ruedas.

Los tractores con tracción en las cuatro ruedas son casi ineficaces cuando se trata de cargas máximas como las que se encuentran al arrancar toconos y boleó, pero son muy buenos cuando la carga pesada se recoge gradualmente sin pérdida de velocidad, como en los trabajos de los "Bulldozers" o de las escarpas en material suave.

Las llantas grandes y las orugas pesadas son costosas y, bajo determinadas condiciones, tienen costos de mantenimiento semejantes. Las orugas se gastan menos que el hule en las rocas de aristas filosas, pero se hacen pedazos en la arena silicosa que no daña a los neumáticos. 22

Durante los últimos pocos años anteriores, el tractor con propulsión en las cuatro ruedas ha llegado a ser un factor indispensable en el movimiento de tierra. En la aplicación que ha tenido más éxito es con los cargadores frontales, con cucharones con capacidades que varían de una a cinco yardas (clasificados de — seis yardas colmadas, según SAE), que se han convertido en la máquina reglamentaria para cargas camiones en los bancos de arena y grava.

La mayor parte de los tractores con propulsión en las cuatro ruedas tienen convertidores de torsión, transmisiones con cambios de potencia y un mecanismo de desembrague que permite la operación con propulsión en dos ruedas. La dirección puede estar en las ruedas traseras, en las delanteras o en todas las ruedas.

El motor se coloca generalmente sobre las ruedas traseras.

El mejor funcionamiento, generalmente se obtiene usando las llantas mayores y — las más anchas que le vengan y lastrándolas con cloruro de calcio o con polvo — mineral.

La mayor parte de estas unidades son de la clase de peso medio o de las muy pesadas, variando su potencia de 65 a 600 HP. El peso con los cargadores varía de 5 a 32 toneladas y en la actualidad se están probando modelos mayores.

CARGADORES.

Se conoce con el nombre de cargador a un tractor al cual se encuentra equipado con un cucharón, teniendo éste forma y accionamientos tales que permitan al cargador ejecutar las operaciones de carga, acarreo y vaciado del material en cuestión. Los cargadores son utilizados principalmente en el acarreo de material — para depositarlo en un camión de carga u otro medio de transporte. Con el uso — de un cargador frontal se abatan tiempos de producción pues están diseñados de tal manera que pueden efectuar sus funciones de maniobra en un espacio y tiempo reducidos. Algunos de los valores medios recomendados en el ciclo de carga son:

1.- Tiempo de carga.- Varía de 0.03 minutos a 0.20 según el material; desde a — gregados sueltos hasta cementados.

2.- Tiempo de maniobra.- Incluye el tiempo invertido en el recorrido básico, - el utilizado en los cambios de sentido de la marcha y virajes, con un buen operador se estima en 0.22 minutos.

3.- Tiempo de viaje.- Incluye los que se invierten en el acarreo y el retorno.

4.- Tiempo de descarga.- Se estima como normal de 0.04 a 0.07 minutos y depende del tamaño y resistencia de la caja del camión o tolva en que se des -- carga.

Al efectuar las maniobras y el ciclo de carga en espacios reducidos, los cargadores tienen menor desgaste en tren de rodaje o neumáticos según el tipo de -- éste.

Los cargadores se clasifican de acuerdo al sistema de tracción que utilicen en cargadores de orugas y de neumáticos; según el tipo de descarga en cargadores frontales y de descarga lateral.

Los cargadores de oruga tienen en el tren de rodaje un rodillo inferior extra para proporcionar mayor tracción en la fase de ataque al banco y durante el -- acarreo. Las zapatas son de trocha ancha para proporcionar mayor estabilidad -- al cargador durante la fase de acarreo. Generalmente en este tipo de cargadores, las zapatas son de garra delgadas pero pueden montarse sobre ellas equipo adicional cuando se trabaja en terrenos fangosos o cubiertos de nieve. La -- mayor parte de los cargadores tienen conexión rígida entre el bastidor de las orugas y el bastidor central para proporcionar mayor estabilidad.

Los cargadores de orugas tienen el disco de embregue de material duro y pueden operar éstos en un baño de aceite que enfría y lubrica. Algunos pueden estar -- equipados con un convertidor de torsión y cambios de potencia que facilita la operación suave de éstos.

Un cargador de orugas y el mecanismo de accionamiento del cucharón se muestra en la Figura 1.12.

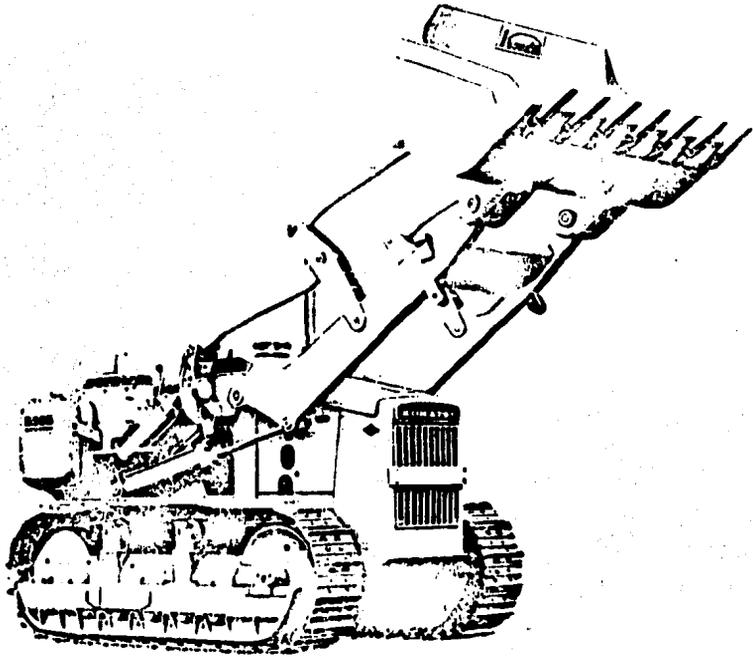


FIG. 1.12.- Cargador de orugas Komatsu Modelo D606-15

El bastidor del cargador es una construcción rígida unida al bastidor principal del tractor por medio de soldadura y en la cual se encuentran montados los brazos de empuje del cargador y los cilindros de levante y vaciado. Tanto los brazos de empuje como los cilindros hidráulicos se fijan al bastidor por medio de articulaciones consistentes de perno y buje que deben estar permanentemente lubricados con grasa y que opcionalmente pueden ser sellados para evitar la entrada de polvo y reducir así el desgaste de éstos.

Los brazos de empuje están unidos por una viga cerca de las articulaciones del cucharón para darle mayor rigidez. En los cargadores de descarga lateral se logra este tipo de vaciado colocando un cilindro unido a un extremo del cucharón y a los brazos de empuje de manera similar al cargador frontal. En otros días, el mecanismo de ataque del cucharón se encuentra montado en una placa —

giratoria que se encuentra fija al chasis principal de la máquina, de tal manera que es accionada por medio de un motor hidráulico. Este tipo de máquina tiene gran aplicación en operaciones que se ejecutan en espacios muy reducidos y en los cuales los recorridos del cargador son mínimos.

Las partes principales del mecanismo de un cargador se muestran en la Figura — 1.13.

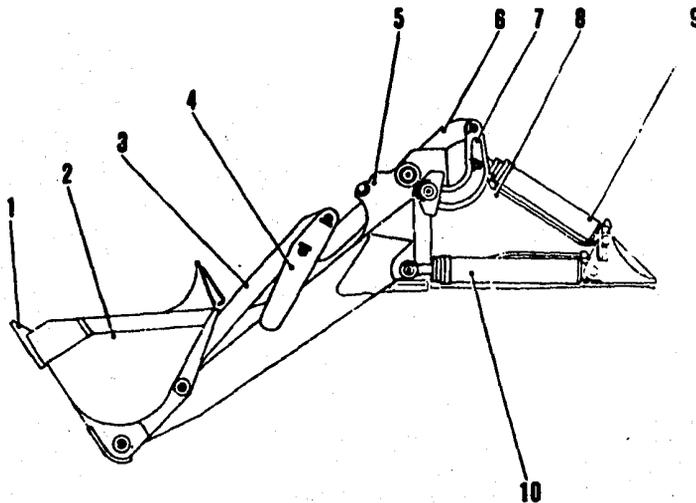


Fig. 1.13.- Partes del mecanismo del cargador.

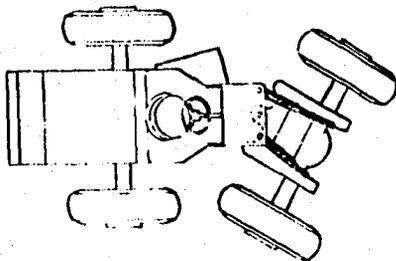
- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| 1.- Dientes. | 6.- Eslabón de inclinación. |
| 2.- Bote. | 7.- Eslabón de giro. |
| 3.- Eslabón de inclinación. | 8.- Chasis principal. |
| 4.- Eslabón nivelador. | 9.- Cilindro de vaciado. |
| 5.- Brazo de levante. | 10.- Cilindro de levante. |

Los cargadores de neumáticos son tractores que tienen como equipo un cucharón. En contraste con los cargadores de orugas, los de neumáticos son de operación más suave y con menor número de piezas sujetas a esfuerzos y desgastes excesivos. Los neumáticos de los cargadores tienen cajas para proporcionar mayor

tracción. Algunos cargadores tienen tracción en las cuatro ruedas y éstas son accionadas por medio de un tren de engranes del tipo planetario que proporciona ventajas respecto al funcionamiento del motor, pues cuando se requiere mayor potencia de ataque, no disminuye sus revoluciones. También pueden estar equipados con un convertidor de torsión resultando los beneficios ya conocidos.

Los cargadores de neumáticos tienen montado el motor en la parte posterior para evitar un desbalanceo cuando se levanta el material, de tal manera que el asiento del operador está ubicado enfrente del cucharón.

El sistema de dirección de los cargadores de neumáticos es hidráulico para facilitar las maniobras del operador pues de no ser de este tipo, el esfuerzo por parte del operador sería enorme. Algunos cargadores no tienen volante de dirección y los giros se efectúan frenando las ruedas hacia donde se desea girar y otros tienen los ejes delanteros rígidos y unidos al bastidor principal por medio de un perno que permite los giros correspondientes y accionado por medio de cilindros hidráulicos como se muestra en la Figura 1.14.



Cortesía de Euclid Division, General Motors

FIG. 1.14.- Mecanismo de giro de un cargador Euclid accionando los cilindros hidráulicos por medio de un volante.

Como en el caso de cargadores de orugas, los neumáticos tienen el mecanismo de accionamiento del cucharón montado en el bastidor principal y los cilindros hidráulicos de levante y vaciado son alimentados mediante una bomba de aceite hidráulico que generalmente está montada en la cubierta del radiador y accionada

por la flecha del motor.

Los cilindros hidráulicos son accionados através de la apertura o cierre de válvulas que se encuentran en el tablero principal o en una estación de válvulas que el operador puede manipular fácilmente.

El vertedor o cucharón consiste de una placa de acero resistente y con forma tal que facilita su llenado. Tiene soldada en sus extremos otra palanca para evitar el derrame del material. La capacidad del cucharón varía desde una a seis yardas cúbicas y no puede estandarizarse su capacidad respecto a la potencia del motor del cargador pues esto depende del tipo de material que se trabaja ya que un tractor pequeño puede tener montado un cucharón de gran capacidad para el manejo de material ligero como aserrín, madera o nieve.

El cucharón está unido a los brazos de empuje através de pernos y bujes para que sirvan como puntos de apoyo en los giros que efectúa, tiene montados en el filo principal una cuchilla o dientes para evitar al desgaste de éste y facilitar el manejo de tierra y roca respectivamente, de esta manera al desgastarse los dientes o la cuchilla, se pueden efectuar intervenciones en el campo obteniendo mayor disponibilidad de la máquina con el consecuente incremento de la productividad. (Ver Figura 1.13).

MOTOCONFORMADORAS.

Este tipo de máquinas son muy utilizadas en trabajos de conservación de carreteras para nivelar superficies, mezclar materiales para el revestimiento, afinar taludes, construir cunetas, etc. Otro campo de aplicación de este tipo de máquina está en el acondicionamiento de terrenos para construcción de aeropuertos y unidades habitacionales.

Otros usos que pueden darse a las motoconformadoras son: desyerbar y remover vegetación ligera, limpiar bancos, mantener y conservar caminos, arar o remover terrenos y como "Bulldozer".

Las motoconformadoras en su inmensa mayoría utilizan motores diesel, los cuales están colocados en la parte posterior del chasis y son fabricados en una amplia gama de potencias y tamaños, habiendo motoconformadoras desde 30 hasta 200 HP.

La motoconformadora es una máquina cuya herramienta de ataque la constituye un vertedor que está convenientemente montado bajo el chasis de la máquina y en la parte central, el chasis lo constituyen dos vigas unidas en la parte delantera de la máquina, formando una especie de "Y" con una curvatura hacia arriba respecto al plano horizontal que permita colocar el vertedor y el mecanismo que lo acciona en una posición cómoda para vigilar el correcto funcionamiento y verificar que el trabajo con el vertedor es el deseado, como se aprecia en la Figura 1.15.

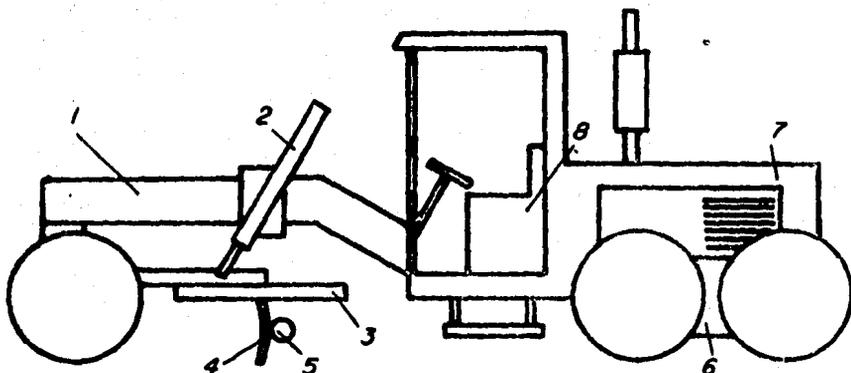
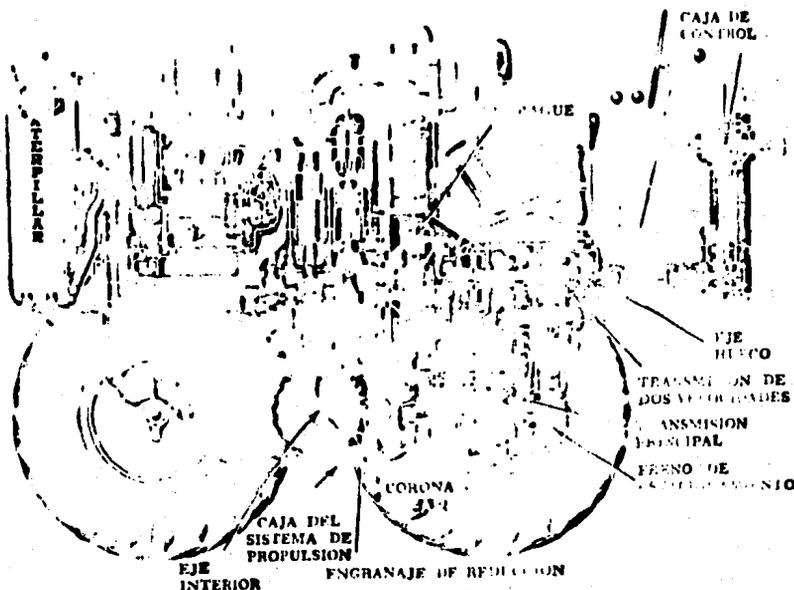


FIG. 1.15.- Partes principales de una Motoconformadora.

- | | |
|---------------------------|---|
| 1.- Bastidor. | 5.- Cilindro de deslizamiento lateral del vertedor. |
| 2.- Cilindros elevadores. | |
| 3.- Círculo | 6.- Tandem |
| 4.- Vertedor | 7.- Cubierta del motor. |
| | 8.- Asiento del operador. |

La transmisión es del tipo simple pero con dos reducciones constantes de potencia y con varios cambios en avance y en reverses. El convertidor de torsión es un auxiliar en el desarrollo del trabajo de la caja de velocidades y al cual se encuentra instalado en casi todas las motoconformadoras de fabricación reciente. La transmisión final de las motoconformadoras es un eje recto en cuya parte central se monta un engrane que es accionado por medio de un piñón que recibe movimiento de un sistema corona-piñón helicoidales y donde el piñón se acopla directamente al eje de salida de la caja de cambios, este sistema de transmisión final se muestra en la Figura 1.16.

Las ruedas dentadas que se observan en la Figura 1.16, en los extremos del eje tiene como función transmitir el movimiento a las ruedas por medio de una cadena que se acopla directamente con ellas y a las catarinas montadas en sus ejes, proporcionando así tracción a las cuatro ruedas traseras. Otro medio de accionar las ruedas impulsoras es el que utiliza un juego de cinco engranes para cada par de ruedas.



Cortesía de la Caterpillar Tractor Co.

FIG. 1.16.- Tren de potencia de una motoconformadora Modelo 12 fabricada por Caterpillar Co. 30

El sistema de tracción de la motoconformadora está diseñado para que todas las llantas puedan seguir las irregularidades del terreno y no se pierda contacto. Esto se logra cuando se permite a las ruedas tener un desplazamiento angular y que tiene como punto de apoyo al eje impulsor de la cadena o engranes libres. El tren delantero de las motoconformadoras no proporciona tracción y se usa solamente para cambios de dirección y sus ruedas son inclinables verticalmente - para evitar un deslizamiento lateral cuando la motoconformadora maneja alguna carga debido a que la mayoría de los trabajos efectuados se ejecutan con el vertedor inclinado respecto a la horizontal. Las ruedas traseras tienen bordes diagonales para aumentar la eficiencia de tracción y las delanteras para reforzamiento de la dirección en los giros que se efectúan.

Debido a la gran cantidad de elementos sujetos a desgaste en el tren delantero, se requiere que éste sea lubricado de acuerdo a las indicaciones del fabricante pues está expuesto a el polvo y materiales que manipula la motoconformadora lo que ocasiona en muchas ocasiones un desgaste prematuro de los pernos y bujes a base de los cuales está articulado. La Figura 1.17 muestra un tren delantero para motoconformadoras marca Compacto

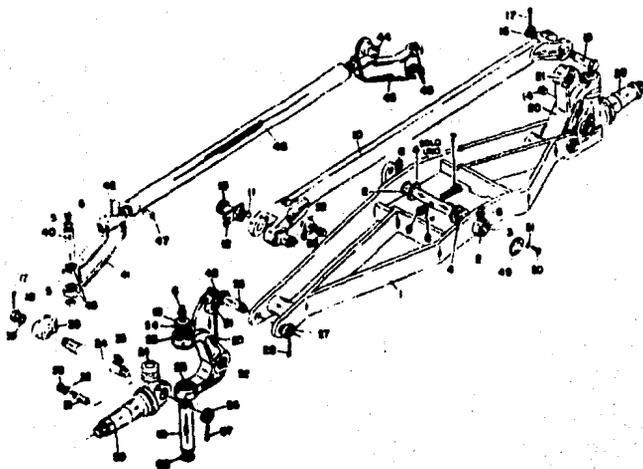


FIG. 1.17.- Vista explosiva de un tren delantero de motoconformadora fabricada por "Compacto".

El mecanismo para el control del vertedor está constituido básicamente por un círculo que tiene dientes labrados en su interior y el cual es accionado por un piñón movido por un motor hidráulico para la inclinación horizontal del vertedor. El círculo está soportado por el chasis de la motoconformadora por medio de un balancín colocado directamente arriba de éste y por medio de una viga con forma de V fija a la parte delantera del chasis. El círculo (y por lo tanto el vertedor) se puede desplazar hacia arriba o hacia abajo al accionar cilindros hidráulicos denominados cilindros de levante; el vertedor de la motoconformadora se puede inclinar respecto a la vertical por medio de un control hidráulico o por cuñas colocadas detrás de la hoja en donde está soportada por el círculo, como lo muestra la Figura 1.18, en la cual se puede apreciar las partes de ensamble de un vertedor deslizable de una motoconformadora marca Compacto.



FIG. 1.18.- Vertedor deslizable de Motoconformadoras Compacto, vista explosiva.

De las máquinas para construcción, las motoconformadoras son las más veloces, pudiendo desarrollar hasta 50 KM/hr. dependiendo del modelo y la capacidad del motor. La Tabla 1.2. muestra algunas especificaciones para motoconformadoras fabricadas por la Caterpillar.

Modelo		18G	14G	140G	12G	130G	120G
Potencia en el Volante	hp	250	180	150	135	135	125
	kW	188	134	112	101	101	93
RPV indicadas del motor		2000	2000	2200	2200	2200	2200
Modulo del Motor		3406	3308	3308	3306	3304	3304
Núm. de Cilindros		6	6	6	6	4	4
Peso de Operación*	lb	54,060	40,850	29,850	29,525	27,220	25,295
	kg	24,570	18,440	13,540	13,380	12,350	11,475
* Dimensiones Principales							
Longitud	pies	32'9"	30'3"	27'3"	27'3"	27'3"	26'0"
	mm	9580	9220	8310	8310	8310	7920
Ancho**	pies	10'2"	9'4"	8'0"	8'0"	7'11"	7'11"
	mm	3100	2840	2440	2440	2410	2410
Alto a con Cabina	pies	12'3"	11'9"	10'11.6"	10'11.6"	10'11"	10'11"
	mm	3730	3530	3240	3240	3330	3330
Alto hasta punto sup. del s. de levant.	pies	10'1"	9'5"	8'10.6"	8'10"	8'10"	8'3.5"
	mm	3070	2870	2710	2690	2690	2530
Distancia entre ejes	pies	22'10"	21'2"	19'5"	19'5"	19'5"	18'8"
	mm	6960	6450	5920	5920	5920	5620
Radio mínimo de giro	pies	27'	26'	24'	24'	24'	22'
	mm	82'	79'	73'	73'	73'	67'
Mód. Estándar							
Longitud	pies	16	14	12	12	12	12
	mm	4880	4270	3660	3660	3660	3660
Ancho	pies	31	27	24	24	24	24
	mm	790	690	610	610	610	610
Ejes	pies	1	1	.88	.88	.75	.75
	mm	25	25	22	22	19	19

* El peso de operación incluye el Cabina ROPS, el dispositivo lateral del cilindro y el ángulo de una hora con el manómetro estándar al tanque lleno de combustible y el operador.

** Combinando el uso de la articulación, el giro de 90° de las ruedas delanteras y el diferencial sin freno.

* La anchura se mide en el punto superior de las ruedas indicadas.

Modelo		18G	14G	140G	12G	130G	120G
Asiento sobre el suelo	pies	18.5	16.5	18.25	17.25	17.25	16.25
	mm	410	410	470	440	440	410
Alcance más en las barras, basidor recto	pies	7'7"	6'10"	6'5"	6'1.5"	6'1.5"	6'0"
	mm	2310	2000	1960	1870	1870	1830
Alcance más en las barras en posición inclinada		10'11"	10'1"	9'6"	9'2.5"	9'2.5"	9'1"
		3130	3070	2900	2810	2810	2770
Capacidad	-Gal. E.U.A.	125	100	75	75	75	60
Combustible	-L	473	378	283	283	283	227
Reservador	-Gal. E.U.A.	21	12	12.5	12.5	10.0	10
	-L	80	45	47	47	38	38
Cáster	-Gal. E.U.A.	8	7.75	7.75	7.75	5.5	5.5
	-L	30	29	29	29	21	21
Trans. diferencial y variador final	-Gal. E.U.A.	52	40	31	21	21	18
	-L	197	151	79	79	79	68
Lubricación	-Gal. E.U.A.	32	26	17	17	17	13
	-L	121	98	64	64	64	48
Sistema Hidráulico	-Gal. E.U.A.	30	30	20	20	18	18
	-L	112.5	112.5	76	76	68	68
Reservorios		18.00 x 30	16.00 x 24	14.00 x 24	13.00 x 24	13.00 x 24	13.00 x 24
Distribución y Tracción		12 tracción	112 tracción	190 tracción	190 tracción	160 tracción	160 tracción
		Tracción	Tracción	Tracción	Tracción	Tracción	Tracción

* El alcance más en las barras es a la izquierda y a la derecha.

TABLA 1.2.- Especificaciones Motoconformadores Caterpillar.

COMPACTADORES.

Lo constituye el conjunto de máquinas que, en la construcción de terraplenes, - sub-bases y base, sirven para consolidar los suelos de acuerdo al grado de compactación especificado.

El esfuerzo de compactación o sea la energía que se transmite al suelo según la máquina y el método empleado en el proceso de compactación, puede lograrse mediante:

Peso estático o presión.

Amasado o manipuleo.

Impacto o golpes violentos.

Vibración o sacudimiento.

El equipo de compactación se clasifica en:

Pata de cabra.

Rejilla o Malla.

Vibretorio.

Tambor de acero liso.

De neumáticos.

De pisonas remolcadas.

De pisonas de alta velocidad.

Combinaciones tales como: tambor vibratorio de acero liso, neumáticos y tambor de acero liso.

El Rodillo de Pata de Cabra está constituido por un cilindro o rodillo giratorio montado en el interior de un bastidor o chasis. En su superficie periférica, el cilindro está provisto de salientes radiales llamadas patas de cabra destinadas a penetrar en el suelo, durante el proceso de trabajo. Son útiles para compactar suelos que contengan suficientes cantidades de finos como arcillas y limos.

Cuando la ocasión lo permite o lo exige, en vez de un solo rodillo puede utilizarse una unidad más compleja, compuesta de dos, de tres o de cuatro cilindros montados en un bastidor común, con sus correspondientes ejes de rodadura. Este dispositivo unitario o compuesto, es arrastrado por un tractor de orugas.

Un tractor puede tener montado en su lugar de neumáticos, tambores de pata de cabra o neumáticos y un rodillo delantero vibratorio. Mediante esta vibración se agrega a la acción estática otra acción dinámica que reacomoda las partículas del suelo.

Compactador de rodillos.- Este tipo de equipo de compactación utiliza la acción estática para el aplanado, mediante tambores o rodillos, los que a su vez sirven como medio de propulsión a la máquina. Hay dos tipos generales, las de tres rodillos y las de tándem.

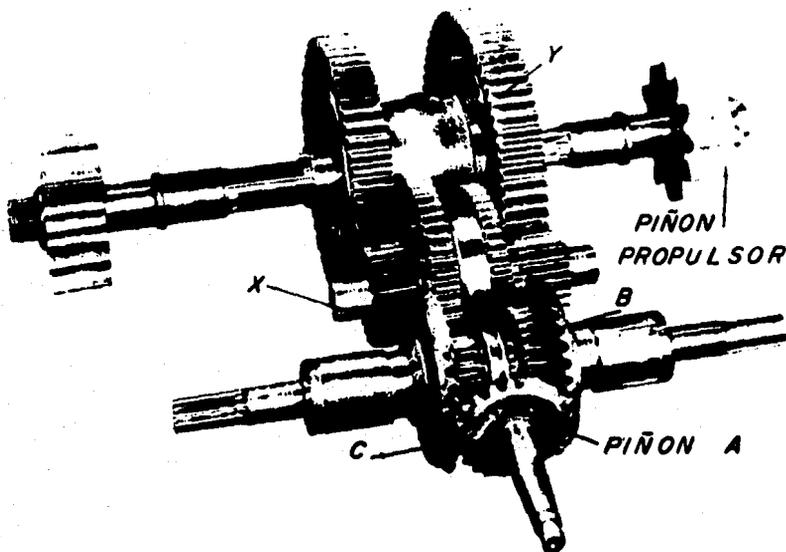
Las aplanadoras estandar de tres rodillos tiene un par de rodillos grandes de propulsión traseros y uno menor, pero más largo, de dos piezas en el frente. - Sus pesos generalmente varían entre cinco y quince toneladas, pero se pueden conseguir máquinas mayores y menores. El peso de una aplanadora se puede aumentar mucho sujetándole lastre de acero a los rodillos o cerrándolos y llenándolos de agua o arena.

La compresión producida se mide en libras por pulgada lineal de longitud de los rodillos y es mucho mayor en los rodillos traseros. La diferencia de diámetro y de compresión entre los delanteros y los traseros produce un efecto de amasado que ayuda a la compactación.

El tren de potencia de una aplanadora "Buffalo-Springfield" se muestra en la Figura 1.19. El piñón A mueve a los engranes cónicos B o C para que la máquina avance o retroceda respectivamente y los engranes rectos montados en la misma flecha acciona a la contraflecha X que a su vez engrana a el árbol "Y", en donde se transmite el movimiento final al piñón y el cual engrana a los rodillos propulsores. El piñón montado en la flecha de propulsión engrana con una corona

unida rígidamente a los rodillos, produciendo el movimiento de avance o retroce

50.



Courtesy of The Buffalo-Springfield Roller Company

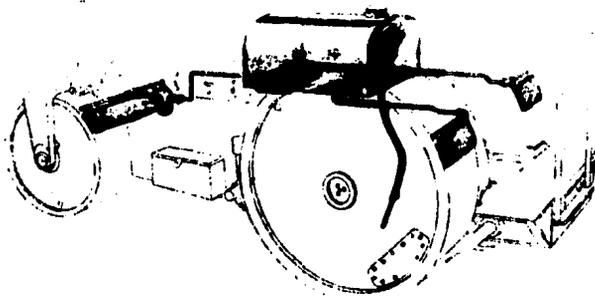
FIG. 1.19.- Tren de potencia de una Aplanadora "Buffalo-Springfield".

El rodillo delantero o guía está formado por dos secciones que giran independientemente. Está conectado a un pivote superior por medio de una horquilla y de un eje horizontal. El peso del bastidor lo soportan los cojinetes de rodillos que están colocados en el hombro del pivote y el pivote mismo se alinea por medio de cojinetes cónicos de rodillos. La dirección se opera por medio de un cilindro hidráulico de doble acción, que obra contra una palanca que sujeta con una mordaza al pivote. Al salir el vástago del cilindro hace girar al rodillo de la dirección a la izquierda, al entrar, a la derecha.

El cilindro se controla con una válvula de tres posiciones. El ángulo de giro continúa aumentando mientras la válvula está abierta, hasta llegar a los toques. Cuando la válvula está en neutral, fija la rueda en cualquier posición que tenga.

Los rodillos están equipados con limpiadores, dos cada rodillo, que se colocan haciendo un contacto ligero en la superficie por medio de resortes, a menos — que se fijen sin hacer contacto. Son indispensables para evitar que el mate — rial se pegue en los rodillos y forme una masa que perjudique lo parejo de la superficie.

Una aplanadora "Buffalo-Springfield" se muestra en la Figura 1.20 y en la cual se pueden apreciar los rodillos traseros y delanteros, así como el sistema — para mojar a éstos.



Courtesy of The Buffalo Springfield Roller Company

FIG. 1.20.- Sistema humidificador y limpiador de rodillos de una Aplanadora - "Buffalo-Springfield".

Las aplanadoras de este tipo tienen colocados unos raspadores en los rodillos para evitar que se pegue el material, pues los trabajos de compactación se hacen teniendo húmedo el terreno y generalmente las aplanadoras tienen este sistema integrado con el aparato rociador.

Aplanadoras en Tandem.- Las aplanadoras en tandem se adaptan con especialidad a la compactación en pavimentos, pero se las encuentra relativamente a menudo en los terreplenos, haciendo trabajos ligeros. Su tamaño varía de aproximadamente 1 1/2 ton. a 20 ton.

Por lo general tienen dos rodillos pero pueden tener tres. Los rodillos traseros y delanteros tienen la misma longitud pero los impulsores son más grandes

y producen una compresión aproximadamente del doble que los delanteros. Los motores están montados en el centro, en dirección paralela o en ángulo recto a la del movimiento. La Figura 1.21 muestra una aplanadora de dos rodillos producida por MBU Schneid. Se puede colocar un rodillo extra en tándem para lograr un mayor grado de compactación del terreno. El tipo de aplanadora mostrada es el prototipo de las existentes.

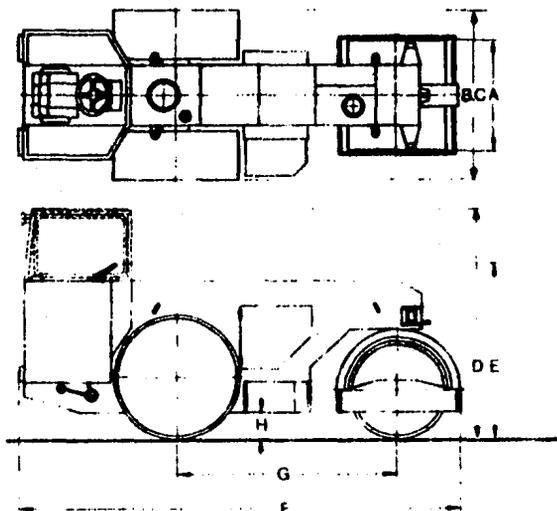


FIG. 1.21.- Aplanadora MBU - SCHNEID MODELO RS 80 H.

D I M E N S I O N E S

A.- Rodillo frontal.	1250 Mm.
B.- Rodillo trasero.	1900 Mm.
C.- Area total de acción	1900 Mm.
D.- Altura total.	2565 Mm.
E.- Altura excluyendo cabina.	1985 Mm.
F.- Longitud total	4880 Mm.
G.- Distancia entre ejes.	2450 Mm.
H.- Claro suelo-bastidor.	300 Mm.
Diámetro rodillo frontal.	1100 Mm.
Diámetros rodillos traseros.	1400 Mm.

En las aplanadoras en tándem de dos o tres rodillos, el bastidor queda fuera - de éstos, de manera que la máquina no pueda trabajar muy cerca de las paredes verticales, ni de otros obstáculos lo suficientemente altos para que peguen -- contra el bastidor. El espacio libre debajo de la máquina es de 1' a 20 pulgas, la distancia que sobresale del bastidor es mayor en el lado impulsor.

MOTOESCREPAS.

Las motoescrepas también conocidas con el nombre de traillas, son máquinas - para excavar, conformar o acarrear, varían mucho en tipos y tamaños, e inclu - yen las screpas de mano de un cuarto de yarda cúbica, y las máquinas de auto - propulsión que lleven hasta cien yardas cúbicas, trabaja sola si es necesario pero su rendimiento, generalmente, aumenta si se ayuda de otras máquinas. Tra - baja en capas delgadas tanto al cortar como al vaciar, sin que tenga límite al número de capas, por lo que a su eficiencia no la afectan especialmente la pro - fundidad del corte ni la altura del terraplén. Su uso compacta bastante los -- terraplenes y favorece el uso correcto de las aplanadoras.

No solamente es una máquina excelente para mover grandes volúmenes de material, sino también para hacer conformaciones de presión. La cuchilla va entre las -- ruedas traseras y delanteras de manera que no le afecta el cabeceo y el opera - dor puede controlar su posición con mucha precisión. Si en las condiciones de trabajo se puede disponer de tiempo, puede cortar o terraplenar a la rasante - con precisión, cuando el espacio es suficientemente ancho puede hacer mano -- bres, puede afinar taludes también.

La motoescrepa puede considerarse como la combinación de una screpa y el trac - tor de neumáticos.

La screpa para su funcionamiento, consta de tres partes principales: la caja, que es la que transporta la carga, que está equipada con una cuchilla en la -- parte delantera fondo, que puede levantarse o bajarse. La tapa delantera que -- es la pared delantera de la caja y puede levantarse o bajarse independientemen

te de ella. El eyector puede constituir la pared trasera de la caja, que se — mueve hacia atrás para dejar espacio a la carga y hacia adelante para descar — gar. La Figura 1.22 muestra una escrepa de arrastre indicándose sus partes — principales.

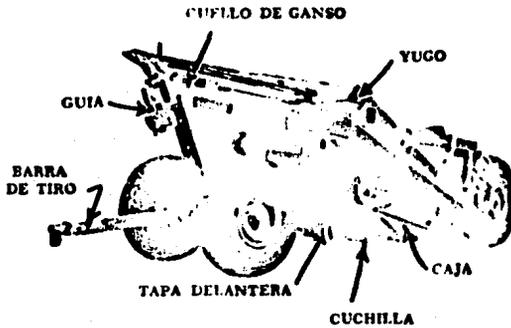


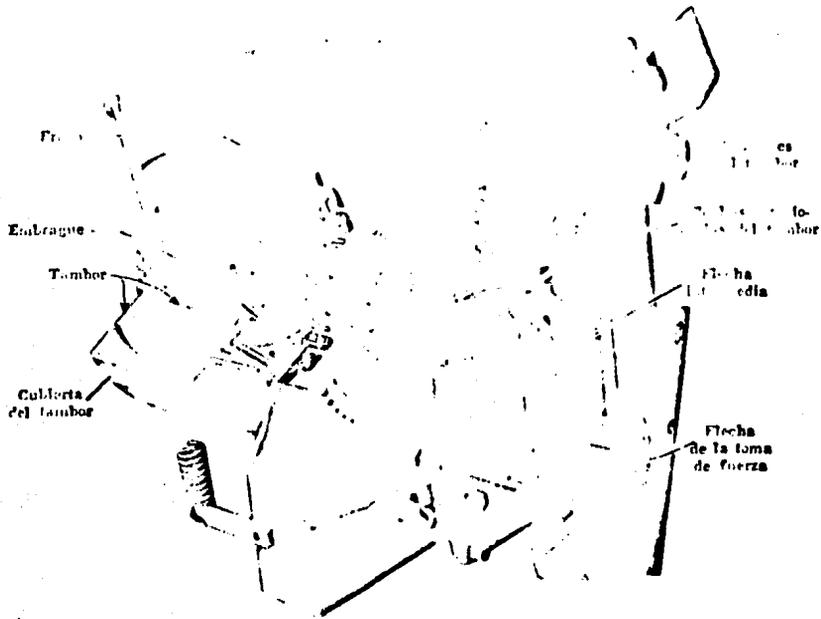
FIG. 1.22.- Escrepa de arrastre y sus partes principales.

Las escrepas de arrastre (que son independientes del tractor), para su funcio — namiento en lo referente a labores de excavación y descarga de material se va — len de la potencia suministrada por el tractor, através de una unidad de con — trol de dos tambores montada en la parte posterior del tractor y que es accio — nada por una toma de fuerza de éste, como la indicada en la Figura 1.23.

Los tractores para remolcar escrepas de arrastre son del tipo de neumáticos — aunque puedan hacerlo tractores de oruga, presentando éstos tiempos mayores de acarreo. Los tractores pueden ser de dos y cuatro ruedas, presentando ventajas los últimos sobre los primeros, debido a que puede proporcionar movimiento a — varias escrepas, en tanto otras más están en la fase de llenado, empujadas por tractores de orugas. La escrepa de arrastre se fija al tractor por medio de un pivote vertical que permite hacer los cambios necesarios durante las maniobras.

Las escrepas de auto-propulsión (motoescrepas) constituyen el tipo de uso más general. Están formadas por una unidad de tractor y otra de escrepa acopladas entre sí por un pivote u otro medio de articulación vertical. Hay tractores de cuatro ruedas traseras, que producen la tracción através de llantas grandes, y

un par de ruedas delanteras más pequeñas que sirven para proporcionar dirección y el soporte delantero. Los tractores de dos ruedas o de suspensión superior tienen ruedas impulsoras solamente.



Cortesía de LeTourneau Westinghouse Co

FIG. 1.23.- Unidad de control para las escarpas de arrastre.

Generalmente, los del tipo de cuatro ruedas son capaces de moverse con mayor velocidad cuando los acarrea se hacen en las condiciones medias y son algo más accesibles para hacerles reparaciones.

La mayor parte de las combinaciones de tractor y escarpa se sujetan entre sí por medio de una gruesa articulación vertical llamada pivote. Se puede atornillar o soldar un solo pasador en un soporte sobre el eje trasero del tractor de manera que se prolongue hacia arriba o através de un casquillo en el yugo de la escarpa los cojinetes antifricción permitan una rotación suave. Se ponen topes para evitar que el yugo se mueva hacia adelante tanto que lastime al conductor o que la escarpa choque con el costado del tractor.

El soporte del pivote permite que éste se incline a la derecha y a la izquierda

da, para que el tractor y la escropa puedan inclinarse transversalmente en direcciones opuestas para mantener el contacto con el terreno irregular. El tractor de cuatro ruedas debe tener otra articulación en el soporte del pivote -- para que éste se pueda inclinar hacia adelante y hacia atrás, sin ésta las ruedas delanteras del tractor y las ruedas de la escropa pueden sostener levantadas las ruedas impulsoras al cruzar un zanjón, o las ruedas delanteras pueden quedar levantadas en el aire cuando las ruedas impulsoras cruzan un borb.

El pivote puede reemplazarse por un pivote superior y otro inferior para facilitar la separación de la unidad.

Las motoescrepas modernas usan controles hidráulicos que se pueden operar por medio de palancas, pero que con mayor frecuencia tienen tres válvulas que controlan por separado la caja, la tapa delantera y el ejector.

La Figura 1.24 muestra la disposición de los cilindros hidráulicos y las posiciones de operación de una motoescrepa Euclid.

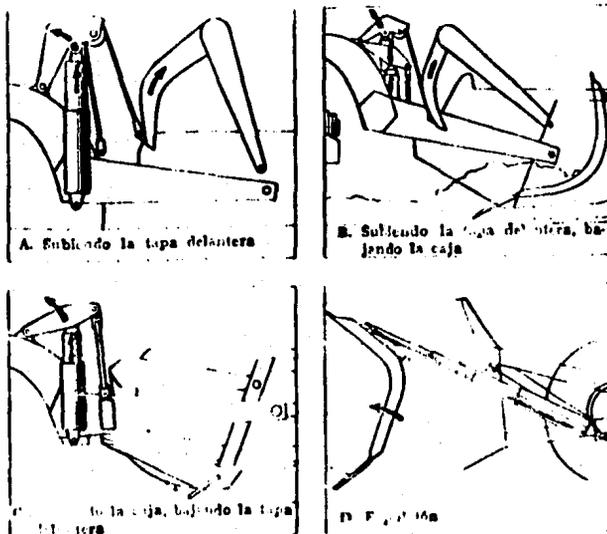


FIG. 1.24.- Posiciones de operación de una motoescrepa Euclid.

Una moderna motoescrepa marca International Modelo 444B de 20 yardas cúbicas -

se muestra en la Figura 1.24, en la cual se muestran sus dimensiones depen —
diendo del modelo y capacidad de ésta, el motor del tractor es de diesel de —
cuatro ciclos, turbocargado de inyección directa en tanto que la potencia no-
minal es de 360 HP a 2600 RPM. El desplazamiento de aire es de 13.1 litros. —
Posee un convertidor de par de un solo paso con una multiplicación de par de
2.28:1.

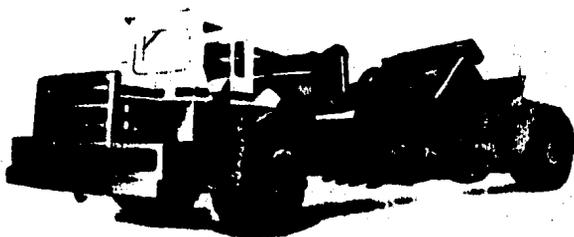


FIG. 1.25.- Motoescropea International Modelo 444B de 20 yardas cúbicas con —
dos motores.

El sistema de dirección utilizado en las motoescrapas de suspensión superior
(tractor de dos ruedas) esta constituido por medio de cilindros hidráulicos —
montados en el yugo o por medio de un motor eléctrico através de engranes de
reducción. En tanto que en las motoescrapas con tractor de cuatro ruedas es —
hidráulica o estandar con reforzador hidráulico.

La potencia y la tracción de las motoescrapas se pueden aumentar mucho montan-
do un segundo motor en la parte trasera, de manera que pueda impulsar las rug-
das traseras. Los motores deben ser del mismo tamaño, potencia y velocidad, e
impulsar utilizando convertidores de torsión y transmisión idénticos.

PALAS GIRATORIAS.

Una pala básica tiene tres grupos de maquinaria. Uno de ellos está formado por
cabrestantes montados provistos de tambores para cable o de ruedas dentadas —
para cadena, que giran y se paran por medio de embregues y frenos, que contrg-
lan el movimiento del cucharón para adelante, para atrás, para arriba y para

abajo, para excavar y vaciar.

El segundo grupo hace oscilar (girar alrededor de un eje vertical) la plataforma, la maquinaria superior y el extremo delantero, alrededor de un eje central hueco. La unidad superior está soportada por rodillos, que corren en una pista circular o mesa giratoria a la que hacen girar un eje vertical y un engrane que se acopla a una corona en la mesa giratoria y "anda" alrededor de ellas, haciendo girar a su vez la pala. El engrane está controlado por un embrague de reserva (una unidad que consta de dos embragues de fricción y de un juego de engranes cónicos), que pueden hacerlo girar en cualquier dirección.

Este mecanismo es un factor importante en la eficiencia y versatilidad de la pala, que permite dirigirla en cualquier dirección para excavar y vaciar, y mover las cargas rápidamente a cualquier lugar a su alcance. Tiene relativamente pocas partes que se desgastan; ninguna de ellas trabaja en tierra y las pérdidas por rozamiento son pequeñas.

El tercer tren de potencia proporciona medios para caminar o de propulsión a la pala. Un eje vertical se prolonga hacia abajo a través de la cubierta y el pivote hueco central para mover un eje horizontal, que tiene un embrague y un freno a cada lado, que pueden ser del tipo de quijadas (de dientes) o de fricción.

Un par de ruedas dentadas en los extremos de los ejes exteriores impulsan las orugas sobre cadenas de rodillos.

El mecanismo de propulsión está controlado por un mecanismo inversor de embrague de fricción, que generalmente es el mismo que controla los movimientos de oscilación y los de ataque y retroceso del cucharón. Cada vez aumenta el número de las máquinas que tienen una flecha de tránsito independiente y embragues. En las montadas en cascada, el mecanismo de tránsito no existe o lo llevan desconectado.

Cuando un juego de embragues de fricción controla dos o más funciones, los embragues de quijada se cambian para conectar el tren de potencia que se va a -

usar y para desconectar el otro.

Las palas pequeñas utilizan motores de gasolina, diesel o eléctricos con transmisiones mecánicas a todas sus partes móviles. Las palas grandes pueden usar - motores diesel, con transmisión mecánica o eléctrica, o varios motores eléctricos alimentados por un cable a partir de una línea de transmisión.

El motor está provisto de un embrague de disco, de manera que se puede desconectar de la máquina. Puede llevar también un convertidor de torsión que sirve para amortiguar los choques, disminuyendo el cabeceo pudiéndose obtener una potencia mayor cuando la excavación es dura, disminuyéndose las reparaciones y aumentando el rendimiento. Algunas veces se utilizan acoplamientos hidráulicos.

Las palas de una yarda y menores tienen una transmisión en el motor con dos o más velocidades. La velocidad más elevada se utiliza para hacer tránsitos, o para hacer trabajos excepcionalmente ligeros y desapejados. Además el regulador puede tener un ajuste especial para acelerar el motor cuando camina.

Las palas varían muchísimo en tamaño y peso. Los modelos más pequeños tienen un cucharón de una capacidad de un cuarto de yarda cúbica y pesan aproximadamente siete toneladas, las mayores tienen cucharones de más de cuarenta yardas y pesan cientos de toneladas. Las máquinas de capacidad mayor de 3 1/2 -- yardas se usan más en las minas que en los contratos.

Las de tamaños menores tienden a ser de movimientos más rápidos y bruscos que sus semejantes mayores y son, por supuesto, más débiles en excavación fácil; generalmente mueven más yardas por hora en proporción al tamaño del cucharón pero no podrán mover un material tan duro ni moverlo tan lejos.

Existen cinco editamentos, llamados equipos, que son de principal importancia que se conocen mejor con los nombres de pala de brazo (pala frontal), retroexcavadora, draga de arrastre, cucharón de almeja y grúa. Se muestran en la Figura 1.26

La unidad giratoria o superestructura está construída toda y alrededor de una

cubierta de acero grueso o plataforma. Esta lleva el bastidor de la maquinaria que puede estar soldado a ella como en la Weserhütte de la Figura 1.27 o atorillado a disposición de la maquinaria sobre la plataforma, se puede apreciar en la misma figura.

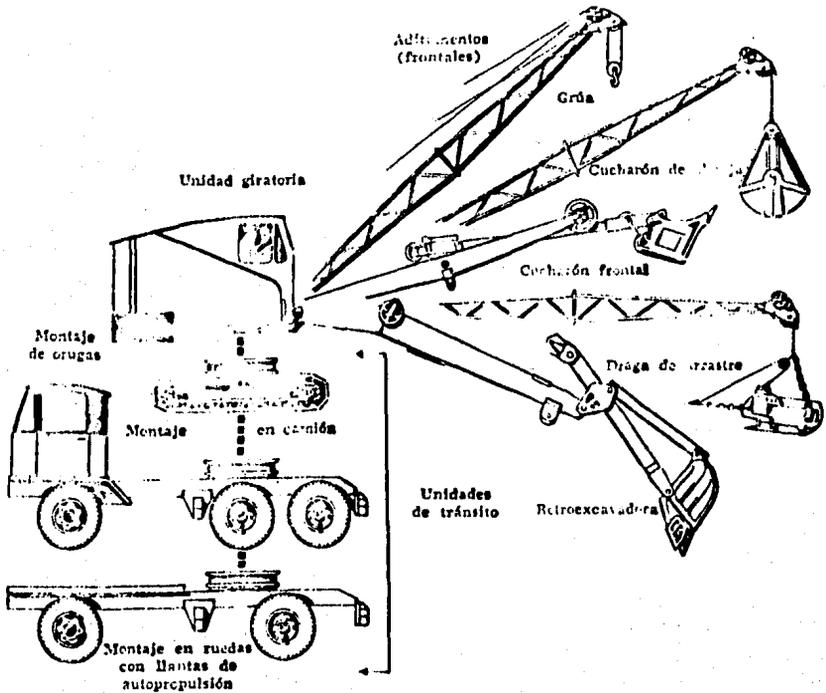


FIG. 1.26.- Equipos disponibles en una Pala Mecánica.

Sobre la plataforma se encuentran montados el motor que suministra energía a los mecanismos que permiten a la pala ejecutar las funciones para las cuales fue diseñada. El cigüeñal del motor mueve a través de engranes y cadenas a los tambores que a su vez suministran movimiento a la pluma y el equipo de la pala. La Figura 1.28 muestra la transmisión de movimiento a los tambores para mecanismo elevador, elevador de pluma, movimiento de ataque y retroceso para una pala Bucyrus-Erie. Los tambores en donde se enrollan los cables, pueden ser de cubiertas intercambiables para permitir mayor velocidad en estas excavaciones.

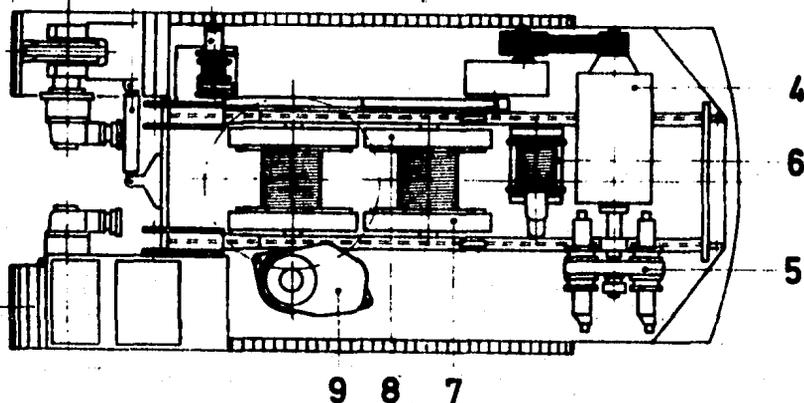


FIG. 1.27.- Disposición de la maquinaria en la plataforma de una pala mecánica

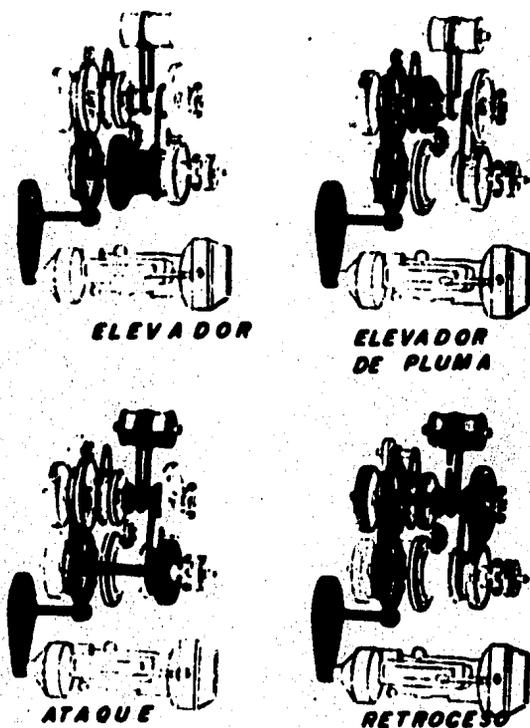
La unidad giratoria descansa sobre rodillos dispuestos de formas diferentes, - sobre una pista circular que es de forma tal que evita el bamboleo de la pluma o cabrestante. La Figura 1.29 muestra las disposiciones diferentes de los rodillos de oscilación.

En tanto que el mecanismo de oscilación está constituido de una corona con - - dientes labrados en el interior del anillo de oscilación y un piñón al cual - suministra el movimiento oscilatorio por medio de un tren de engranes acoplado al motor principal en la Figura 1.30, se muestra este mecanismo con los acoplamientos correspondientes para oscilación y propulsión.

Al comprar muchas de las palas, se puede hacer la elección entre tres tipos de unidades de tránsito, de orugas, de camión con dos motores y de autopropulsión con ruedas.

Las palas con unidades de tránsito de orugas está formada por una mesa giratoria soldada a un bastidor que consta de dos vigas en I pesadas llamadas ejes, que conectan los bastidores gruesos de las orugas que se apoyan en los rodillos

y que están rodeados por las orugas, la oruga, consiste generalmente en zapatas planas conectadas por medio de pasadores con sus extremos.



Copyright © 1950 by Caterpillar Inc.

FIG. 1.29.- Transmisión del movimiento de los tambores de una pala mecánica.

Se acostumbra que la unidad de tránsito tenga las catarinas en la parte trasera y las ruedas guía en el frente, sin tomar en cuenta que corresponda o no a las posiciones delantera o trasera de la unidad giratoria.

En las orugas de la unidad de tránsito, la catarina engrana con salientes que van en el interior de las zapatas. Estas orugas son sencillas y generalmente, representan pocos problemas de reparación. En la Figura 1.31 se muestra una oruga de pala.

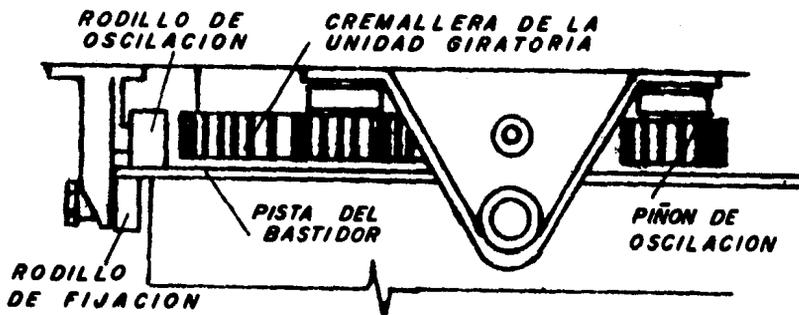


FIG. 1.29.- Disposición de los rodillos que soportan la mesa giratoria.

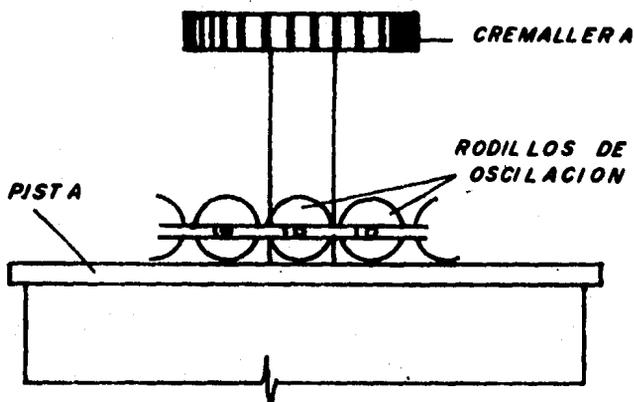


FIG. 1.30.- Mecanismo de oscilación de la unidad giratoria.

Dependiendo del equipo que se monta a la pala, recibe esta los nombres ya mencionados anteriormente de pala, retroexcavadora, oruga de arrastre, grúa y excavadora. Un punto importante que se hace necesario mencionar es que en el grupo de retroexcavadoras y grúas, los mecanismos de cables han sido desplazados por los mecanismos hidráulicos y se encuentran en modernas palas, los cilindros hidráulicos que accionan al equipo y efectúan los movimientos de levante de la pluma, giros del cucharón y de la pluma.

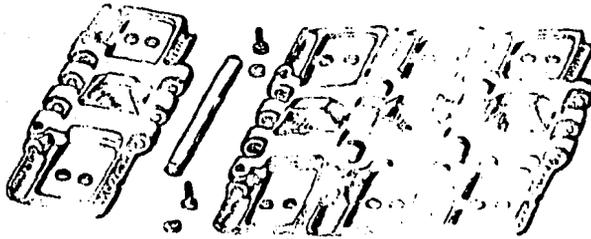


FIG. 1.31.- Ensamble de las zapatas de una pala mecánica.

Una pluma de una pala que puede usarse como grúa y excavadoras se muestra en - la Figura 1.32.

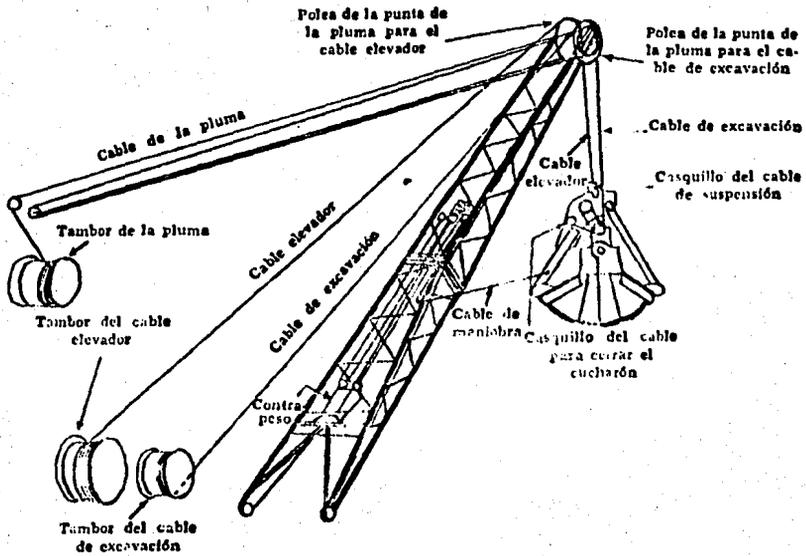
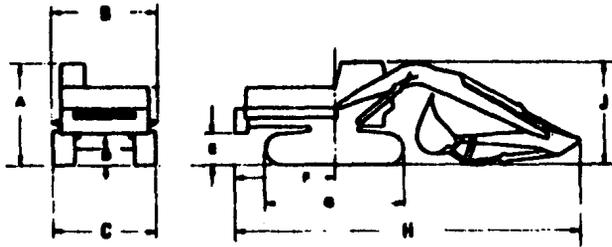


FIG. 1.32.- Elementos de la pluma de una pala.

Las dimensiones de retroexcavadoras hidráulicas Caterpillar se muestran en la Tabla 1.3.



DIMENSIONES PARA EMBARQUE

Zapatas y tren de rodaje estándar, brazo medio, aguilón de una pieza y brazo corto en la 245.
La 215 tiene aguilón de dos piezas en posición extendida.

Modelo		215	225	235	245
A	pies	9'6"	9'10"	11'2"	11'10"
	mm	2900	3000	3400	3600
B	pies	8'1"	9'7"	11'10"	12'3"
	mm	2450	2900	3600	3700
C	pies	7'11.5"	10'0"	11'10"	12'0"
	mm	2430	3050	3600	3660
D	pulg	18"	14.5"	21"	29"
	mm	457	368	530	735
E	pulg	36.9"	36"	44"	41"
	mm	937	910	1120	1040
F	pies	8'7"	9'2"	10'10"	12'6"
	mm	2620	2794	3300	3810
G	pies	11'8"	12'8"	16'8"	18'3"
	mm	3560	3910	5020	5560
H	pies	29'4"	32'4"	37'6"	43'3"
	mm	8940	9855	11430	13180
J	pies	18'6"	18'7"	11'2"	16'1"
	mm	5120	5230	3400	4600

*:15 - Tren de rodaje largo de 13' 7" (4140 mm)

:25 - Tren de rodaje largo de 14' 6" (4420 mm)

TABLA 1.3.- Dimensiones de retroexcavadoras Marca Caterpillar.

CAMIONES DE VOLTEO.

El camión de volteo es, probablemente, la más familiar de las máquinas que se usan para hacer excavaciones. Sin embargo su estructura es más bien complicada, y es tan importante, que se considera indispensable hacer una descripción de ella.

Se compone de cuatro partes principales; el chasis, que incluye el bastidor, - la defensa, los muelles, los ejes muertos, ruedas y llantas neumáticas; el - tren de potencia que está soportado por el chasis, consta del motor, el embra- gue, la transmisión, el eje de propulsión, el diferencial y los ejes vivos; la cabina es el compartimiento para el operador; el volteo que incluye la caja, - puerta trasera, protector de cabina y el sistema hidráulico y controles, es u- na unidad completamente separada, generalmente construida por un fabricante di- ferente y que se puede adaptar a varios modelos de camiones.

Los camiones que se construyen para operar en las minas o bancos, o en los que no se requiere el uso de caminos públicos, no están sujetos a ningunas restric- ciones legales con respecto al tamaño o peso.

Los camiones para fuera del camino pueden tener una anchura de 8 a 14 pies, au- mentando su longitud y altura en proporción. Las capacidades de los camiones - de chasis rígidos varían de 40 o más yardas cúbicas y 60 toneladas; los tamaños van aumentando al disponerse de componentes mayores como llantas, motores y - convertidores de torsión.

El peso muerto del chasis y de la caja es generalmente igual a su capacidad de carga. Su construcción es mucho más pesada que la de los camiones para circu- lar en carreteras, para poder soportar las condiciones más duras de los traba- jos pesados y acarreos cortos; unos cuantos de los camiones que están ahora en el mercado hacen extenso uso de aceros de alta resistencia, disminuyendo el - peso de la caja, aumentando su capacidad de carga por la misma cantidad.

La velocidad máxima es aproximadamente de 60 Km/hr. aunque la potencia del mo- tor y las pendientes, el desgaste de las llantas y lo que se perjudican los hacen antieconómicos.

Un camión para fuera de la carretera marca International - Harvester Modelo - 350B, representativo de este tipo de equipos se muestra en la Figura 1.33, en la cual están determinadas sus dimensiones. Este camión posee un motor de - -- 635 HP Marca Cummins, de inyección directa; un convertidor de torsión de una -

multiplicación de par de 2.21:1, en tanto que su capacidad de carga es de 23.8 metros cúbicos y 50 toneladas.

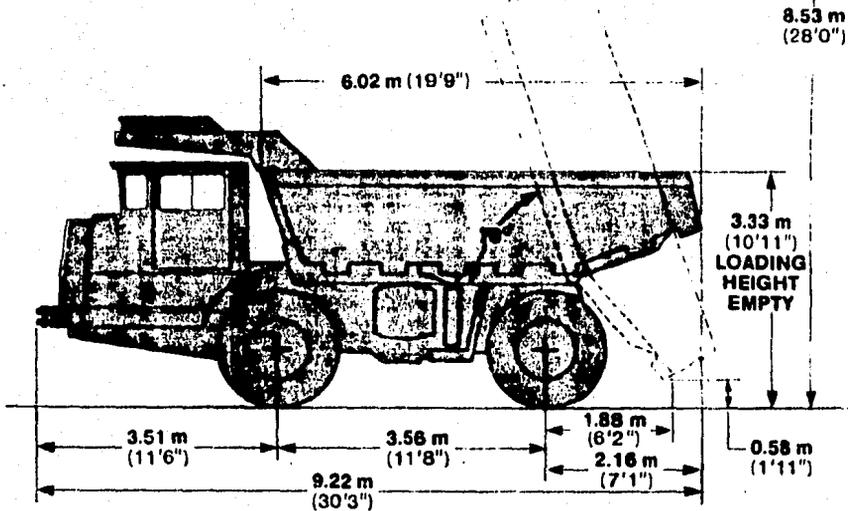


FIG. 1.33.- Camión para fuera de la carretera Marca International, Modelo 390B de 50 Ton. de carga.

El bastidor es sencillo y grueso, se utilizan defensas de hule como cojines — debajo de la caja. También las articulaciones del sistema elevador están montadas en hule. Los muelles traseros son de tamaño ordinario en todos los modelos, después de haberse ofrecido modelos opcionales durante algunos años, se pueden obtener con diferenciales ordinarios o con diferenciales que no pierden la tracción en una rueda cuando se levantan del otro extremo del eje.

Las transmisiones sincronizadas tienen una o dos velocidades de reversa o cinco o diez hacia adelante, se usan en algunos modelos los convertidores de potencia. El diferencial es del tipo sencillo para el servicio pesado, de reduc-

ción. Los ejes interiores impulsan los tambores de las ruedas por medio de engranes planetarios reductores.

La caja es del tipo que se emplea para roca o canteras. Sus costados están inclinados hacia afuera para aumentar el área de carga. El piso está formado por dos láminas de acero separadas por tablonas. No tienen puerta trasera y su fondo inclinado hacia arriba, evita que la carga resbale hacia atrás.

El elevador es de acción directa de tres tramos, con cilindros telescópicos — que proporcionan potencia, tanto para elevar la caja como para bajarla, lo que permite levantar la caja hasta darle una gran inclinación, porque la caja nunca queda fuera de control por estar desequilibrada. La mayor parte de los materiales se pueden vaciar fácilmente, aún en el sentido contrario a la pendiente.

La caja devuelve a su lugar, primero por medio de una potencia, luego se deja caer por gravedad.

MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

A partir de la Revolución Industrial, a principios del Siglo XVII, con el desarrollo de la máquina de vapor, los esfuerzos del hombre por diseñar dispositivos capaces de vencer la resistencia opuesta por pesadas máquinas que simplificaran el trabajo de aquellos, han sido constantes, logrando rápidos avances en este campo, marchando al parejo con el desarrollo de la ciencia.

Uno de los dispositivos que han superado grandemente a los motores de vapor, son los motores de combustión interna, los cuales constituyen en la actualidad una buena parte de la producción mundial de aparatos destinados a proporcionar la potencia requerida por la compleja maquinaria destinada a la fabricación de objetos que hacen más cómoda la vida del hombre, sin la cual no hubiese sido posible el actual nivel de vida logrado en las grandes metrópolis de nuestro planeta.

Los primeros intentos de producir fuego por la rápida compresión de aire confinado a un cilindro de bambú, utilizando un émbolo, se atribuye a las tribus malayas y posteriormente al físico holandés Huygens, quien intentó quemar pólvora dentro de un cilindro en 1680. Un experimento más formal de la construcción de un motor de combustión interna lo llevó a cabo el francés Lenoir, quien utilizó gas como combustible, siendo el motor construido por él, de rendimiento nulo. Finalmente, los principios sobre los cuales descansan el funcionamiento de los motores de combustión interna se deben a Beau De Rochas, quien en 1862 patentó un ciclo que fue utilizado por un ingeniero alemán para adaptarlo a un motor de cuatro tiempos, encendiendo el combustible por medio de una chispa proporcionada por una bujía, el ciclo recibió el nombre de Ciclo Otto en su honor.

En 1892, Rudolph Diesel concibe la idea de producir la inflamación del combustible por medio de la compresión, sin utilizar para ello una chispa o flama.

Un motor de combustión interna está constituido básicamente por un cilindro — dentro del cual se mueve un pistón con movimiento recíproco, un mecanismo de biela y manivela para transmitir el movimiento a una flecha que gira y que tiene acoplado un volante en uno de sus extremos.

Los motores de combustión interna pueden clasificarse en motores encendidos — por chispa y motores encendidos por compresión, de acuerdo al método que utilizan para encender el combustible. En los motores encendidos por chispa se requiere de una bujía para quemar la mezcla comprimida en la cámara de combustión, en tanto que en los motores de encendido por compresión, la combustión se realiza al inyectar combustible a la cámara en donde se encuentra confinada una cierta cantidad de aire y el cual ha elevado considerablemente su temperatura por el repentino aumento de presión.

Los motores se clasifican también por la disposición de sus cilindros en:

- 1.- Motores en línea.
- 2.- Motores en V.
- 3.- Motores radiales.
- 4.- Motores horizontales opuestos.

La Figura 2.1. muestra la disposición de los cilindros de acuerdo a su clasificación.

Otra clasificación de motores de combustión interna se hace considerando la — disposición de las válvulas de admisión y escape. El diseño más común es el — motor con válvulas en la parte superior y que se llama "Motor de cabeza en I" o de "Válvulas en la cabeza", como se muestra en la Figura 2.2.; en tanto que el motor con válvulas debajo de la cabeza o en "L" se aprecia en la misma figura. Ocasionalmente se hace una combinación de estas dos posiciones para obtener una cabeza en "F". En este caso, la válvula de admisión se coloca en la cabeza (arriba), en tanto que la válvula de escape se coloca en el bloque. (— Abajo, ver Figura 2.2.)

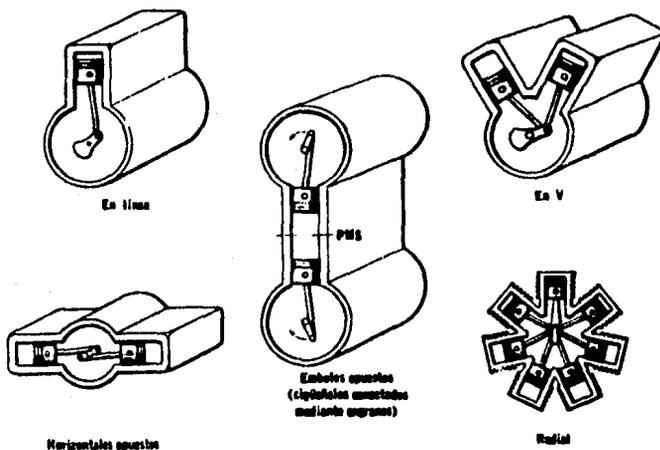


FIG. 2.1.- Clasificación de los motores por la disposición de los cilindros.

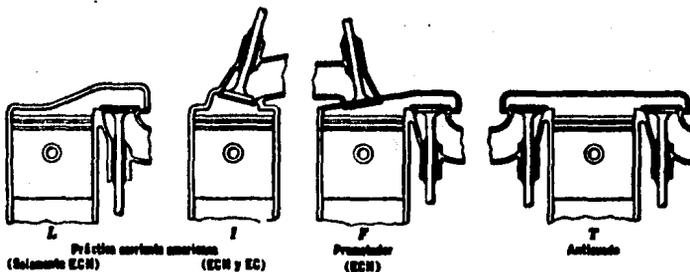


FIG. 2.2.- Clasificación de los motores por la disposición de las válvulas.

Los motores de combustión interna pueden ser de dos y de cuatro tiempos, de acuerdo al número de fases que se requieren para completar el ciclo termodinámico que rige su funcionamiento.

Motores de cuatro tiempos.- Los motores de este tipo, requieren de cuatro carreras del pistón para cerrar el ciclo, cada una de las carreras comprenden una fase del ciclo termodinámico, las cuales son:

- a).- Carrera de Admisión.- El pistón se desplaza desde su punto muerto superior hasta su punto muerto inferior introduciendo una mezcla de aire-combustible a la cámara de combustión en el caso de motores encendidos por chispa

pa, y solamente aire en el caso de motores encendido por compresión, con la válvula de admisión abierta y la de escape cerrada.

b).- Carrera de Compresión.- Moviéndose el pistón desde su punto muerto inferior hasta su punto muerto superior, comprime la mezcla aire-combustible (motores ECH) o aire solamente (motores EC), elevando su temperatura con las válvulas de admisión y escape cerradas.

c).- Carrera de Trabajo.- En el caso de motores encendido por chispa, se provoca un arco eléctrico entre los electrodos de la bujía incendiándose la mezcla y desplazando al pistón violentamente hasta su punto muerto inferior. En los motores encendido por compresión para provocar la combustión se inyecta el combustible en el seno del aire caliente provocando el mismo efecto que en el motor encendido por chispa. Esta fase ocurre con las válvulas de admisión y escape cerradas.

d).- Carrera de Escape.- Se abre la válvula de escape al tiempo que el pistón se mueve desde su punto inferior (PMI) desplazando a los gases producto de la combustión hacia el exterior del cilindro estando la válvula de admisión cerrada, terminando esta fase del ciclo al llegar el pistón a su punto superior.

Motores de dos tiempos.- En este tipo de motores el ciclo termodinámico teórico a que están sujetos se cierra en dos carreras del pistón y por lo tanto en una revolución del cigüeñal, siendo ejecutado el siguiente proceso:

Cuando el pistón está efectuando su carrera de trabajo, ya sea por inyección del combustible al aire confinado en la cámara de combustión y que se encuentra a alta temperatura o por la acción de un arco eléctrico que incendia la mezcla aire-combustible, en un momento dado descubre la lumbrera de escape que se encuentra en la superficie interior del cilindro, iniciándose el proceso de escape de los gases producto de la combustión, continuando el pistón en su carrera descendente, descubre la lumbrera de admisión dando lugar a que se introduzca al cilindro aire ó la mezcla aire-combustible según sea el tipo de motor, -

encendido por compresión o encendido por chispa respectivamente. Cuando el pistón se desplaza desde su PMI hasta su PMS obstruye primero la lumbrera de admisión, truncando la entrada de aire, cuando cierra la de escape, se inicia el proceso de compresión de aire o mezcla de aire-combustible y cuando está cerca de su PMS, se inicia el proceso de combustión por cualquiera de los métodos ya conocidos.

La Figura 2.3 muestra el ciclo con las fases que lo constituyen, para los motores de combustión interna de dos tiempos.

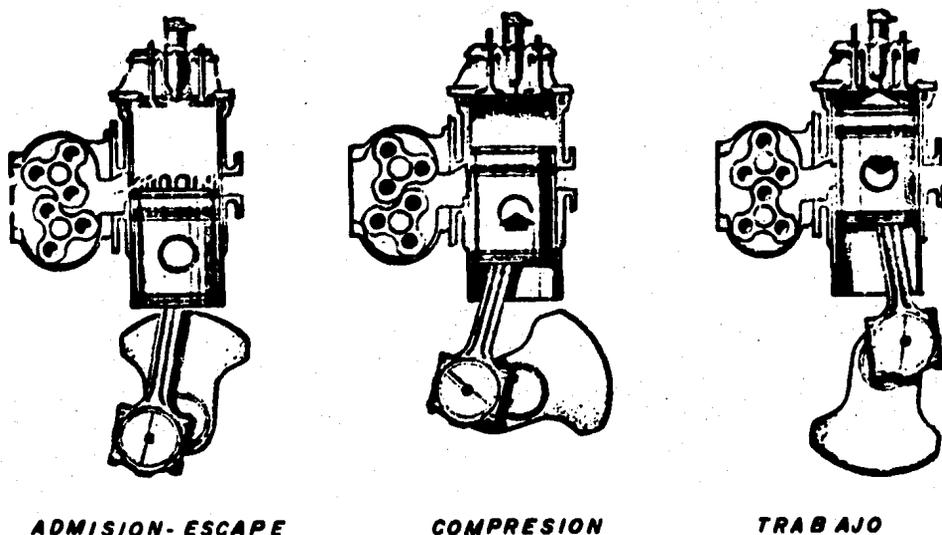


FIG. 2.3.- Sucesos en el cilindro para el ciclo de dos carreras, barrido -- cruzado.

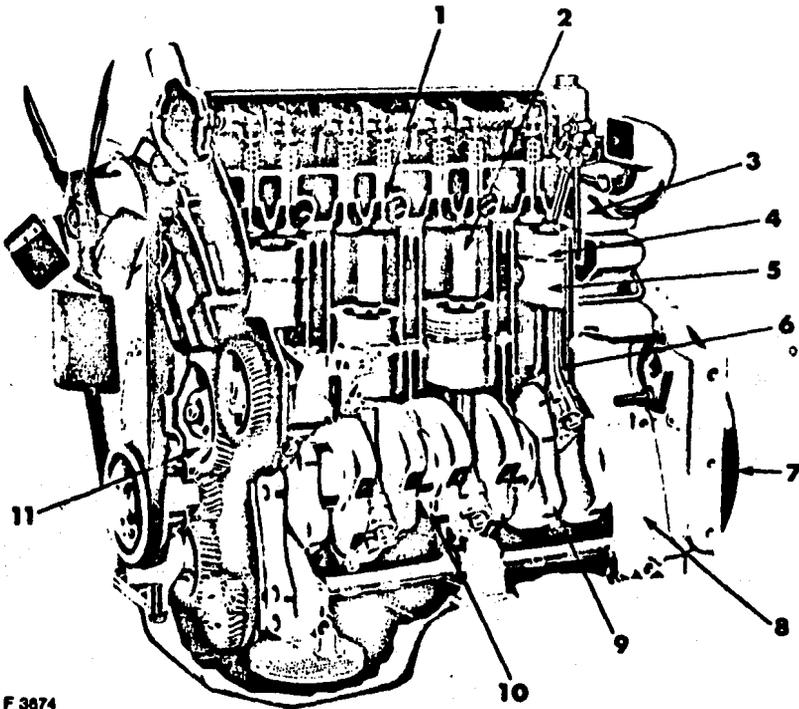
No existe diferencia en cuanto a la estructura, entre los motores encendido -- por chispa (ECH) y los motores encendido por compresión (EC), ambos tienen un mecanismo de biela-manivela con el que se logra el movimiento rotatorio de la flecha que suministra la potencia a un equipo dado, este movimiento se debe al

desplazamiento alternativo del pistón que se mueve dentro de su cilindro. Así en motores de ECH y de EC, se encuentra una bancada que la constituyen los cilindros del motor, una cabeza o culata que es la parte superior del motor y — forma con los cilindros la cámara de combustión, un cigueñal al cual están sujetas las bielas del mismo motor, pistones árbol de levas para la apertura y — cierre de las válvulas de admisión y escape, sistema de enfriamiento (generalmente por medio de agua), sistema de lubricación al cual es indispensable para evitar el rápido desgaste de las piezas que se encuentran en contacto y con — alto coeficiente de fricción, y otros sistemas auxiliares para el funcionamiento del motor.

Lo que hace diferente a un tipo de motor de otro, es el método de inflamación de la mezcla, pues en los motores ECH se requiere de una fuente de alto voltaje para lograr el encendido de la mezcla, además de otros dispositivos auxiliares como son un carburador, un distribuidor en el cual se encuentran otros elementos como son los platinos y el condensador, en tanto que en los motores — EC, motores diesel principalmente, la contraparte es un sistema de suministro de combustible que hace las veces de inductor de combustible y dosificador.

Los sistemas que hacen en sí diferente a un tipo de motor del otro, son los — que describirán en los siguientes párrafos.

En la Figura 2.4 se encuentran ilustrados los componentes de ambos tipos de — motores.



F 3074

1 - Válvulas
2 - Cilindros
3 - Culata

4 - Segmento
5 - Pistón
6 - Eje

7 - Volante
8 - Bloque de cilindros
9 - Cigüeñal

10 - Cojinete de bancada
11 - Distribución

FIG. 2.4.- Componentes de un motor de combustión interna.

COMBUSTIÓN.

Bajo ciertas condiciones de presión y temperatura, al combinarse un combustible con oxígeno, en una determinada proporción, se produce el fenómeno de combustión, cuya característica principal es la de producir gran cantidad de calor durante la reacción química.

La combustión puede desarrollarse como un proceso lento o extremadamente rápido dando lugar a una explosión cuando la velocidad de propagación de flama es muy elevada.

El oxígeno necesario para oxidar una determinada cantidad de combustible, es —

tomado del aire atmosférico, por lo que en la mezcla también se encuentran otros gases que no intervienen en la reacción y que solo absorben energía durante el proceso, tales gases son el Nitrógeno, Argón y otros gases raros cuya proporción, así como la del oxígeno, se muestra en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1.- ANALISIS EN PESO DEL AIRE SECO

1	2	3	4	5	6
Gases en el aire	Análisis volumétrico en porcentaje o en moles por 100 moles de aire	Peso molecular, o kg por mol	Peso por 100 moles de aire en kg (2) × (3)	Peso en kg por kg de aire seco (4) <u>2 896.7</u>	Porcentaje en peso de aire seco (5) × 100
Oxígeno	20.99	32.00	671.7	0.2319	23.19
Nitrógeno	78.03	28.016	2 186.1	0.7547	75.47
Argón	0.94	39.944	37.6	0.0130	1.30
Óxido de carbono	0.03	44.003	1.3	0.0004	0.04
Hidrógeno	0.01	2.016	0.0	0.0000	0.00
Aire seco	100.00	(28.967)	2 896.7	1.0000	100.00

El calor generado durante la reacción química del combustible con el oxígeno es denominado calor de combustión, el cual se define como el calor generado cuando una unidad de combustible es quemada completamente. Existen dos tipos de calor de combustión, el calor de combustión a presión constante y el calor de combustión a volumen constante, ambos son determinados por medio de calorímetros.

El calor de combustión es también conocido como Poder Calorífico y del cual se distinguen dos tipos:

- Poder Calorífico Superior.
- Poder Calorífico Inferior.

Uno de los productos de combustión es el agua, que se forma al reaccionar combustibles que tienen como componente al Hidrógeno y dependiendo del estado del agua, líquido o vapor, recibe el nombre de Poder Calorífico Alto y Poder Calorífico Bajo del combustible respectivamente.

Para prueba de motores de combustión interna, en lo relativo a la determinación

de eficiencias es considerado el poder calorífico superior, aunque en realidad debe ser tomado en cuenta el poder calorífico inferior debido a que los gases producto de la combustión se encuentran a muy alta temperatura y por lo tanto, el agua se encuentra en estado gaseoso.

La diferencia entre el poder calorífico superior y el poder calorífico inferior es igual a la energía latente de vaporización del agua, a la temperatura de la prueba.

El poder calorífico de un combustible puede ser calculado conociendo su composición química, de acuerdo a la fórmula de Dulong modificada. Esta fórmula considera el calor de combustión de cada uno de los elementos del combustible y además la energía necesaria para romper el enlace del Carbono con el Hidrógeno, la cual es de 638.8 Kcal por Kgr., aproximadamente.

La fórmula de Dulong que se utiliza para cálculos de poder calorífico de hidrocarburos líquidos o gaseosos es:

$$Q_h = 3689 C + 15383.34 (H - O/8) + 10035.95 S - 638.8 \text{ Kcal/Kgr.}$$

Donde los símbolos de los diferentes constituyentes indican la proporción de cada uno de ellos en el combustible y el último término se refiere a la energía necesaria para la rotura del enlace del Hidrógeno y el Carbono.

Para combustibles líquidos pueden usarse fórmulas basadas en la gravedad específica, medidas en grados API.

Para gasolina:

$$Q_h = 4510.8 + 40 \times \text{°API} \quad \text{Kcal/Kgrm.}$$

$$Q_l = 4166.7 + 40 \times \text{°API} \quad \text{Kcal/Kgrm.}$$

Para Keroseno:

$$Q_h = 4543.86 + 40 \times \text{°API} \quad \text{Kcal/Kgrm.}$$

$$Q_l = 4228.19 + 40 \times \text{°API} \quad \text{Kcal/Kgrm.}$$

Para Diesel

$$Q_h = 4455.36 + 80 \times \text{API} \quad \text{Kcal/Kgrm.}$$

Los grados API es una escala de medida de la gravedad específica y que es una modificación de la escala Baumé, la cual está definida por la siguiente expresión:

$$Bé = 140/\gamma^3 - 130.$$

γ = gravedad específica.

El American Petroleum Institute establece la escala API para medida de la gravedad específica como:

$$\text{API} = 141.5/\gamma^3 - 131.5$$

La gravedad específica de los Hidrocarburos se incrementa al aumentar el peso molecular de los mismos. La relación entre ambos conceptos se muestra en la — Figura 2.5.

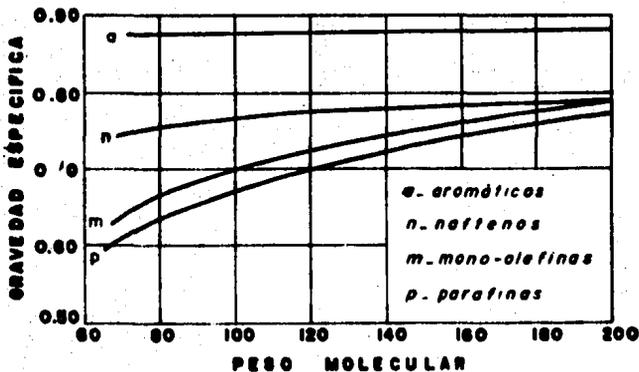
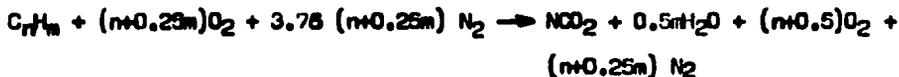


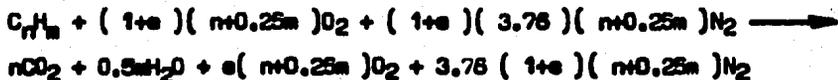
FIG. 2.5.- Relación entre el Peso Molecular y la Gravedad Específica de algunos Hidrocarburos.

Al efectuarse la combustión de una mezcla de aire-combustible se tiene la reacción química dada por la siguiente ecuación:



Una ecuación como la anterior se denomina Ecuación de Combustión y aporta datos valiosos para determinar rendimientos del combustible en un motor de combustión interna además de poder conocer la relación que guarda el aire y el combustible para que exista una reacción de combustión completa, entendiéndose por esto una oxidación completa del combustible utilizado en un motor dado. La proporción de aire-combustible obtenida por medio de la ecuación de combustión se conoce con el nombre de "Mezcla Teórica" y la cantidad de aire requerida para la reacción se denomina "aire teórico" de combustión.

La experiencia ha demostrado que no es con la mezcla teórica con la que se obtiene una combustión completa, debido a que dicha mezcla puede no ser homogénea por existir puntos de concentración de aire o combustible para asegurar una combustión completa, es decir una oxidación total del combustible, se suministra una cantidad extra de aire a la mezcla teórica, conocido como "exceso de aire" (e). En la ecuación de combustión se tendrá que considerar el exceso de aire que generalmente está expresado en porcentaje respecto a la cantidad de aire teórico, modificando la ecuación de combustión como sigue:



De acuerdo al tipo de combustible utilizado, puede ser expresada la ecuación de combustión en unidades de volumen si es gaseoso o unidades de masa si es sólido o líquido.

La relación en peso o volumen del aire respecto al combustible es la "relación aire-combustible" y expresa la cantidad de aire teórico por cada unidad de combustible existente en la mezcla. Teóricamente la relación aire-combustible de-

penden de la composición del combustible, prácticamente influye el mecanismo de mezcla de ambos y como son introducidos el cilindro de un motor para su combustión.

La relación aire-combustible en peso es:

$$r_{ap} = 137.6 (m+0.25m) (1+m) / (12nm)$$

donde se ha multiplicado el volumen del aire por su peso específico.

El análisis de los gases producto de la combustión proporciona información respecto a la eficiencia de la misma. El aparato de Oreat es el dispositivo usado para determinar la cantidad de los componentes del gas producto de la combustión, aunque tiene el inconveniente de no considerar el agua, es decir, debido a que el agua se condensa no está considerada dentro del porcentaje total y de esta manera aumenta mucho la proporción del Nitrógeno en el análisis.

En la combustión completa de Keroseno, se tiene el siguiente análisis de los gases de combustión en un analizador de Oreat:

CO ₂	14.6 %
N ₂	85.4 %

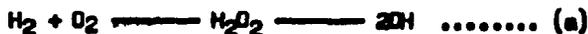
En tanto que el porcentaje teórico es:

CO ₂	12.61 %
H ₂ O	13.87 %
N ₂	73.52 %

La concentración de CO₂ en los gases producto de la combustión disminuye al aumentar el exceso de aire en la mezcla, como se muestra en la Figura 2.6.

El fenómeno de la propagación de la combustión es tema de investigación y en la actualidad, la teoría más acertada es la que supone que al iniciarse la reacción de combustión se forman productos intermedios que al mezclarse con la porción no quemada de la mezcla reaccionan con ésta continuando así el proceso de combustión hasta que no existen elementos para continuarla o cambian las condiciones de presión y temperatura que terminan con la reacción. Los productos

intermedios son denominados "portadores de cadena" y se supone los constituyen átomos de Hidrógeno y radicales Hidroxilo, teniéndose la siguiente transformación:



Con la aparición de nuevos radicales sirviendo como centro activo, la formación de H_2O puede resultar de reacciones como la indicada por las ecuaciones (b) y (c). Un radical OH puede formar moléculas de H_2O si se regenera n veces hasta que desaparezca.

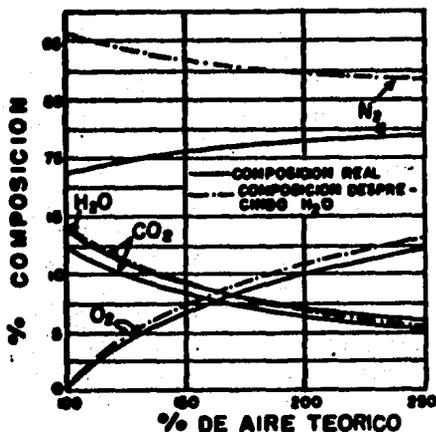


FIG. 2.6.- Análisis de los gases producto de la combustión.

La teoría de reacción en cadena sobre la formación de H_2O como consecuencia de los portadores de cadena explica la evidencia experimental que muestra que las mezclas de Hidrógeno y Oxígeno explotan a bajas presiones y reaccionan solo moderadamente a ciertas presiones mayores.

La velocidad de la reacción será controlada por el número de portadores de cadena inicialmente presentes y por la "longitud" de la cadena, esto es, el número

mero (n) de regeneraciones sufridas por el portador antes de su destrucción. - Véase que el átomo de O formado en la ecuación (b), puede reaccionar con H₂ — según la ecuación (c), proporcionando así portadores para dos o más cadenas. - La velocidad de la reacción será aumentada enormemente (y a temperatura constante) por dichas reacciones. Por otra parte, los portadores de cadena pueden destruirse:



Estos son ejemplos de las reacciones de "desdoblamiento de cadenas". La cadena puede también desdoblarse por otros métodos, por ejemplo, por la colisión de — los radicales con moléculas no reactivas o inertes (tales como el N₂ en el — aire). Por lo tanto, no necesita ser involucrada una superficie en una reac — ción en cadena desdoblada, la cual puede estar enteramente en la fase del gas.

MOTORES ENCENDIDO POR CHISPA (ECH).

Los motores de encendido por chispa son quizá de tipo más conocido debido a su gran utilización sobre todo en equipo de transporte como son los automóviles y camiones ligeros, donde la relación peso-potencia es pequeña y donde no intere — se el transporte de carga pesada sino el rápido desplazamiento de personal o — carga ligeras. También son muy utilizados en la aviación en pequeños aviones y helicópteros por las mismas características de peso y potencia.

El motor encendido por chispa más conocido, es el motor de gasolina. Este tipo de motor se fabrica de dos y cuatro tiempos dependiendo de la clase de equipo en que vaya a ser utilizado, siendo el de cuatro tiempos el que mayor aplica — ción encuentra en el ramo automotriz y otros equipos de diversa aplicación.

El ciclo termodinámico en que basa su funcionamiento este tipo de motor es el ciclo Otto el cual tiene cuatro fases para su desarrollo; admisión, compre — sión, combustión y escape.

Una representación típica del ciclo Otto en un diagrama termodinámico, teniendo como ordenada al volumen y como abscisa la presión, facilita sobremanera la comprensión del funcionamiento de un motor de gasolina. La Figura 2.7 muestra el diagrama.

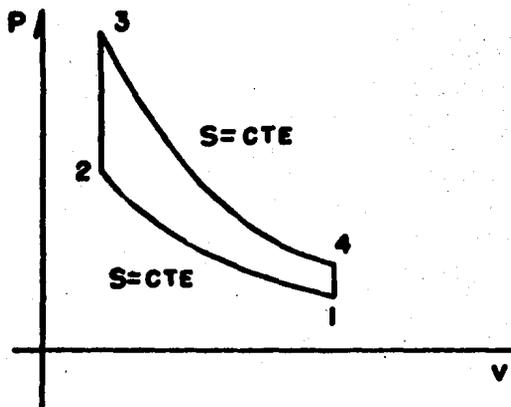


FIG. 2.7.- Diagrama Presión - Volumen del Ciclo Otto.

La Figura 2.8 indica el movimiento del pistón en cada una de las fases del ciclo así como la posición de las válvulas de admisión y escape.

La primera fase del ciclo la constituye la admisión de la mezcla aire-combustible durante la cual la válvula de admisión permanece abierta y el pistón se — desplaza desde su PMS hasta su PMI, enseguida se invierte el sentido del movimiento del pistón, comprimiendo la mezcla en tanto que ambas válvulas permanecen cerradas. La fase de compresión de la mezcla aire-combustible es muy importante, ya que tiene gran influencia en la velocidad de propagación de flama, — pues si el pistón y la cámara de combustión son adecuadamente diseñados, se — creará la turbulencia adecuada que además de hacer más homogénea la mezcla, — provocará una buena velocidad de propagación de flama.

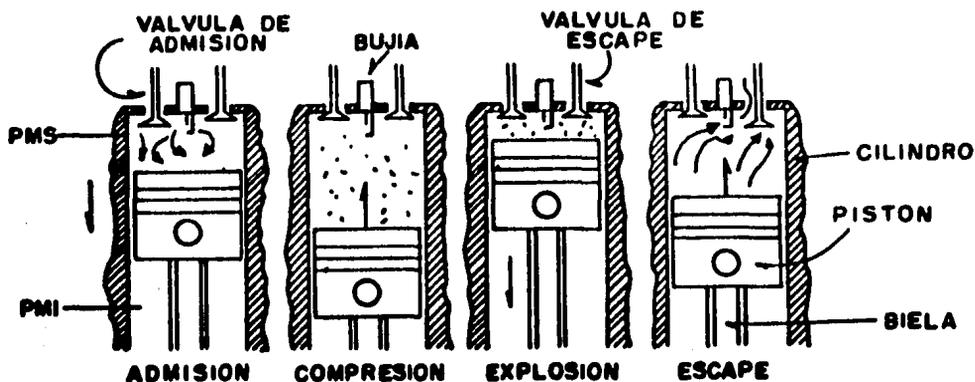


FIG. 2.8.- Fases del Ciclo Otto en un Motor ECH.

Unos grados de giro del cigüeñal antes de que el pistón alcance su PMS se produce la chispa que inflamará a la mezcla comprimida en la cámara de combustión. El arco eléctrico que se provoca entre los electrodos de la bujía tiene cierta duración, energizando solamente a la porción de mezcla que rodea a dicho arco y cuando ésta se inflama, se propaga a la porción de mezcla no quemada por el mecanismo ya conocido.

Debido a que existe un punto localizado en donde se inicia la combustión (electrodos de la bujía), las moléculas que están en la vecindad de ese punto son las energizadas en primera instancia al producirse el arco eléctrico, formando un frente de flama esférico y dando lugar a la existencia de una zona de alta presión respecto a la porción no quemada. Al propagarse la combustión de la forma ya indicada, la porción no quemada es comprimida por el frente de flama hasta un grado en que ésta alcanza su punto de autoencendido e iniciándose así la combustión de esta parte de la mezcla dando lugar a que se presente la detonación. La detonación es una onda de presión que se propaga a grandes velocidades y la cual ocasiona el fenómeno de golpeteo que daña seriamente la estructura del motor.

La Figura 2.9 muestra esquemáticamente el fenómeno descrito en párrafos anteriores.

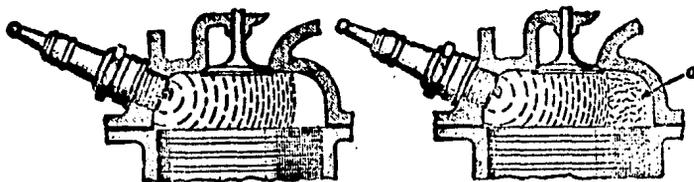


FIG. 2.9.- Fenómeno de Propagación de Flama y detonación de un Motor EDH, "a" es un punto donde se autoincendia la mezcla debido a la alta presión y temperatura, ocasionado por la dilatación de los gases de la porción quemada.

De acuerdo a la más reciente teoría química, la detonación es producida por compuestos inestables que se forman durante la compresión de la mezcla, iniciándose así una combustión lenta, estos compuestos inestables, al ser comprimidos por el frente de flama, se incendian violentamente produciendo una onda de alta presión que viaja através del gas provocando vibraciones de alta frecuencia en el cilindro del motor.

Los factores que afectan la detonación son:

- 1.- Características del combustible.
- 2.- Condiciones de carga del cilindro.
- 3.- Relación de compresión.
- 4.- Ignición.
- 5.- Forma de cámara de combustión.

De los anteriores, los factores que tienen mayor influencia en la detonación son: relación de compresión, ignición y geometría de la cámara de combustión.

Al aumentar la relación de compresión, aumenta la presión desarrollada por la combustión de la mezcla y por lo tanto, aumenta la probabilidad de que se presente la detonación. Lo mismo ocurre con la temperatura pues esta depende de la presión y aumenta con ésta según la función, por la que la porción no quemada de combustible será comprimida a mayor presión y, estando a mayor tempera -

tura fácilmente se producirá la detonación. La intensidad del golpeteo producido por la detonación se incrementa notablemente con el aumento de la relación de compresión como puede apreciarse en la figura 2.10.

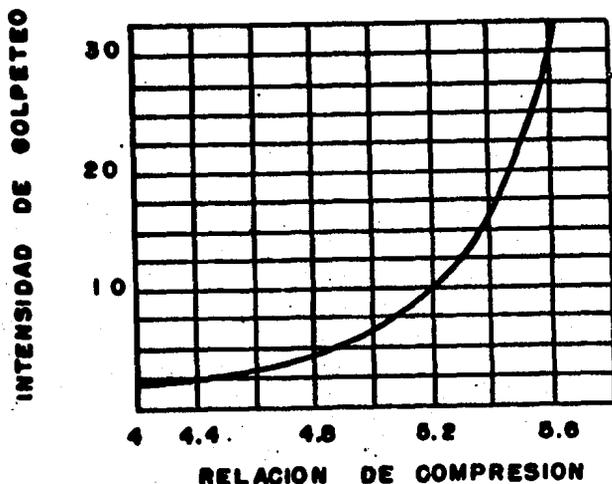


FIG. 2.10.- Intensidad de golpeteo en función de la relación de compresión.

La eficiencia térmica y la potencia de un motor aumentan al incrementar la relación de compresión en el ciclo, pero habrá mayor probabilidad que se presente la detonación. La relación de compresión permisible es aquella en donde existe un golpeteo apenas audible, lo que significa detonación incipiente.

La ignición de la carga (porción aire-gasolina) que se admite durante cada ciclo, debe iniciarse antes de que el pistón alcance su PMS para que cuando se alcance la máxima presión desarrollada en la cámara, el mismo pistón inicie la carrera de trabajo y sea aprovechada al máximo la energía transmitida al cigüeñal. Este adelanto en el suministro de la chispa se conoce en el medio técnico con el nombre de avance. El avance no debe ser muy anticipado porque se generaría una fuerza opuesta al sentido del movimiento del pistón. La Figura 2.11 es una relación entre la presión desarrollada en la cámara de combustión y el avance.

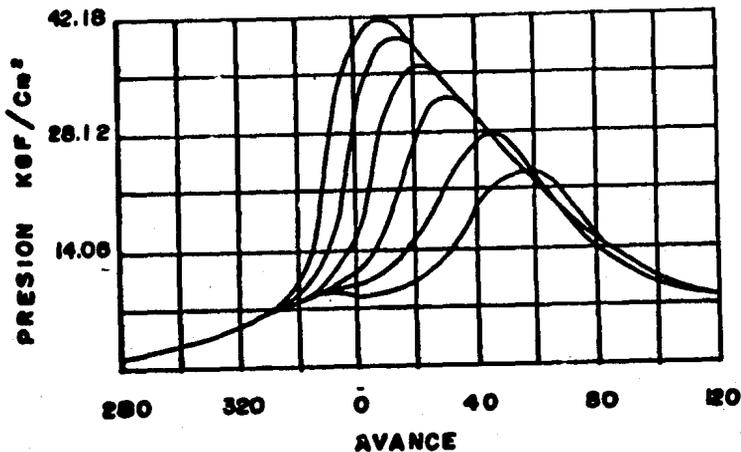


FIG. 2.11.- El avance influye en la presión desarrollada por los gases de combustión en la cámara.

Si sucede que el avance es muy pronunciado, es decir si se provoca la chispa con mucha anticipación al momento en que el pistón alcance su PMS, la presión máxima se desarrolla instantes antes que ésta llegue a su estado de reposo momentáneo y aumenta considerablemente por la compresión que sufre la porción no quemada y los gases de combustión, alcanzando la primera su temperatura de auto-encendido, facilitando la detonación. Experimentalmente se ha determinado que el avance con el cual se obtiene la presión máxima de combustión es de 35 grados de giro del cigüeñal antes que el pistón alcance su PMS.

Se puede expresar el ángulo de avance con el cual se obtiene una combustión más eficiente, si se conoce la velocidad de flama, la velocidad angular del cigüeñal y la distancia desde el punto de ignición hasta el punto más alejado de la cámara de combustión utilizando la relación siguiente:

$$\alpha^{\circ} = 0.75 \times 360 \times n \times s/60 \times 12 \times C_1$$

$$\alpha^{\circ} = 0.375 ns/C_1$$

La constante 0.75 aparece debido a que el 50% de la mezcla se quema durante el

75% del tiempo total requerido para la combustión. En motores actuales , — que es el ángulo de avances, varía de 10 a 40 grados.

La gráfica de la Figura 2.12 muestra una curva que relaciona el avance de la — chispa con la intensidad del golpeteo producido por la detonación.

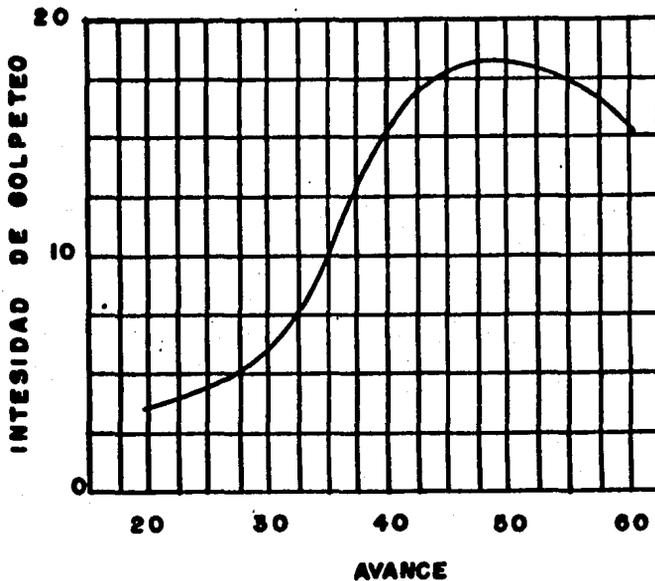


FIG. 2.12.- Si el avance es muy pronunciado, se presenta una mayor portabilidad de golpeteo.

La cámara, para que facilite una buena combustión debe satisfacer algunos requisitos como son una alta eficiencia térmica, alta potencia y una operación — uniforme del motor.

En resumen, una cámara de combustión debe ser compacta, construida con materia — les que faciliten la transmisión de calor (alta conductividad térmica) per — mita altas relaciones de compresión, provoque una adecuada turbulencia, espacio de combustión pequeño que elimine largas distancias de recorrido de flama y una apropiada localización de la válvula de escape. La localización de la válvula

de escape influye grandemente en la prevención de la detonación, en motores modernos de alta velocidad, ésta se encuentra localizada cerca de la bujía, para evitar que haya puntos calientes que provoquen el autoencendido de la porción no quemada de la mezcla. El diseño original de este tipo de cámara de combustión se debe a Ricardo, quien visualizó la influencia que sobre el grado de detonación tiene la localización de la válvula de escape, ya que ésta se encuentra a temperaturas de 450 a 500 grados Celcius.

Los motores modernos tienen localizadas las válvulas de admisión y escape en la culata por ser el mecanismo de movimiento de apertura y cierre de las mismas más sencillo que el que se necesita para motores de cabeza en L y en F con válvulas a la bancada unas y a la cabeza otras.

La Figura 2.13 muestra la disposición de las válvulas en la cabeza de la mayoría de los motores modernos.

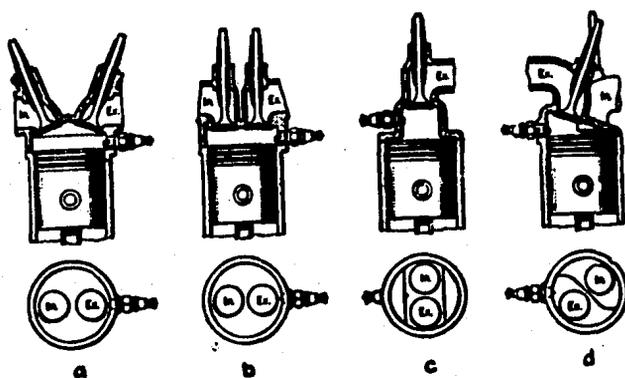


FIG. 2.13.- Disposición de las válvulas en la mayoría de los modernos motores-ECH.

La última fase del ciclo la constituye la carrera del escape con la cual se cierra el ciclo termodinámico.

Durante esta fase, permanece abierta la válvula de escape y la de admisión cerrada. Si no existe un diseño adecuado del mecanismo de apertura y cierre de ambas válvulas puede haber paso de los gases de combustión hacia el dispositivo mezclador de aire y combustible, ocasionando con esto que haya disolución -

de la mezcla y por lo tanto no sea adecuada la relación aire-combustible empujándola y aumentándose la probabilidad de golpeteo producto de la detonación.

PRINCIPIOS DE CARBURACION.

En los motores de gasolina, el dispositivo utilizado para efectuar la mezcla aire-combustible es comúnmente conocido como carburador, éste debe reunir ciertas características que permitan aprovechar al máximo la mezcla cuya formación tiene lugar en él mismo, lo cual se traduce en un mayor rendimiento del combustible y por lo tanto mayor eficiencia del motor.

En el carburador, el combustible es mezclado con el aire, atomizado y vaporizado antes de ser introducido a la cámara de combustión. Cuando algunas partículas de combustible no son vaporizadas, al ser introducidas dentro del cilindro, son llevadas al estado gaseoso durante la carrera de compresión, con la cual se inicia el ciclo termodinámico que rige el funcionamiento de este tipo de motor. La mezcla del aire y el combustible se lleva a cabo cuando se produce un alto vacío en la cámara de combustión por el efecto de succión que produce el pistón al desplazarse desde su PMS hasta su PMI y gracias a la comunicación que existe entre el carburador y la cámara a través de un conducto cuya apertura y cierre es debido a la válvula de admisión que a su vez, es accionada por un mecanismo de levas.

La velocidad del aire que entra al carburador es aumentada al darle forma venturi al conducto principal del carburador y en las inmediaciones del cual se encuentra un orificio que suministra el combustible, el que es prácticamente arrastrado por la corriente de aire que entra al carburador. La cantidad de combustible que puede ser arrastrada por el flujo de aire depende de la velocidad del mismo y de las propiedades físicas del combustible como son su viscosidad, peso, densidad y otras; lo mismo que por las características del orificio a través del cual fluye el combustible. El flujo del aire es controlado por una válvula de mariposa que permite el mayor o menor flujo de aire que entra al carbu-

rador y la cual es controlada manualmente u automáticamente dependiendo de la máquina que es alimentada por el motor en cuestión.

En vehículos el diseño del carburador debe ser más cuidadoso y sofisticado por las condiciones de carga y velocidad a que está sujeto el motor. Algunas de las condiciones que debe satisfacer este tipo de carburador son:

- 1.- Permitir el fácil arranque del motor.
- 2.- Habilidad para proporcionar la potencia máxima del motor inmediatamente después de su arranque.
- 3.- Proporcionar buena aceleración.
- 4.- Economía de combustible.
- 5.- Suministrar potencia suficiente a altas revoluciones del motor.

Los anteriores requisitos pueden resumirse en los siguientes términos: un buen carburador debe producir automáticamente una relación de aire-combustible adecuada a todas las velocidades y a todas las cargas.

Un carburador simple, la disposición de sus componentes se ilustra en la Figura 2.14.

Al abrir o cerrar la válvula se aumenta o disminuye el flujo de aire, al aumentar el flujo y por lo tanto, la velocidad del aire, una mayor cantidad de combustible tiende a ser arrestrada por la corriente y por lo tanto, aumenta la riqueza de la mezcla y no pudiendo ser la adecuada. Para compensar el aumento de combustible de la corriente de aire se propone un mecanismo que funcione automáticamente y que proporcione un flujo de aire extra al carburador. El mecanismo compensador puede ser una válvula auxiliar que automáticamente admita aire adicional a la mezcla cuando el flujo incrementa, o un orificio que permita un incremento en el flujo de aire y que esté comunicado con el depósito de combustible del carburador. Puede existir una combinación de los mecanismos con anterioridad mencionados.

El carburador de la Figura 2.15 muestra una válvula que opera automáticamente -

cuando aumenta el flujo de aire en el conducto principal del carburador, el resorte está calibrado a una determinada presión de succión provocada en el carburador.

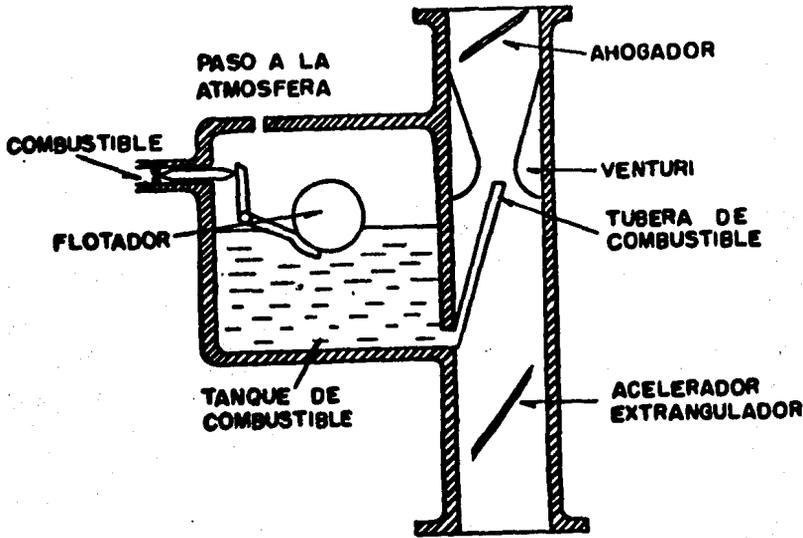


FIG. 2.14.- Componentes de un Carburador Simple.

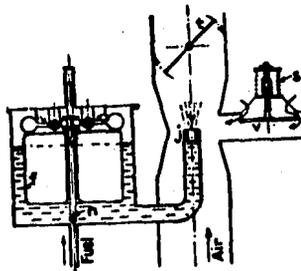


FIG. 2.15.- Carburador con válvula auxiliar para adición de aire.

En la Figura 2.16 se observa el conducto de aire adicional practicado al carburador con el fin de compensar el combustible extra arrastrado por la corriente

te de aire.

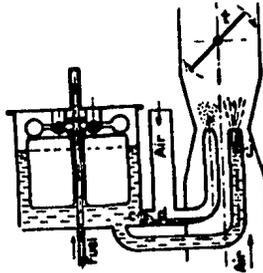


FIG. 2.16.- Carburador con un conducto adicional para compensar el exceso de combustible.

La tobera principal "j" está diseñada para proporcionar una mezcla uniforme, - pero cuando la carga sobre ella se incrementa, la mezcla tiende a enriquecer - se. La tobera auxiliar proporciona una mezcla pobre que compensa a la produci - da por la tobera principal. El combustible se proporciona a la tobera auxiliar a través del orificio de descarga "d" por gravedad.

Cuando un motor de gasolina es acelerado en el carburador se operan diferentes mecanismos para lograr el aumento de velocidad del motor. Se abre totalmente - la válvula de mariposa "t", localizada después de la garganta del venturi que se tiene en el conducto principal del carburador y se aumenta por lo tanto el flujo del aire, aumentando la riqueza de la mezcla que se introduce a los ci - lindros. La mezcla puede ser regulada por los mecanismos expuestos. Debido a - que al ser abierta totalmente la válvula de mariposa para el control de flujo, muchas fracciones de gasolina no son evaporadas antes de entrar al cilindro, - por lo que se depositarán en las paredes del múltiple de admisión y se formará una película de combustible, lo que puede ocasionar una mezcla pobre pero al - formarse esta capa las siguientes cargas de mezcla pueden ser compensadas al - arrastrar partículas de esta película y regularizar la mezcla.

Al ocurrir aceleraciones repentinas pueden utilizarse diversos mecanismos que permitan suministrar el combustible necesario para que la relación aire-combustible sea la correcta y el motor no se detenga, debido a que esta aceleración

repentina proporcionará una mezcla muy pobre ocasionando el fenómeno. Los mecanismos mencionados pueden ser:

- 1.- Una válvula de aire.
- 2.- Una bomba operada por la válvula.
- 3.- Una bomba operada por succión.

Los motores utilizados en ciertos equipos como son los vehículos, deben trabajar en diferentes condiciones climatológicas y debido a esto, puede ocurrir — que la temperatura del aire de entrada al carburador sea muy baja para lograr la vaporización del combustible y por lo tanto, ocasionar dificultades en el — arranque. Es necesario que el carburador posea un dispositivo que regule la — cantidad de aire de entrada al carburador de acuerdo a la temperatura del mo — tor y que esta sea la necesaria para evaporar el combustible requerido para su arranque. Además de las condiciones del aire en entrada al carburador, un mo — tor en sus diferentes periodos de funcionamiento, requiere de una mezcla aire-gasolina de composición diferente por lo que una válvula colocada antes de la garganta del venturi puede ser accionada automáticamente por un termostato, el cual de acuerdo a la temperatura abrirá o cerrará la válvula regulando con esto la cantidad de aire modificando la relación aire-combustible.

Los carburadores comerciales utilizados en motores de vehículos, generalmente — tienen un dispositivo para regular la relación aire-combustible y obtener la — deseada en determinadas condiciones de carga y de velocidad. Se construyen en diversos tipos, se encuentran carburadores verticales, horizontales e invertidos, siendo esta clasificación según la dirección del flujo de aire. En los — carburadores de tipo vertical, la corriente principal de aire fluye hacia arri — ba en tanto que los invertidos tienen el flujo de aire hacia abajo. El carbura — dor del tipo invertido tiene ciertas ventajas sobre los otros y una muy im — portante es que evita securrimientos de combustible, otra puede ser la fácil — colocación de un filtro de aire para prevenir la entrada de sólidos en la co — rriente de aire.

Para lograr la evaporación del combustible que se introduce a los cilindros, - se coloca el conducto de la mezcla (múltiple de admisión) en contacto con las paredes que forman el ducto por donde escapan los gases producto de la combustión (múltiple de escape) y que se encuentran a altas temperaturas, proporcionando estos la energía calorífica necesaria para vaporizar las partículas de combustible que se encuentran en suspensión. También intervienen otros factores en la vaporización del combustible, tales como la temperatura del aire de entrada al carburador, la combinación en la cámara de combustión de la mezcla - con gases productos de combustión que no hayan sido expulsados, las paredes del cilindro y la cabeza del pistón y finalmente, la compresión de la mezcla.

El calor proporcionado a la mezcla a través de los gases de combustión debe ser regulado pues la temperatura de estos varía según las condiciones de cargas y las revoluciones del motor, ver Figura 2.17.

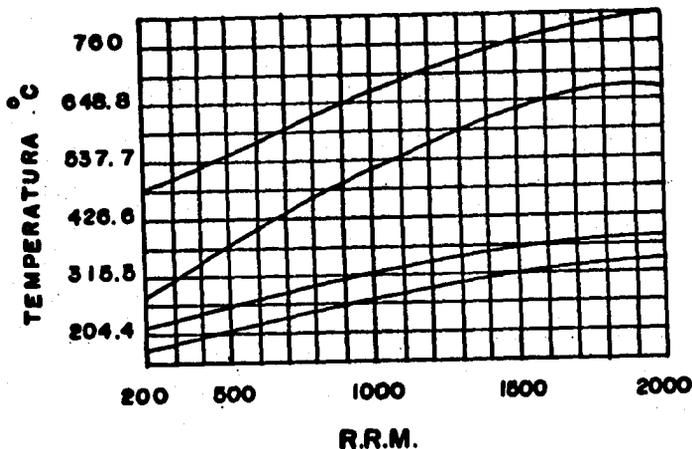


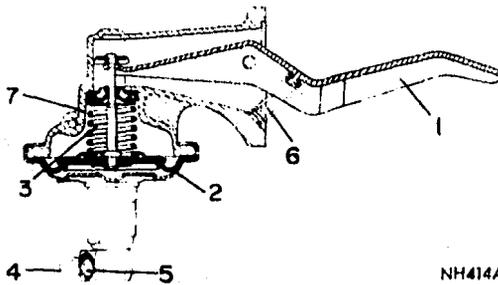
FIG. 2.17.- La temperatura de los gases producto de la combustión aumenta con las revoluciones del Motor.

Excesivo calor en la mezcla es indeseable por que reduce la cantidad que puede

ser admitida en la cámara de combustión por el aumento de volúmen que experimenta. La regulación de la temperatura de la mezcla se logra dosificando los gases de combustión que transmite por el múltiple de escape por medio de válvulas según las condiciones de carga y velocidad del motor.

Otros aspectos que deben ser cuidadosamente estudiados en la fase de diseño del carburador son la toma del aire y alimentación de combustible, en el primer aspecto el factor esencial es la adecuada distribución de la mezcla en los cilindros del motor pues ésta es dependiente de las revoluciones de aquél, de la inercia provocada por la velocidad de la corriente de aire y tamaño de los conductos de la mezcla. Una inadecuada distribución de la mezcla en los cilindros ocasiona problemas de balanceo en el motor cuando este es multicilíndrico, al tener más carga unos pistones que otros, el cigüeñal estará sometido a mayores esfuerzos en puntos localizados provocando vibraciones y fractura de la pieza señalada.

En lo referente a la alimentación de combustible al carburador, el problema ha sido resuelto con bastante eficacia con el uso de bombas de diafragma que sustituyen con largueza al sistema de presurización del tanque principal de almacenamiento de combustible, pues se hacía necesario el uso de un compresor y otros dispositivos (sellos, válvulas, tubería, etc.) que elevaban el grado de dificultad de operación y mantenimiento de este sistema. La bomba de gasolina del tipo de diafragma es accionada por un mecanismo de levas y la alimentación del combustible es intermitente dependiendo del nivel de combustible en el depósito del carburador. La Figura 2.18 es el esquema de una bomba de gasolina de tipo de diafragma con sus principales elementos.



NH414A

FIG. 2.18.- Elementos de una bomba de combustible tipo Diafragma.

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| 1.- Palanca. | 4.- Entrada combustible. |
| 2.- Diafragma. | 5.- Salida combustible. |
| 3.- Resorte del Diafragma. | 6.- Resorte del seguidor. |
| 7.- Cuerpo de la bomba. | |

MOTORES ENCENDIDO POR COMPRESION.

El tipo de motor encendido por compresión más conocido es el motor diesel. Tiene ciertas ventajas sobre los motores de gasolina que lo hacen más solicitado para ser utilizado en la operación de maquinaria pesada.

Las ventajas que sobre los motores ECH tiene el motor diesel, son:

- 1.- Suministran mayor potencia.
- 2.- Disminuyen el riesgo de incendio.
- 3.- Usan mayores relaciones de compresión.
- 4.- Relativo bajo costo del combustible.

Al igual que los motores de gasolina, los motores diesel se fabrican en diferentes tamaños y capacidades, aunque éstos se encuentran de mayor potencia respecto a los primeros y se encuentran motores de mayor número de cilindros, en tanto que aquellos tienen un número máximo de ocho por limitaciones en el sistema de distribución de la chispa.

Por la razón que el fenómeno de combustión es diferente a lo ocurrido en los - motores ECH y el sistema de suministro de combustible también difiere, básicamente se describirá el fenómeno de combustión y el sistema de suministro de combustible en el motor diesel.

El ciclo termodinámico del motor diesel fue concebido por Rudolph Diesel, - - quien tuvo la idea de utilizar un combustible con bajo punto de ignición que - al ser comprimido en la cámara de combustión pudiera autoincendiarse.

El ciclo Diesel tiene cuatro fases para su desarrollo y en la fase de admisión solo es aire el fluido que se introduce a la cámara, el cual al ser comprimido eleva su temperatura considerablemente, lo cual es aprovechado para inyectar - el combustible y lograr la combustión al penetrar éste en el seno del aire caliente.

El ciclo termodinámico está representado en un diagrama presión-volumen en la Figura 2.19 y el cual distingue las diferentes fases de admisión, compresión, combustión y escape.

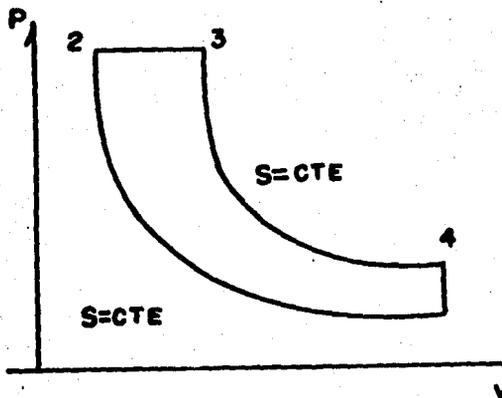


FIG. 2.19.- Diagrama termodinámico del Ciclo Diesel.

En el ciclo teórico tanto la compresión y la carrera de trabajo se suponen pro

casos isoentrópicos en tanto que la combustión ocurre a presión constante y al escape a volumen constante.

El proceso de combustión en el motor diesel es diferente en cuanto al proceso de propagación de flama, ya que a diferencia de los motores ECH en donde existe un punto definido de inicio de la combustión y el frente de flama es aproximadamente esférico, en el motor diesel existen varios puntos en donde simultáneamente se inicia la combustión de la mezcla aire-combustible. El hecho de tener varios puntos de ignición en la mezcla hace que su proceso de inflamación sea considerado en varias etapas, distinguiendo las siguientes: inyección de combustible o periodo de demora, segundo estado o de combustión acelerada, tercer estado, también conocido como de combustión controlada y finalmente, el cuarto estado o de postcombustión, el cual no puede ser controlado y endonde la eficiencia de combustión es muy baja.

Periodo de Demora.- En este lapso de tiempo, que comprende desde el inicio de la inyección de combustible hasta el momento que se inicia la combustión, el combustible es introducido en el aire caliente, siendo atomizado, vaporizado y mezclado. La demora de encendido, como también se conoce a esta fase de la combustión, se ve afectada por varios factores que le harán más o menos corto, y los cuales son principalmente:

- 1.- Temperatura del aire en la cámara de combustión.
- 2.- Presión del aire confinado en la cámara.
- 3.- Grado de atomización del combustible.
- 4.- Avance de la inyección.
- 5.- Velocidad (rpm) del motor.

Cada uno de los factores anteriores tienen una influencia importante en el proceso de combustión y el comportamiento del periodo de demora se ve afectado — por ellos, lo que sugiere que el conocimiento de los mismos ayudará a obtener un rendimiento máximo posible del motor en cuestión.

Respecto al factor primero, el de la temperatura, la Figura 2.20 muestra con bastante claridad el comportamiento de la demora, siendo éste expresado en ángulos de giro del cigüeñal para un motor determinado aunque la experiencia con otros motores confirma la información proporcionada por esta gráfica.

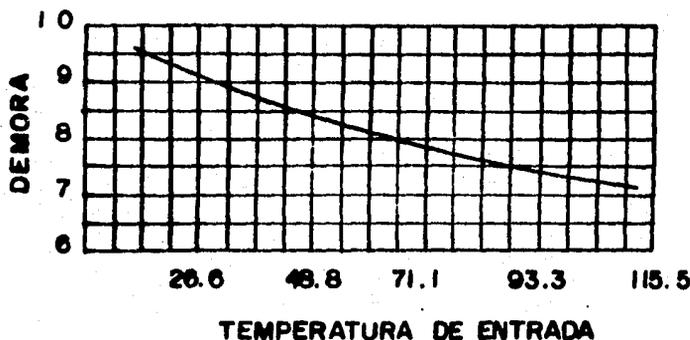


FIG. 2.20.- Relación entre la temperatura del aire en la cámara de combustión y la demora.

La atomización del combustible es uno de los puntos importantes en cuanto a la disminución o aumento de la demora pues influye el tamaño de las partículas de combustible, ya que cuanto menor sean éstas, es más fácil evaporarlas. La atomización es un problema de diseño de la tobera de inyección y cámara de combustión, las cuales deben crear la turbulencia adecuada para provocar un alto grado de fricción entre las moléculas de aire y de combustible para lograr partículas pequeñas de éste.

El comportamiento del ángulo de avances, se aprecia en la gráfica de la Figura 2.21, la cual muestra el aumento de la presión respecto al giro del cigüeñal. Experimentalmente se ha encontrado un ángulo de avances óptimo de 11.5° antes del punto muerto superior, en donde se logra el máximo aumento de presión y — antes o después del cual crece el período de demora.

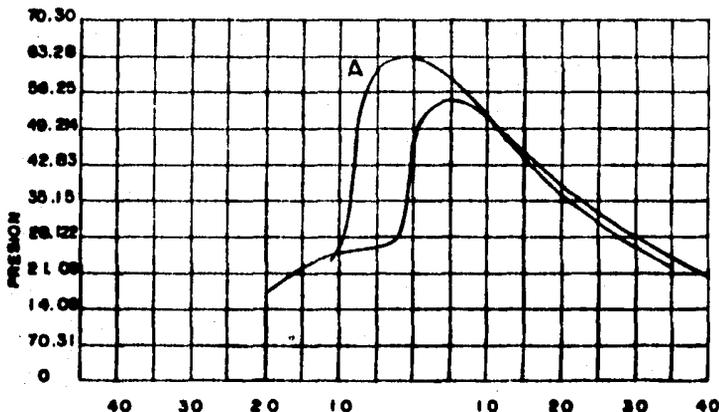


FIG. 2.21.- Ángulo de avance de la inyección Vs. la presión desarrollada en la cámara de combustión. La máxima presión desarrollada en la cámara de combustión se obtiene con un avance de $11,5^\circ$ antes del FMS. - - Curva "A".

La gráfica de la Figura 2.22 muestra que con un aumento de la velocidad angular del cigüeñal disminuye la demora de encendido. El fenómeno puede explicarse de la manera siguiente; al aumentar las revoluciones del motor aumenta la velocidad de la corriente de aire que se introduce a la cámara de combustión, con un consecuente aumento de la turbulencia debido al corto periodo de introducción. Al aumentar la turbulencia de aire en la cámara, la propagación de las moléculas altamente energizadas a través del espacio de combustión, es muy rápida acortando con esto la demora de encendido pues dichas moléculas activan la mezcla no quemada y la llevan a las condiciones para que se efectúe la combustión.

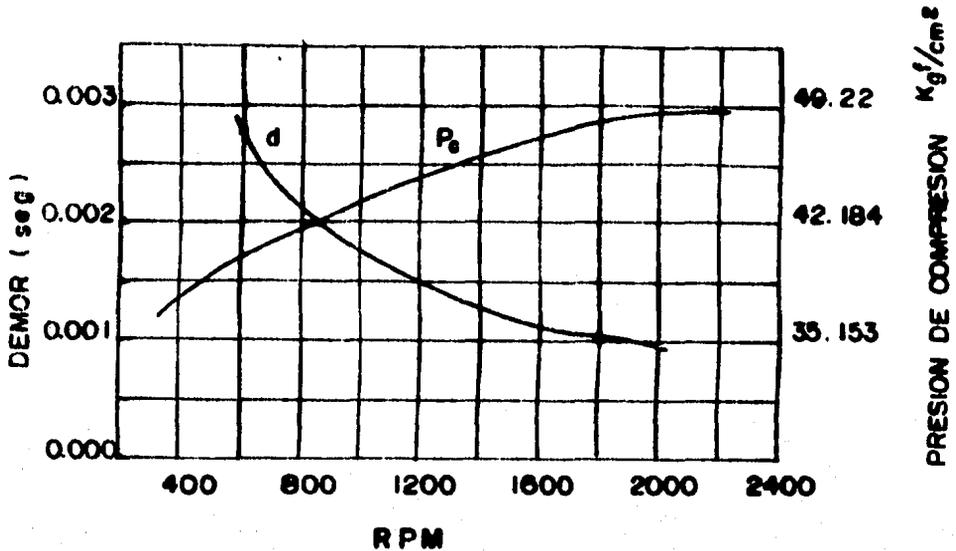


FIG. 2.22.- Comportamiento de la demora (d) y la presión de compresión (Pc) - desarrollada en la cámara de combustión en relación a la velocidad del motor.

Segunda fase o de combustión rápida.- Durante este período de la combustión, - se aumenta gradualmente la presión y la temperatura del fluido de trabajo controlando este aumento por medio de la dosificación de la cantidad de combustible introducido a la cámara. Se caracteriza este período por el hecho que casi la totalidad de la mezcla alcanza su punto de ignición, se continúa la combustión inyectando combustible para continuar el aumento de presión. El aumento de presión por grados de giro del cigüeñal se ve afectado por factores de diseño de la cámara de combustión, pero en la gran mayoría de los motores diesel no debe exceder de 2.38 Kg/Cm^2 por grado de giro de cigüeñal.

El término detonación no puede ser aplicado en este tipo de motor, es más correcto el término de golpeteo debido a que existen varios puntos de ignición - en la mezcla que prácticamente se autoincendian, pero no debido a que son com-

primidos, sino que como condición para el inicio de la combustión.

El tercer estado o de combustión controlada.- Este se refiere al hecho de continuar el proceso del cual se habla inyectando combustible después de que la totalidad de la mezcla alcanzó la combustión. La cantidad de mezcla quemada se controla con el grado de atomización del combustible y su distribución dentro de la cámara, la distribución es en función del número de orificios y de la dirección que tienen en la tobera. En esta fase de la combustión, se consideran otros factores que influyen en la eficiencia y en la potencia desarrollada por el motor. Se sabe que la combustión más eficiente ocurre cuando se introduce más del total del aire requerido para una combustión completa pero con esto se disminuye la potencia deseada en el motor. Existen varios métodos para conciliar estos factores en aparente contradicción. Algunos de los métodos son el uso de una precámara de combustión, mayores velocidades de inyección de combustible, corrientes extra de aire en la cámara o al uso de mayores presiones de inyección.

Cuarta fase.- Este último estado de la combustión no es deseable y está influenciado por dos factores, el exceso de aire y la turbulencia, ya que el exceso de aire significa baja potencia de salida, un buen método de acortar el período de combustión es crear adecuada turbulencia en la cámara de combustión hacia el final del proceso. Ahora bien, el mejor método de eliminarlo es el control adecuado del tercer estado de combustión.

El conocimiento del proceso de combustión en el motor diesel es importante para el diseño adecuado del equipo de inyección de combustible. Existen dos métodos de suministro de combustible a la cámara; inyección con aire e inyección mecánica o hidráulica. Los siguientes párrafos serán para describir algunos de los equipos más utilizados en los métodos mencionados.

Los métodos de inyección mecánica pueden dividirse en tres grupos:

- De presión constante o de conducto común.

- De sistema de distribuidor.

- De bomba individual con precámara de combustión.

El sistema de conducto común o de presión constante utiliza altas presiones e inyección para atomizar el combustible, en tanto que en los dos últimos sistemas mencionados se utilizan altas o bajas presiones según el equipo.

El sistema de presión constante, también llamado Sistema Vickers o Sistema de Acumulador, consiste en una serie de tubos, los cuales están conectados a la bomba de alta presión y a las toberas en cada cilindro. También se llama Sistema de Acumulador porque se mantiene más o menos constante la presión en el sistema, lo que se logra debido a la compresibilidad del combustible en los tubos y demás partes tales como el estrangulador y el cuerpo de la válvula de alivio.

La presión de compresión de la carga de aire es mucho menor que en el sistema de inyección por aire, usualmente entre 26.01 y 29.52 Kgf/Cm^2 .

La presión de ignición se eleva hasta 33.86 o 42.16 Kgf/Cm^2 debido a su dificultad para obtener una verdadera presión de combustión constante con el sistema de inyección mecánica del combustible y parcialmente debido al incremento de la presión media como un incremento de la eficiencia térmica. Las presiones de inyección varían de 224.9 a 351.5 Kgf/Cm^2 y en algunas es tan baja como de 119.51 Kgf/Cm^2 .

En el sistema de distribuidor, el combustible es alimentado por medio de un distribuidor rotatorio o bombas individuales para introducción a los cilindros del motor dado. De los varios sistemas de distribuidor encontrados en motores americanos, probablemente el Sistema Cummins sea el mejor.

En el sistema que utiliza precámaras de combustión, el espacio de compresión se ha dividido en dos partes, una formada por el espacio entre la parte superior del pistón y la cabeza del cilindro y la otra formada por una pequeña cavidad practicada en la cabeza del cilindro y conectado a la cámara principal por un conducto restringido. El combustible es inyectado en la precámara durante la

carrera de compresión en el momento oportuno. Entonces el combustible es evaporado, antes de ser inflamado en la cámara de combustión, en la precámara. En un momento dado, se produce la ignición parcial pero es suficiente para elevar la presión y desplazar el resto del combustible a la cámara de combustión, completando la combustión.

La presión de inyección del combustible pueden ser considerablemente bajas, del orden de 70.3 a 105.45 Kgf/Cm² aunque algunas máquinas pueden usar altas presiones.

Las ventajas que presenta este sistema son entre otras, que el tiempo de inyección no requiere ser muy exacto y se crea una turbulencia eficiente en la descarga del combustible a la precámara de combustión. La contra-parte a ello es que la combustión no puede ser controlada y existen dificultades en obtener una alta presión media efectiva.

Los equipos de inyección de combustible deben satisfacer los requisitos exigidos para el funcionamiento adecuado del motor en el cual vayan a usarse y los cuales son:

- 1.- Introducción de la cantidad exacta de combustible a la cámara.
- 2.- Período de inyección corto.
- 3.- Control de la cantidad de combustible inyectado.
- 4.- Atomización.
- 5.- Buena distribución del combustible en el espacio de combustión.

La cantidad de combustible inyectado debe ser calculado para ciertas condiciones de operación del motor y debe ser la que resulte en menor costo al producir la potencia necesaria. El peso del combustible puede ser conocido por medio de la siguiente expresión:

$$W_c = W_n N_i / 120n$$

Donde:

W_c = Peso del combustible inyectado.

W_n = Consumo de combustible en Kgrw por hp-hr

i = Número de carreras por ciclo.

N = Número de hp por espacio de combustión.

n = Revoluciones por minuto.

La compresibilidad del combustible está definida por la relación siguiente:

$$b = \frac{v_1 - v_2}{v_1 (p_2 - p_1)}$$

Donde b es aproximadamente igual a 3×10^{-6} si p_2 y p_1 se expresan en Psi.

La eficiencia volumétrica de una bomba de combustible depende de:

- 1.- Huelgo existente entre el vástago y el barril.
- 2.- Presión de inyección.
- 3.- Número de carreras por minuto.
- 4.- Viscosidad del combustible.
- 5.- Presión del combustible enviado a la bomba.

La influencia que sobre la eficiencia volumétrica tiene la viscosidad del combustible no es muy importante, ya que los maquinados tan precisos que existen en la actualidad no son mayores de 0.000254 Mm.

Un incremento de precisión en la bomba de transferencia de 0.10545 Kgf/Cm² a - 3.1635 Kgf/Cm² incrementa la eficiencia volumétrica de 1 a 2 %.

En términos generales, con bajas presiones de inyección (105.45 - 119.51 Kgf/Cm²) y un huelgo normal. La eficiencia volumétrica es de aproximadamente 95% y baja a 85% cuando se incrementan las presiones de inyección hasta 298.775 Kgf/Cm².

Si se tiene muy baja viscosidad del combustible, se tienen eficiencias de hasta 75 %.

Inyección de Combustible con Aire.- Consiste en la introducción de una corriente de aire a la vez que se inyecta combustible a la cámara, logrando con esto buena atomización del combustible y disminuyendo la demora de encendido. Los primeros intentos del uso de este método los hizo Rudolph Diesel, obteniendo buenos resultados y una alta eficiencia de combustión, pero el problema principal que presenta este método es el uso de equipo extra cuyo elemento principal es un compresor al cual debe ser proporcionado un adecuado mantenimiento por parte del personal especializado, para que el aire comprimido que proporcione sea de la presión requerida y obviamente mayor de la que posee el aire confinado en la cámara de combustión, encareciendo el método y disminuyendo la potencia útil del motor puesto que este es el primotor de aquél. La fabricación de este tipo de equipo ha disminuido considerablemente pues los nuevos sistemas de inyección mecánica los han desplazado por su alta eficiencia.

Una bomba de inyección para introducción de combustible con aire se muestra en la Figura 2.23.

La leva "e" mueve al vástago "p" por medio del pistón "c", S es la válvula de succión y "d" es la descarga, "f" es la línea de combustible que conecta a la tobera de inyección, en tanto que "a" es un vástago auxiliar que impide el cierre de la válvula de succión durante el desplazamiento ascendente del vástago "p" en la carrera de succión de combustible. Al desplazarse el vástago "p" desde su punto muerto superior, se inicia la inyección, cerrando la válvula de succión y abriendo la de descarga. Los eslabones "g", "h", "i" y "k", son controlados por el gobernador y tienen como función elevar o hacer descender al vástago auxiliar "a", cambiando con esto el instante de apertura de la válvula de succión que funciona también como de alivio.

Para la introducción de la cantidad de combustible necesaria por ciclo de acuerdo con la carga que maneje el motor es entregada por la bomba de alimentación y su control se lleva a cabo usando cualquiera de los siguientes métodos:

1.- Cambiando la longitud de la carrera del émbolo de la bomba.

2.- Derivación de flujo de combustible por medio de una hélice.

3.- Derivación de flujo de combustible por medio de una válvula.

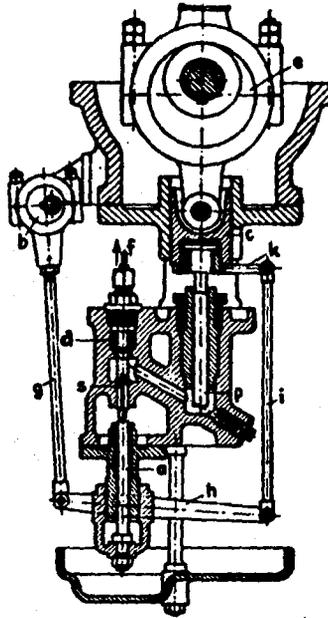


FIG. 2.23.- Bomba de inyección de combustible que utiliza aire a presión.

Si X designa la fracción útil de la carrera "s" del émbolo, y "d" es el diámetro, entonces el desplazamiento útil puede ser presentado con la siguiente expresión:

$$0.785 d^2 s \eta_r x = V_c + (V_1 - V_2)$$

Donde:

V_1 = Volúmen de combustible en la bomba a la presión de succión.

V_2 = Volumen de combustible a la presión de entrega.

La eficiencia volumétrica η_r en una bomba nueva es aproximadamente de 0.96 en tanto que después de cierto uso baja a 0.90.

La bomba mostrada en la Figura 2.23 es del tipo de vástago, en años recientes el vástago estaba acondicionado con sellos, pero en la actualidad los nuevos diseños eliminan estos sellos, sustituyéndolos por vástagos altamente pulidos. Los vástagos son accionados por una leva y retornan a su posición utilizando un resorte.

La demora de encendido en los motores que utilizan inyección con aire es menor respecto a los que usan inyección mecánica, por efecto de atomización del combustible y por la turbulencia adicional creada por la corriente de aire introducida a la cámara en compañía del combustible.

La cantidad de combustible quemado respecto a la cantidad inyectada lo representa la curva $x = f(x)$ en tanto que el total de combustible inyectado es la curva dada por $y = f_1(x)$ de la Figura 2.24. El período de inyección se extiende hasta 40° de giro del cigüeñal, en tanto que el período de combustión cubre 78° . La distancia horizontal entre las dos curvas indican retardo que existe desde que el combustible es inyectado hasta que es quemado, las cuales se incrementan hacia el final de la combustión. El motor para el cual se tomaron los datos asentados en la gráfica se operó a 216 RPM proporcionando un retardo en el encendido de 0.029 Seg.

Atomización.- La duración de la inyección de combustible en un motor diesel no va más allá de los 40° de giro del cigüeñal a partir del inicio de la inyección y considerando que la finalización de la combustión no ocurre más allá de los 80° , lo cual significa una demora de 0.057 Seg. a 200 RPM y de únicamente 0.074 Seg. a 1800 RPM. Este excesivamente corto período de tiempo requiere una muy fina atomización del combustible.

Para obtener la adecuada atomización, las toberas tienen una aplicación especial, las cuales presentan una gran resistencia a el flujo de aire y combustible y dan valores de Q de 0.6 y 0.5.

La cantidad de aire necesaria para inyectar y atomizar el combustible es a proximadamente de 6 a 8 por ciento de la carga de aire calculada.

La velocidad teórica del aire que fluye através de un espacio abierto con una

presión P_1 a otro espacio con presión P_2 , se puede calcular con la expresión siguiente:

$$v = 0 \sqrt{2g \frac{k}{k-1} R T_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

Donde P_2 es menor que la presión crítica $P_{cr} = 0.53 P_1$

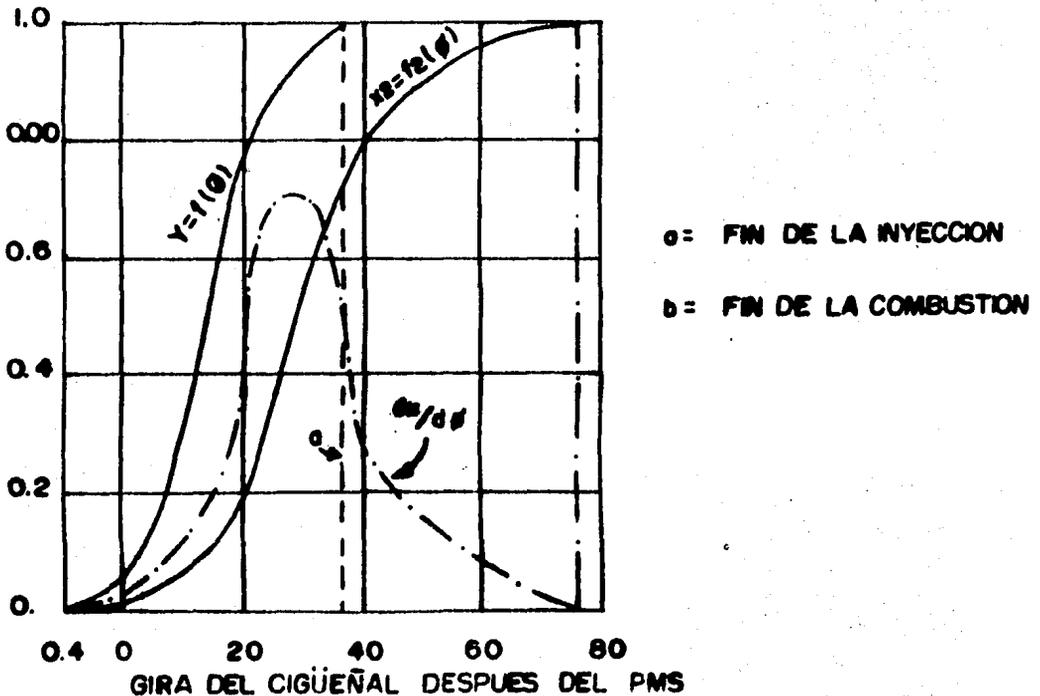


FIG. 2.24.- Demora de la combustión en un Motor Diesel.

Comparando la energía aplicada para "romper" el chorro de combustible en diminutos glóbulos con la energía total para impulsar el aire, se observa que únicamente el 3 por ciento de la energía necesaria para la atomización propiamente.

Por lo tanto, el resto de la energía es utilizada para crear la turbulencia que propaga la combustión.

Para una combustión completa, las partículas (glóbulos) del combustible deben ser distribuidas uniformemente através de todo el espacio de combustión, ya que esto en realidad es imposible, debe introducirse exceso de aire para que la combustión sea completa.

En cuanto al tiempo de encendido como se muestra en la Figura 2.24, si existe una muy buena atomización, existe un atraso entre la inyección y la ignición, y la inyección debe iniciarse un poco después que el pistón llega al punto muerto superior, algunos 2 o 10° de giro del cigüeñal, dependiendo de las características del combustible, la velocidad de giro del cigüeñal, la relación de compresión y el tamaño del motor.

Las válvulas de inyección o toberas pueden ser de dos tipos; tipo abierto y tipo cerrado. Las toberas cerradas tienen un resorte que actúa sobre la válvula - cerca al orificio de descarga y la inyección es controlada mecánicamente por medio de levas y seguidores.

En las toberas de tipo abierto, el combustible suministrado en el espacio está constantemente comunicado con la cámara de combustión.

La ventaja principal de las toberas abiertas es que la bomba que suministra el combustible no efectúa ningún trabajo, en contraste con la alta presión de inyección, pero únicamente en contraste con la relativa baja presión en el cilindro durante el principio de la carrera de compresión. Una seria desventaja de las toberas abiertas es que pueden ser usadas únicamente cuando se localizan -- horizontalmente.

Inyección mecánica. - El método de introducción de combustible es similar a los de inyección con aire y los métodos de control del combustible que se suministra a los cilindros, excepto para motores con inyección mecánica de presión -- constante, en la cual el combustible es introducido directamente mientras se -

encuentre abierta la válvula de inyección misma.

Una particularidad de la inyección mecánica es el tiempo de atraso de la ignición. Independientemente de la forma y construcción de la tobera y del peso del combustible, la inyección mecánica generalmente proporciona una atomización gruesa y requiere un avance de 10° a 30° antes del punto muerto superior. El ángulo de avance de la inyección depende de muchos factores, tales como características del combustible, método de inyección del sistema, revoluciones por minuto del motor y el diseño del espacio de combustión. Este último factor únicamente puede determinarse por experimentación.

Una gráfica que indica la influencia de las revoluciones del motor sobre el retardo del encendido se aprecia en la Figura 2.25. La prueba que reportó los datos incluidos en dicha Figura, se llevó a cabo con una cantidad constante de combustible inyectado de 0.0001305 Kg por carrera, con una bomba de inyección operada con leva y una válvula automática de inyección de resorte, con un orificio de 0.00635 mm. de diámetro, con un ángulo de avance de 12° después del punto muerto.

El avance de la inyección en motores con cámaras de combustión abiertas en motores de inyección mecánica varía de 10° a 30° y en motores con precámaras de combustión de 30° a 45° antes del punto muerto superior.

En la mayoría de estos sistemas de inyección el avance permanece constante, en muchos otros, la bomba de inyección es construida de manera que el ángulo de avance se incrementa con el aumento de carga del motor y algunos para ser usados en motores de velocidad variable, están provistos de un mecanismo automático para ejecutar tal función.

La velocidad de inyección puede ser determinada por medio de un diagrama de presión del proceso de combustión si el tiempo de retraso de la combustión es conocido.

Al probar las toberas en un aparato especial y midiendo la velocidad de inyec -

ción, conducida por la misma lava, produce diferentes velocidades de entrega - con diferentes tipos de toberas. Una clásica curva de velocidades de inyección son las "a" y "b" de la Figura número 2.26, obtenidas con una bomba marca " - Bosch" y con dos diferentes tipos de toberas. Las curvas a' y b' que representan el total de combustible inyectado son similares a la curva de la Figura No. 2.24.

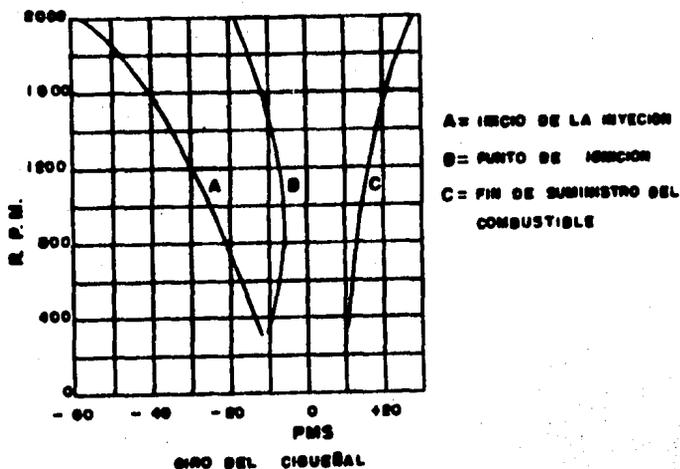


FIG. 2.25.- Efecto de la velocidad de la bomba sobre la demora.

La velocidad de inyección depende de la turbulencia del aire confinado en la cámara de combustión y de la velocidad del cigüeñal del motor. En términos generales, para prevenir un incremento pronunciado de la presión en los cilindros, la velocidad de inyección debe ser baja al principio de ésta y aumentar una vez que el cilindro pasa por el punto muerto.

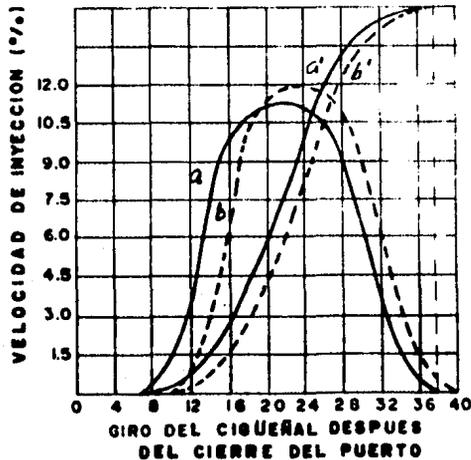


FIG. 2.26.- Curvas de velocidades de inyección obtenidas en diferentes toberas.

La atomización en la inyección mecánica se produce por la fricción entre la corriente de combustible y el aire en el espacio de combustión. El chorro de combustible es introducido a alta velocidad a la cámara debido a la presión creada por la bomba a través de uno o varios orificios. La velocidad adecuada para producir buen grado de atomización es aproximadamente entre 106.68 y 213.36 metros/seg.

En la inyección mecánica, la distribución del combustible es proporcionada por una tobera de tipo cónico con un solo orificio o con otra de varios (de cinco a ocho) y en motores muy grandes de dos o más toberas separadas. Para obtener una combustión completa, como en el método de inyección con aire, se requiere exceso de aire.

Un requisito indispensable en la distribución de combustible es la penetración. La penetración es proporcional a la energía cedida a las partículas de

combustible por la diferencia de presiones, $P_1 - P_2$, al igual que la atomización, pero se opuesta la influencia que presenta la resistencia del orificio, la penetración disminuye con una disminución del diámetro del orificio, mientras que la atomización aumenta.

La penetración o tiempo necesario para que el combustible se desplace cierta distancia, limita el tamaño de los cilindros del motor con un incremento en las revoluciones del mismo.

La turbulencia en el espacio de combustión auxilia a la distribución del combustible, al bajo consumo del mismo e incrementa materialmente la potencia del motor. El diseño del puerto de entrada, el espacio de combustión y la cabeza del pistón, pueden crear turbulencia adicional, lo cual es muy difícil de medir directamente, pero sus beneficios se pueden establecer por el incremento de la potencia y el consumo de combustible.

El equipo utilizado para la inyección de combustible en los motores diesel, — consiste de una bomba que proporciona la presión suficiente al combustible — para ser introducido a la cámara, conducto metálico de alta presión, válvulas de control y tobera de inyección.

Existen diversos tipos de bombas de inyección, pero la gran mayoría de los actuales diseños utilizan bombas consistentes en una serie de émbolos que se mueven dentro de sus respectivos cilindros finamente acabados. El émbolo es accionado por un mecanismo de levas y resortes, la leva proporciona al émbolo un movimiento para efectuar la inyección en tanto que el resorte da lugar a la succión regresándolo al punto de inicio de la inyección. Generalmente existe un émbolo para cada cilindro del motor, aunque existen sistemas de distribuidor — como los utilizados en algunos motores Cummins e International-Harvester.

En las bombas de émbolos la dosificación del combustible puede hacerse labrando un conducto helicoidal en el émbolo o modificando su carrera.

Una vista de la disposición del émbolo dentro de su cilindro, así como la hé -

lice practicada en el primero se observa en la Figura 2.27.

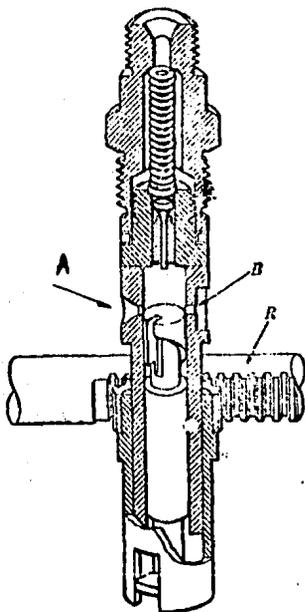


FIG. 2.27.- Vista seccional de los elementos de una bomba de émbolos.

El combustible es introducido a través del puerto A de admisión y el cual es impulsado por la bomba de transferencia. Cuando el émbolo se desplaza en su carrera ascendente primeramente comprime el fluido, enseguida suministra la presión requerida para la inyección, continuando en la mencionada carrera, la hélice descubre en un momento dado el puerto de salida B, aliviando la presión dentro de la tubería y cesando la inyección. Girando el émbolo através de la cremallera R se puede dosificar el combustible a inyectar de acuerdo a la carga que maneja el motor, puede inclusive no inyectar combustible, haciendo coincidir la ranura con el puerto B.

En motores de operación automática, en donde existen continuos cambios de carga, como ocurre en los generadores, no es posible estar controlando el motor manualmente sino que es más económico y confiable utilizar un gobernador, que es un

dispositivo que acciona automáticamente la cremallera H.

La Figura 2.28 es una bomba de émbolos y en la cual se aprecian sus principales elementos, inclusive la tobera de inyección.

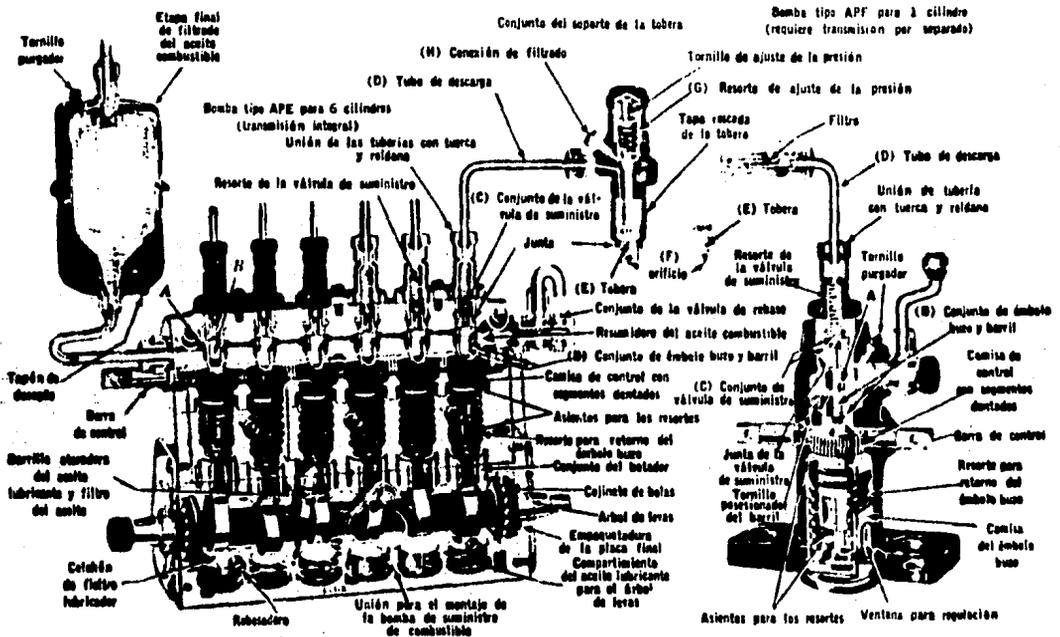


FIG. 2.28.- Bomba de Inyección Marca Bosch y una tobera.

Una bomba de inyección en donde la dosificación de combustible se logra al modificar la carrera del émbolo se ve en la Figura 2.29. El desplazamiento descendente del émbolo p bajo la acción del resorte e crea un vacío, abriendo la válvula de succión y llenando el espacio sobre el émbolo. Cuando p realiza el movimiento ascendente, se cierra la válvula e debido a la presión creada por el movimiento del émbolo en tanto que el combustible es descargado através de la válvula d que conecta con el inyector colocado en la cámara de combustión. Puede disminuirse la carrera del émbolo girando la flecha g, los detalles se aprecian en la misma figura.

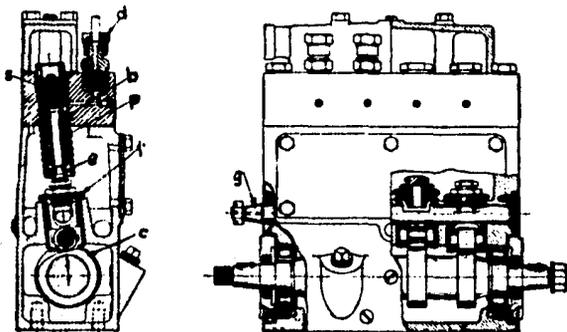


FIG. 2.29.- Operación de una bomba de carrera variable.

Otro tipo de bombas de inyección de émbolos, es la de la Figura 2.30. El movimiento recíproco de los émbolos es proporcionado por la placa oscilatoria R, en tanto que el retorno de los mismos en la succión es a través del resorte Z. - El combustible proveniente de la bomba de transferencia es introducido por el conducto Y, y llevado a los cilindros de cada émbolo a través del puerto C. La pieza X funciona como distribuidor y a la vez como dosificador, al girar el vástago distribuidor coincide en un momento dado con el puerto C, en tanto el émbolo D inicia su carrera de compresión del fluido, al girar el vástago W y por lo tanto la terminal X, se cierra herméticamente la entrada de combustible y la porción de éste confinada en el cilindro es comprimida e introducida a la tobera de inyección a través de la válvula de retención A. Al continuar girando W, descubre otra vez el puerto C y se alivia la presión dentro del cilindro terminando con esto la inyección. Tanto la placa oscilatoria R como el vástago distribuidor son accionados por medio del engrane M conectado al cigüeñal.

El inyector unitario.- El inyector unitario combina la bomba y la tobera de inyección y elimina el conducto de alta presión, el cual bajo ciertas condiciones crea ondas de presión y perjudica con esto la descarga del combustible.

En la Figura 2.31, el émbolo P tiene labrada la hélice que se extiende desde la parte inferior de P hasta el punto m. El desplazamiento ascendente del émbolo -

Permite el flujo del combustible a través de la cavidad a siendo G el puerto de admisión. Durante el inicio de la carrera descendente de P, el combustible regresa a la cavidad a hasta que p cubre el puerto C y después la hélice cubre el puerto b.

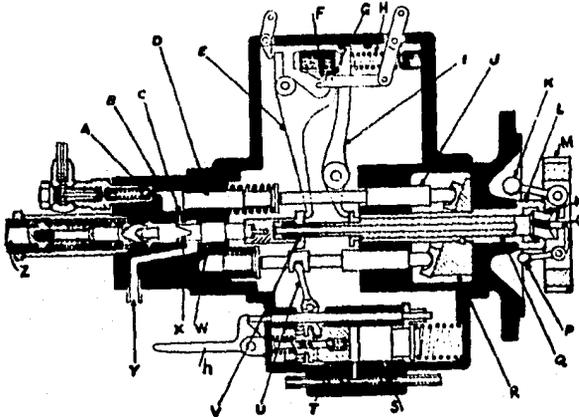


FIG. 2.30.- Bomba de inyección de placa oscilatoria.

El movimiento del émbolo eleva la presión del combustible que abre así la válvula k' y l, y fuerza el combustible a través de los pequeños orificios en la tobera de tipo abierto. La inyección termina cuando la parte inferior de la hélice h descubre el puerto c y alivia la presión. Un filtro f permite que el combustible utilizado esté perfectamente limpio evitando obstrucción de los orificios de las toberas.

Con un inyector unitario, la velocidad de inyección a través del orificio es proporcional a la velocidad del seguidor, el cual a su vez es proporcional a la velocidad del motor. Por otro lado la velocidad de inyección es proporcional a

$P_1 - P_2$, esto cuando P_2 es constante, la presión P_1 se incrementa en proporción cuadrática a la velocidad del motor.

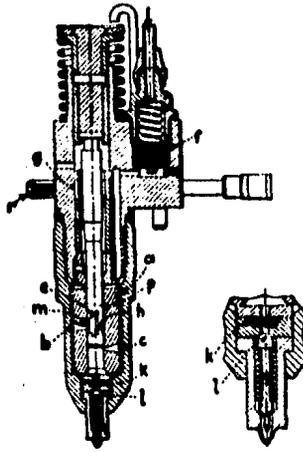


FIG. 2.31.- Inyector unitario fabricado por la General Motors Co.

DEFINICION DE DESGASTE.

Se define al desgaste como la remoción indeseable de material como respuesta a la acción mecánica. Tiene su origen en la fricción ocasionada cuando dos superficies se deslizan una con respecto a otra. El desgaste, puede considerarse — para su estudio en varios tipos y los principales son:

- Desgaste a nivel atómico.
- Desgaste por adhesión.
- Desgaste por abrasión.
- Desgaste por corrosión.
- Desgaste por craterización.
- Desgaste por "rayado".
- Desgaste por erosión debido a fluidos.

Desgaste atómico.— Se supone que el desgaste a nivel atómico ocurre debido a — fuerzas atómicas que ocasionan el desprendimiento de pequeños gránulos o partículas de las superficies que interactúan. El desgaste a nivel atómico es muy — pequeño por su misma naturaleza.

Desgaste por adhesión.— Ocurre el desgaste por adhesión cuando dos superficies en contacto tienen movimiento relativo soportando cargas que las obligan a — adherirse, sin la presencia deliberada de material entre ellas.

Para establecer criterios que permitan conocer los mecanismos del desgaste por adhesión, se requiere tener conocimiento de como se realiza el contacto entre — las superficies, estableciendo en primera instancia que el contacto se efectúa a través de pequeñas superficies distribuidas en la superficie nominal, ya que — no existen superficies perfectamente lisas, sino que tienen rugosidad, aún muy pequeña.

La interacción de los puntos en contacto se lleva a cabo según las siguientes formas:

- 1.- Interpenetración sin adhesión seguida de acción de empuje.
- 2.- Interpenetración seguida de corte de las protuberancias.
- 3.- Contacto sin adhesión.
- 4.- Contacto con adhesión y corte en el plano original.
- 5.- Contacto con adhesión, cortando el plano situado dentro de uno u otro de los cuerpos deslizantes.

Es claro que todas las posibilidades pueden ocurrir ya que no existen leyes que gobiernen el desgaste por adhesión, aunque pueden establecerse ciertas generalidades.

El desgaste por el fenómeno de adhesión se debe a la acción de fuerzas que actúan tangencialmente a las superficies en contacto y no existe dependencia en cuanto al tamaño de las áreas, sino de la carga aplicada a estas superficies.

La deformación de protuberancias se debe en gran parte a flujo plástico y no se consideran deformaciones elásticas cuando se trata de materiales dúctiles, en el caso de materiales muy duros como el diamante, se hacen consideraciones de elasticidad.

Aunque existan diversos mecanismos que ocasionan el desgaste por adhesión, en términos generales, se consideran dos básicos; el deslizamiento por corte y el deslizamiento por fusión de los puntos en contacto. En el primero, la fuerza de fricción entre las superficies es mayor que la fuerza de corte que pueden soportar determinadas bandas de deslizamiento y por lo tanto, existe desprendimiento del metal base. En el caso de deslizamiento por fusión de los puntos en contacto, el fenómeno de desprendimiento del metal base ocurre cuando los metales en contacto alcanzan su temperatura de fusión y se soldan. Estos puntos se separan debido a la fuerza aplicada en virtud del movimiento relativo entre las superficies.

Fácilmente puede deducirse que al producirse partículas durante el movimiento relativo de dos superficies, el desgaste por adhesión se convierte en abrasivo por la acción de estas partículas.

Si se considera la posibilidad de fusión de los puntos en contacto, no debe permitirse que los materiales en contacto alcancen su punto de fusión. La temperatura alcanzada depende de las condiciones de carga a las cuales se someten estas.

En los equipos de construcción es difícil que se presente este tipo de desgaste, aunque puede ocurrir, y debido principalmente a la falta de lubricación en las partes que lo requieren. Cuando falta aceite lubricante al motor de alguna máquina, puede ocurrir el desgaste por adhesión, debido a que sus partes se mueven con gran rapidez y están sometidas a cargas muy elevadas. Los elementos que pueden deteriorarse fácilmente en un motor de combustión interna por falta de lubricación, son los cojinetes del cigüeñal, cilindros, pernos, bujes, etc.

DESGASTE POR ABRASION.

Se presenta el desgaste por abrasión cuando se introducen entre las superficies en contacto y movimiento relativo, partículas de material duro. Las partículas mencionadas pueden ser producto del desprendimiento del material de las superficies o pueden ser introducidas por un agente externo. El fenómeno del desgaste por abrasión es similar a la remoción de material por mecanizado como el rectificado, que se realiza en máquinas - herramienta, y desde el punto de vista científico, se consideran idénticos los procesos.

Donde existe gran diferencia de dureza de las superficies en contacto, la superficie más suave se desgasta en proporción directa a su dureza y en proporción inversa a la carga sobre las superficies y la distancia de desplazamiento.

El desgaste por abrasión se caracteriza por su uniformidad con el tiempo y es de naturaleza dinámica.

El desgaste por este método, puede explicarse describiendo los fenómenos que ocurren a nivel del rectificado, es decir como interactúan las superficies en contacto.

Debido a que el rectificado es una operación donde se arranca viruta se puede simular el fenómeno de arranque considerando una sola partícula en contacto con la pieza a trabajar, es decir estudiar el aspecto físico, entendiéndose este como la interacción entre las partículas abrasivas individuales (o una sola) y la superficie de la pieza sometida a la abrasión, la consideración de las partículas abrasivas como herramientas individuales y por último, los estudios que facilitan los resultados para desarrollar un adecuado análisis matemático del proyecto.

El hecho de conocer el fenómeno del rectificado podría aportar datos relativos al conocimiento de los factores que controlan la eficiencia de eliminación del material con el objeto de optimizarlos por una vía racional.

El primer aspecto a considerar será establecer la forma de la partícula que interactúa con la superficie sometida a desgaste. La forma simplificada debe ser al propio tiempo adecuadamente real y lo suficientemente sencilla para permitir el análisis del proceso.

Algunos investigadores han adoptado la esfera como la forma de una partícula que se encuentra en contacto con la superficie y sugieren que puede arrancar material formando virutas en tiras, mientras que si está demostrado que todas las formas de mecanizado por abrasión arrancan ristas de ellas, pero observando las huellas del mecanizado utilizando esferas de cristal sobre un metal blando y registrando los movimientos de penetración y avance de dichas esferas sobre la superficie del metal, se obtienen surcos sobre el último y que en la cabecera de cada surco se observa un pandeo del metal (que recibe el nombre de proa). No se encontrarán surcos al final de una viruta de mecanizado y por lo tanto la suposición antes mencionada parece de escaso valor al no incorporar el resgo fundamental del mecanizado por abrasión, que es la formación de virutas.

La forma de la viruta que sigue en sencillez y que proponen los investigadores del "Materials Research Laboratories" del Departamento de Defensa australiano, - cuyo responsable del Departamento de Metalurgia es el Doctor Leonard E. - - - - - Samuels (*), es la pirámide o forma de cuña.

Definiendo los ángulos y caras de la partícula piramidal de manera similar a - los que se han definido para las herramientas monofilo se ha establecido que el ángulo de inclinación determina junto con la profundidad y longitud de corte, - el volumen de material que el punto arrancará cuando surque la pieza.

El ángulo de inclinación es la característica que determina si el volúmen arrancado de la superficie de la pieza se elimina realmente. En otras palabras, se - trata de un factor fundamental de la eficiencia con el cual el abrasivo elimina el material de la pieza.

Con una herramienta en forma de cuña (v) se puede llevar a cabo un experimento que simule un punto piramidal abrasivo. Se coloca en el punto piramidal, hecho de un material duro, de suerte que pueda incidir en la superficie de la pieza y a profundidad controlada y pueda variarse el ángulo de inclinación. Luego el - punto se mueve através de la pieza una distancia dada con un ángulo de inclinación prefijado, vuelve a repetirse el experimento con distintos ángulos de in - clinación.

Al observar los surcos producidos por la partícula cuando tiene ángulo de incli - nación positivo, se constata que ha existido realmente el arranque de viruta, - en tanto que con ángulos de inclinación negativos se forman proas y crestas en los surcos en donde actuó la partícula abrasiva. En el primer caso se tiene que la eficiencia de la eliminación del material se acerca al 100 por ciento, en - tanto que con ángulos de inclinación negativos, el material arrancado se loca - liza en las proas y en las crestas y la eficiencia de eliminación es nula, a no ser que se rompan las crestas o proas.

Cuando el punto actúa de un modo cortante, el material se mueve continuamente - hacia arriba, por encima de la cara de incidencia de la herramienta. Cuando el

punto actúa en labrado, el material se desplaza, primero hacia arriba por delante de la cara de incidencia, luego en torno a esa cara hacia las crestas laterales, de un modo parecido a como se comporta la onda arqueada que forma la proa de un barco. Característica importante de este proceso es que el material se mueve simplemente en la superficie pero no se desprende de ella. Solo puede arrancarse através de otros procesos secundarios; que se rompa la proa, que sea arrastrada fuera de la pieza o que se rompan las crestas. Todas estas posibilidades se dan en la práctica, pero la eficiencia de eliminación de material, es en el mejor de los casos, baja.

La transición del modo cortante, o corte, al labrado con estos experimentos simuladores cubre una gama de ángulos de inclinación muy reducida para la mayoría de los metales. No obstante se puede definir un ángulo de inclinación crítico para cada metal; se puede suponer, además que los puntos con ángulos de inclinación más positivos que el valor crítico cortan una viruta, en tanto que los puntos con ángulos de inclinación más negativos que el valor crítico, labran simplemente un surco.

Al efectuar experimentos con papel abrasivo auténtico se observa que el material que ha actuado al abrasivo presenta tanto surcos con producción de virutas como labrados, esto se debe fundamentalmente a que los granos abrasivos no están orientados unidireccionalmente, es decir existen diversos ángulos de inclinación. De todo lo cual se deduce que la eficiencia en eliminación de material en un proceso de mecanizado por abrasión se determinará por la producción de abrasivos que entren en contacto con la pieza a trabajar, que tengan un ángulo apropiado para el corte de viruta. Se puede validar esta implicación empleando de nuevo el proceso simple de abrasivo unidireccional en un papel salpicado de abrasivos. Hay que calcular primero los ángulos de incidencia de los puntos abrasivos que se hallarán en contacto con la superficie de la pieza. Se puede conseguir ello fotografiando el papel abrasivo, de perfil, en un microscopio electrónico de barrido, midiendo luego, sobre la micrografía, el ángulo de inclina-

ción de las caras de los puntos que parecen éstas en contacto con la pieza a mecanizar.

Tres múltiples mediciones, se puede trazar una curva de distribución de ángulos de inclinación de los puntos abrasivos activos. La curva resultante es característica fundamental de cada tipo de abrasivo. Para un papel recubierto con abrasivo de carburo de silicio de 220 mallas, y utilizando acero como material a trabajar, se observa que alrededor del 25 por ciento de los puntos tienen un ángulo de incidencia más positivo que cero grados. Así pues, cabe esperar que ese 25 por ciento aproximado de los puntos trabajen a modo de corte; el resto "labran" la eficiencia en cuanto a la eliminación de material sería del orden del 25 por ciento.

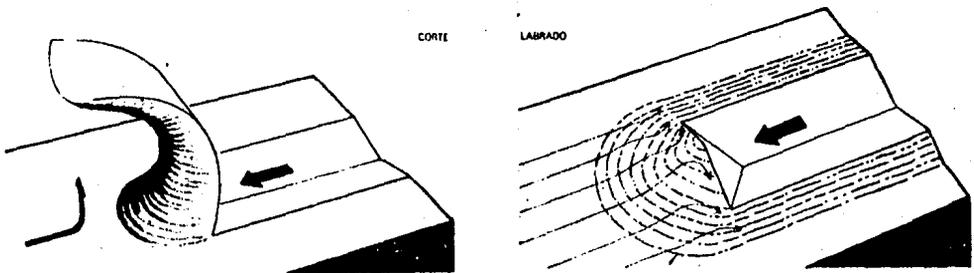


FIG. 3.1.- Diferencia entre el labrado y el corte de viruta con abrasivos.

Los resultados pueden confirmarse con un examen de varias terminaciones de los surcos que se producen en los experimentos antes descritos y tras el cálculo de cuántos de ellos tienen una viruta asida. La coincidencia entre ambas estimaciones (examen y cálculo), siempre es buena. Además, estos principios pueden desarrollarse en un modelo matemático del proceso de abrasión. Las predicciones que se fundan en el modelo concuerdan perfectamente con los valores de abrasión que se obtienen en las operaciones de abrasión práctica.

La conclusión general a que se llega es que la eficiencia de una clase de abrasión se determina através de la relación entre virutas y puntos de corte abrasivos. La eficiencia puede mejorarse con abrasivos que posean un número elevado de puntos penetrantes.

En el caso de la introducción de agentes abrasivos a ciertos mecanismos, estos no están unidos por aglutinante alguno y por lo tanto, las partículas no tienen un punto de apoyo para que se efectúe el arranque de viruta y por lo tanto, "labran" el metal más blando de las piezas sujetas a desgaste por abrasión. Entonces, el hecho de encontrar partículas en mecanismos desgastados, se debe principalmente a que se rompen las proas y las crestas de los surcos originados por las partículas.

DESGASTE POR CORROSION.

El medio ambiente influye en la composición química de la superficie de cuerpos expuestos a éste, en tanto que elementos inercios en otro tipo de sustancia, reaccionan con compuestos de ésta que provocan el desgaste por corrosión.

El desgaste por corrosión es el que se presenta cuando se remueve la capa de óxido que cubre una superficie, renovando el fenómeno con subsecuentes movimientos de aquél, provocando así el desgaste de la pieza.

Cuando no se permite la salida de este producto de la oxidación, se combina el desgaste por corrosión con el desgaste provocado por la abrasión, que ocasionan estas partículas.

El desgaste por corrosión es palpable en el fenómeno de remoción de material de las vías de un ferrocarril, en donde con cada pasada de éste se renueva la capa de óxido y se expone la superficie a la acción del medio ambiente para formar una nueva capa que será removida en la próxima pasada del ferrocarril, continuando así el fenómeno.

En motores de combustión interna, esta forma de desgaste ocurre principalmente

en la cabeza del pistón y en las paredes del cilindro, así como en las válvulas de admisión y escape cuando se operan aquellos a temperaturas menores de 90°C. Debido a la baja temperatura de operación, el agua de los gases producto de la combustión, se condensa y al combinarse con otros productos del combustible, — forman un producto altamente corrosivo, presentándose este fenómeno en motores de gasolina principalmente.

En motores diesel que utilizan combustibles con alto contenido de azufre, el — desgaste por corrosión se acelera. Cuando se incendia el combustible, se obtiene trióxido de azufre, que al combinarse con agua, produce un ácido altamente — corrosivo.

El desgaste en cada uno de los motores podría reducirse considerablemente si — se operan a la temperatura adecuada disminuyendo el riesgo de condensación en — las paredes de los cilindros, y en las válvulas de admisión y escape en los motores de gasolina, en los motores diesel, el desgaste puede reducirse utilizando combustible con bajo contenido de azufre. La formación de depósitos se debe a — la oxidación del aceite lubricante creando productos ácidos que polimerizan y — forman depósitos que impiden el adecuado funcionamiento de los motores. Los a — ditivos alcalinos para el aceite lubricante neutralizan los productos interme — dios ácidos antes que polimerizen. El desgaste por corrosión está íntimamente — ligado con las condiciones de limpieza de los elementos de un motor.

Los aditivos mantienen limpio de carbonizaciones a los componentes del motor, — principalmente al cilindro y el sistema pistón - anillos.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, el deterioro de ciertos sólidos bajo la acción de ciertos líquidos (electrolitos) se denomina corrosión y los sólidos que la experimentan son metálicos, ya que las reacciones involucran transferencia de electrones, la corrosión es un proceso electroquímico.

En el esquema presentado en la Figura 3.2, el electrodo izquierdo, se denomina — do ANODO y es el que experimenta la corrosión y alimenta los electrones al cir —

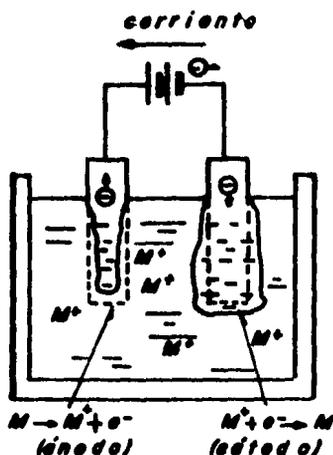


FIG. 3.2.- La corrosión puede definirse como cualquier proceso indeseable en el cual un metal (M) se convierte en uno de sus compuestos. Considerando principalmente la corrosión del hierro, que es el metal de uso más amplio y de más fácil corrosión. Uno de los hechos más conocidos de la corrosión o enmohecimiento del hierro es que se requiere la presencia de oxígeno y agua. El hierro perfectamente seco no se corroe a temperatura ambiente y el hierro sumergido en agua tampoco se corroe si el agua no contiene oxígeno libre. Más aún, la presencia de ácidos y sales en el agua acelera notablemente el proceso de corrosión. Estas observaciones sugieren que la corrosión implica la presencia de electroquímicos. La teoría generalmente aceptada postula que el Fe se oxida a Fe^{2+} por la acción de H_2O o H_3O^+ . Si la concentración de H_2O^+ es alta, de tal manera que las reacciones de oxidación y reducción sean rápidas, la siguiente etapa es la reacción $2H \rightarrow H_2$ con la consiguiente formación de burbujas. Sin embargo, en la corrosión con aguas naturales el O_2 disuelto generalmente reacciona con los átomos de H antes que estos se cambien para formar H_2 .

cuito exterior, mientras que el CATODO (electrodo lado derecho), recibe los e-lectrones del circuito exterior. Por lo tanto, el ánodo experimenta una reac-ción de oxidación debido a que su valencia se incrementa, en tanto que la reac-ción de reducción ocurre en el cátodo, donde se reduce la valencia.

Potencial electroquímico.- Para que ocurra el fenómeno de corrosión, el ánodo y el cátodo deben tener contacto eléctrico, en consecuencia para producir la reac-ción, debe existir una diferencia de potencial. En la Figura 3.3, el potencial lo representa la batería. Por otro lado, la reacción de reducción y la reacción de oxidación, son procesos idénticos, excepto por los signos opuestos que se a-nulan mutuamente.



Cuando los electrodos son de materiales diferentes, las reacciones de oxidación y reducción en los electrodos no serán similares. En efecto, será necesario a-plicar 1.1 volts al circuito formado por Cu-Zn, de la Figura 3.4, para evitar -el flujo de electrones. Inversamente un potencial de 1.1 volts se origina entre los electrodos en un circuito abierto, en efecto:



Ocurre más fácilmente que en la reacción de oxidación del cobre. Cuando se hace contacto eléctrico entre los dos electrodos, se efectúa la corrosión en el á-
nodo, moviéndose los electrones hacia el cátodo y (en este ejemplo), el cobre -
es depositado en el cátodo.

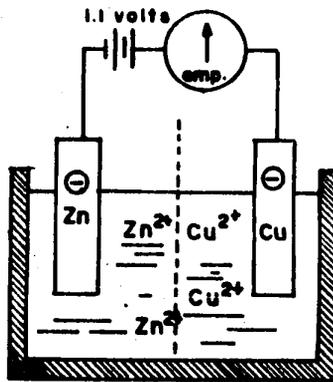


FIG. 3.3.- Un potencial de 1.1. Volts es necesario para evitar el desplazamiento de los electrones através del circuito externo.

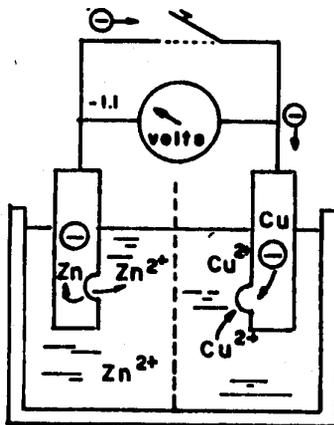
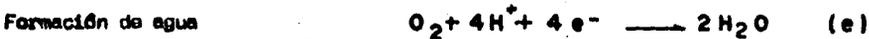
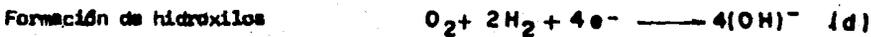


FIG. 3.4.- Se establece una diferencia de potencial de 1.1 Volts, ocurre en un circuito abierto; cerrando el interruptor, la corrosión ocurre en el ánodo de Zinc y el Cobre es depositado en el cátodo.

Los productos de la corrosión pueden ser iones solubles o precipitarse, dependiendo del PH del electrolito.

Reacciones en el cátodo.- Una variedad de reacciones pueden disipar electrones en el cátodo:



La operación de cada reacción depende del electrolito obviamente, los iones metálicos M^{+} , deben estar presentes cuando el recubierto es la reacción predominante en el cátodo. La reacción (e) requiere la presencia de oxígeno en ácido; la reacción (d) requiere oxígeno en ambientes neutros. La ecuación (b) se realiza predominantemente en ácidos, electrolitos libres de oxígeno.

Celdas galvánicas.- Las reacciones de oxidación - reducción pueden ocurrir bajo diversas condiciones, resumidas en la Tabla III.1.

El segundo tipo de celdas galvánicas son llamadas celdas de esfuerzos. Una zona distorsionada, de alta energía, tal como la frontera de grano, una línea de dislocación, o un metal trabajado en frío funciona como un ánodo, mientras que una zona libre de esfuerzos es el cátodo. Este tipo de celda es usada ampliamente - en el examen de microestructuras, debido a que las fronteras de grano pueden ser detectadas con ataques químicos. Las imperfecciones sirven como ánodos en donde la zona adyacente posee energía de deformación y energía baja adicional es necesaria para oxidar los átomos afectados por iones (Figura 3.5.)

Las celdas de concentración acentúan la corrosión al producirse un ánodo donde la concentración de iones en el metal es baja.

TABLA III.1.- RESUMEN DE CELDAS GALVANICAS

Ejemplos	Anodo (Oxidación)	Cátodo (Reducción)	
COMPOSICION DE LOS ELECTRODOS			
	Alta Energía	Baja Energía	
CELIDAS DE ESFUERZOS	Fronteras Tamaño D/Grano Imperfecciones Deformaciones Esfuerzos	Fronteras Grano fino Defectos Trabajo en frío Áreas cargadas	Granos Grano Basto Perfecciones Deformaciones Áreas no-cargadas
	Electrolito	Sol. Diluida	Sol. Concentrada
CONCENTRACIONES EN SOLUCIONES	Oxidación Basura	Bajo O_2 Áreas cubiertas	Alto O_2 Áreas limpias

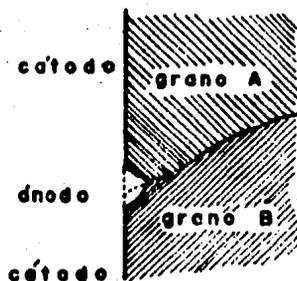


FIG. 3.5.- Corrosión en la frontera de grano. La frontera de grano es ánodo, como resultado de la energía de frontera.

Celdas de concentración como las relacionadas en la Tabla III.1 son encontradas frecuentemente en plantas químicas y también, bajo ciertas condiciones de erosión-oxidación. Ahora bien, en general, estas son menos críticas que las celdas del tipo de oxidación.

En la Figura 3.6 se muestran ejemplos en donde las áreas ricas en oxígeno son - catódicas, mientras que las áreas cubiertas funcionan como ánodos y están sujetas a corrosión.

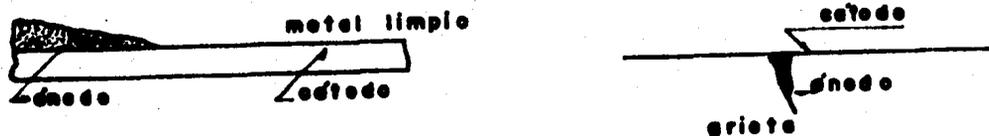


FIG. 3.6.- Celdas de oxidación. Las áreas inaccesibles con baja concentración de oxígeno, son catódicas.

Velocidades de Corrosión.- Si el Zinc es colocado en un electrolito que no sea líquido, la reacción de oxidación:



Y la reacción de reducción:



Ocurren a iguales velocidades. Como resultado se observa equilibrio, es decir no se observa corrosión neta. Es posible determinar experimentalmente el número de electrones que se ponen en movimiento y por lo tanto calcular el número de - amperes por centímetro cuadrado en el equilibrio. Esta corriente se denomina - "densidad de corriente de cambio" (i). Dicha corriente varía según el material de los electrodos y las reacciones que ocurren en estos, según Tabla No. III.2.

De acuerdo a lo anterior, en el equilibrio la densidad de corriente debe ser -

igual a la velocidad de oxidación o densidad de corriente del ánodo i_a , a la velocidad de reducción o densidad de corriente del cátodo i_c (*)

$$i_a = i_c = i_0$$

Si se tiene un incremento en el potencial ϕ y se aplicado a un electrodo, y se cierra el circuito, la densidad de corriente i , se incrementará de acuerdo a la ecuación;

$$i = i_0 e^{\phi/b}$$

En la cual b se denomina "constante de tafel" y tiene el mismo signo que ϕ y tiene un valor entre 0.02 y 0.08 volts a temperatura normal.

TABLA III.2.- DENSIDAD DE CORRIENTE DE CAMBIO Y CONSTANTES DE TAFEL.

REACCION	ELECTRODO	(AMP/cm ²)	CONST. TAFEL (Volts)
ANODO:			
	Fierro		0.02
	Cobre		0.03
	Zinc		0.02
CATODO:			
	Fierro		0.05
	Cobre		0.05
	Zinc		0.05
	Fierro		0.05
	Cobre		0.05
	Zinc		0.08
	Platino		0.08

(*) Considerando iguales las áreas del ánodo y el cátodo.

DESGASTE POR CRATERIZACION (PITTING).

El término "craterización" se aplica al fenómeno de la formación de hoyos en la superficie de un elemento mecánico (u otro objeto), el cual es una forma de desgaste de la superficie.

La formación de los mencionados hoyos, puede tener varias causas y básicamente se consideran la corrosión y los esfuerzos intensos sobre la superficie, aunque a menudo existen dificultades para el diagnóstico correcto.

Atendiendo al hecho de que un mecanismo se somete a esfuerzos que varían con el tiempo, sin considerar la corrosión, los elementos sujetos a contacto "hertziano", sufren desgaste por "craterización". El mecanismo es similar a elementos sujetos a fatiga, aunque en el caso de desgaste no puede establecerse un tiempo de vida útil en base a los ciclos de carga, ya que ésto depende precisamente de la intensidad de las cargas aplicadas, aunque se ha establecido que el tiempo de falla sigue una ley similar a los esfuerzos de fatiga.

Se supone que cuando una superficie se somete a cargas muy elevadas, tiende a desplazarse en dirección de la fuerza aplicada y traslapándose sobre la superficie vecina, dando lugar a la formación de grietas, creciendo éstas con aplicaciones siguientes de la carga, por lo tanto existen esfuerzos en el material — que superan a los esfuerzos de fluencia que provoca el desplazamiento de material.

La craterización tiene lugar generalmente, en superficies sujetas a movimientos de rodadura pura. Debido a que las condiciones de carga son del tipo "hertziano", es necesario que los materiales de las superficies en contacto posean un alto esfuerzo de fluencia o una dureza superficial no menor a 800 Vpn. Este valor es utilizado en cojinetes de bolas o de rodillos.

Existen evidencias de flujo plástico que en los casos de elementos con movimientos de rodadura pura, están concentrados en zonas de esfuerzo de corte máximo.

El examen de cojinetes de bolas que han fallado bajo condiciones normales de carga no se ha encontrado este tipo de falla, por lo tanto, es razonable considerar que las fallas por flujo plástico se deben a cargas excesivas.

Existen controversias respecto a la manera de cómo se inicia la falla por craterización en el sólido expuesto a ella, sosteniendo algunos investigadores que esto ocurre en los puntos de máximo esfuerzo de corte en la superficie.

Cuando la superficie sujeta a tracción avanza sobre la otra, se originan grietas y se extienden hacia superficies inferiores a las dos superficies traslapadas. El efecto de tracción en la superficie es el desplazamiento de la zona de esfuerzo de corte máximo hacia superficies adyacentes.

Los esfuerzos reales en la zona de contacto en cojinetes o engranes lubricados son difíciles de calcular debido a la modificación de la viscosidad del lubricante con la presión y una posible desviación de la distribución de esfuerzos hertzianos por efectos hidrodinámicos.

La naturaleza del lubricante tiene influencia en el desgaste por craterización en tanto que la viscosidad no la tiene. Cuando varios lubricantes de viscosidades diferentes y similares en otros aspectos se someten a pruebas se observa un incremento en el tiempo de falla con el aumento de la viscosidad.

La dureza es un factor importante, el templado para reducir la dureza van de 958 a 800, reduce considerablemente la vida útil de rodamientos. Algunos resultados de los efectos del lubricante se proporcionan en la Tabla III.3, la cual muestra los resultados de una prueba simple en la cual cuatro esferas fueron utilizadas para simular el comportamiento de un cojinete de bolas en contacto angular. Ciertos fluidos hidráulicos a base de agua tienen influencia muy fuerte en la propagación de grietas, las cuales pueden extenderse por mecanismos de corrosión.

De los datos de la Tabla III.3, se puede establecer que la carga para un período de vida dado es proporcional a $(1 - 2\mu/3)^{1/2}$, donde μ es la viscosidad en

centipoises.

La craterización en engranes puede esperarse que siga las mismas leyes generales que la craterización de rodamientos de bolas, pero los materiales, usualmente son diferentes en algunos aceros suaves se tienen evidencias de auténticos límites de fatiga.

TABLA III.3.- EFECTO DEL LUBRICANTE EN EL TIEMPO DE FALLA DE ALGUNOS -
ESPECIMENES SUJETOS A CARGA CICLICA.

LUBRICANTE	VISCOSIDAD A 20°C (CS)	TIEMPO DE FALLA (MIN.)	CARGA APLICADA (KG)
Acete Mineral Puro	605	107	157
Fluido hidráulico a - base de Silicón ope - rando entre 60° y 120°C	52	64	132
Fluido hidráulico in - dustrial resistente - al fuego.	300	44	117
Fluido sintético para uso en aeronáutica	20	43	116
Acete hidráulico a - base de petróleo Esp. Bg. OTD 885	19	40	114
Fluido sintético para uso en aviación como fluido hidráulico	18	33,5	106
Acete Centrifugado	10	32	105
Fluido no-flamable agua - glycol	40	28	100
Fluido sintético no - flamable a base de -- poliester	18	18	87

DESGASTE POR " RAYADO " (SCUFFING).

La falla de la superficie caracterizada porque el metal presenta la apariencia de haberse fundido, ocurre cuando las superficies deslizantes una respecto a la otra alcanzan una velocidad y carga muy elevadas. Suficientes pruebas existen para afirmar que el desgaste por rayado ocurre cuando se alcanzan la temperatura de fusión de los materiales (ó de una de las superficies) y del lubricante que se aplica. Esta temperatura es conocida como Temperatura instantánea y se puede calcular usando la relación siguiente :

$$\theta = \frac{FP (U_2 - U_1) \sqrt{r}}{K_1 \sqrt{U_1} + K_2 \sqrt{U_2}}$$

θ = Temperatura instantánea de las superficies

P = Carga sobre las superficies.

U_1 y U_2 = Velocidades de las superficies.

K_1 y K_2 = Raíz cuadrada del producto de las conductividades térmicas y los calores específicos de los materiales de las dos superficies.

r = Radio de curvatura relativo.

El problema no puede ser considerado únicamente desde el punto de vista térmico, ya que el coeficiente de fricción depende de las condiciones hidrodinámicas. El valor de f puede ser calculado por la expresión :

$$f = \frac{0.4}{\sqrt[3]{r} \sqrt[4]{\alpha U_1 U_2}}$$

Donde:

r = Radio de curvatura.

α = Viscosidad cinemática.

U_r = Velocidad de rodamiento.

U_s = Velocidad de deslizamiento.

El desgaste por rayado es un proceso acumulativo, el desgaste inicial se incrementa cuando se repiten las condiciones que lo originan. Cuando aumenta la carga, se puede establecer la secuela que origina el desgaste por rayado.

En primer lugar, las asperezas de la superficie son eliminadas por desgaste adhesivo. Cuando se incrementa la carga, se alcanzan mayores valores de temperatura en las superficies originando cambios metalúrgicos en el material de esas áreas. Las consecuencias que originan cambios en el material, varían con la naturaleza de éste. Con metal dúctil ocurre un endurecimiento, presumiblemente debido a la presencia de carbón resultante del aceite lubricante, con metales duros existe una pérdida de dureza acompañada de regiones poco profundas donde la transformación metalúrgica teniendo como resultado el recubrimiento de la dureza inicial.

Estos cambios metalúrgicos son a menudo complejos y el principio del rayado puede ser identificado por la presencia de un constituyente color blanco en la microestructura cuando se ataca la superficie con ácido nítrico diluido en el alcohol. Pruebas simples de templado indican que el constituyente blanco es resultado de velocidades de templado extremas en aceros en el rango austenítico.

El rayado crece desde pequeñas cantidades en la superficie causado por material advenedizo o por irregularidades endurecidas en las superficies. Cuando ocurre

el rayado, el material tiende a ser removido desde superficies en movimiento — lento a la superficie que se desplaza con mayor velocidad. Obsérvese que el rayado puede estar precedido por craterización pero no a la inversa. Esto puede estar relacionado con la proporción que el calor generado por la fricción se eleva a rangos muy elevados y por lo tanto ocasiona esfuerzos considerables en la vecindad de la superficie del material.

En tanto que las propiedades del material, en particular la dureza, son importantes en relación a su resistencia al desgaste por adhesión, pueden obtenerse grandes beneficios protegiendo las superficies mediante procesos de endurecimiento, tales como sulfatado antes de ser puestas en operación. Protección similar puede obtenerse al incorporar componentes químicamente activos a los lubricantes.

DESGASTE POR EROSION DEBIDA A LA ACCION DE FLUIDOS.

En algunas ocasiones, partículas de metal son introducidas por la corriente de aceite lubricante entre dos superficies, teniendo aquellas una acción de golpeteo en las superficies adyacentes, con una consecuente remoción de material, el tamaño, densidad y forma de las partículas citadas, determina la severidad del ataque.

De acuerdo a lo analizado en el inicio del capítulo, todas las máquinas están sujetas a ciertos tipos de desgaste, aunque en términos generales, todas las formas de desgaste intervienen teniendo mayor o menor influencia algunas de ellas, dependiendo de las condiciones de operación de la maquinaria.

Existe otro tipo de desgaste que es resultado de movimiento de deslizamiento alternativo entre partes adyacentes de mecanismos. La corrosión por "raspadura", generalmente está acompañada por una oxidación rápida de las superficies. La "raspadura" se usa para denominar tipos de desgaste como el rayado, el cual produce polvo bajo las mismas condiciones de reacción química. Este tipo de desgaste ocurre comúnmente en pasadores fijos, ensambles forzados y otras superfi-

cias sujetas a cargas donde esfuerzos mecánicos repetitivos, debido a vibración o movimientos mecánicos, tienen lugar.

Se tienen varias teorías para investigar este fenómeno, aunque difieren en algunos aspectos, existe el acuerdo que esta es debido a la acción de movimiento muy pequeño que remueve pequeñas partículas de la superficie del material, formadas por oxidación del metal base. Los puntos de contacto de la superficie se deforman plásticamente, soldándose, desprendiéndose y soldándose varias veces durante el movimiento.

El desgaste por raspadura está afectado por la cantidad de movimiento, presión, número de ciclos, frecuencia, dureza de la superficie, temperatura, coeficiente de fricción, lubricación, humedad y otras condiciones ambientales tales como atmósfera inerte o vacío. Estos efectos están relacionados también con el hecho que la alta presión puede reducir el movimiento o causar altas temperaturas en puntos localizados. La geometría de las superficies puede causar diferentes efectos. Superficies rugosas pueden producir superficies de gran elasticidad o formar cavidades para el escape del polvo o canales para el lubricante. Viceversa, la geometría puede causar la continuación del polvo. Cada una de las variables mencionadas deben considerarse separadamente.

En el aire, el óxido puede formarse rápidamente, excepto en metales nobles, ya que el acero es de características tales que reacciona con el aire, generalmente se encuentra una capa de óxido en su superficie, analizando el polvo del óxido y encontrando Fe_2O_3 , no se puede asegurar que ha ocurrido "raspadura". La mejor manera de investigar es analizar los posibles movimientos de la interfase donde el desgaste o corrosión se ha presentado, cuando pequeños movimientos son la causa, el área debe presentar una capa de óxido rojo, si las causas de la formación de óxido continúan, se puede compactar el óxido cuando este está atrepado. Óxido no atrepado puede ser removido y ser finalmente dividido.

La mejor solución donde la corrosión por raspadura presenta un problema, es rediseñar las partes y evitar el movimiento haciendo una construcción más rígida

de o hacer el movimiento elástico.

Capas de MoS_2 u otros lubricantes secos pueden prevenir este tipo de desgaste por un cierto período de tiempo, pero usualmente tienen una vida finita de varios miles a varios millones de ciclos, dependiendo de otros factores, tales como la carga y movimiento, pequeñas capas de baja fricción pueden tener los mismos propósitos.

Los efectos de la corrosión pueden ser contrarrestados por la inundación de fluido lubricante en la región de desgaste, o sellando el área con cemento plástico u otros materiales.

Donde la iniciación de grietas por corrosión por raspadura represente un problema, las superficies pueden ser nitruradas, carbonizadas o ser sometidas a otros procesos para incrementar la dureza y reducir el desgaste. Estos tratamientos usualmente provocan la deposición de una capa sujeta a compresión sobre la superficie, lo cual retarda la propagación de grietas de fatiga originadas de los puntos de iniciación de desgaste.

Se ha establecido que el desgaste ocurre siempre que existe fricción entre dos superficies y huelga decir que éste es muy pronunciado en la maquinaria para construcción por las condiciones de operación tan severas a las que se encuentran sometidas. En la maquinaria que utiliza tracción mediante orugas, el desgaste de este sistema, por su propia estructura y finalidad del diseño, es intenso, pues es apropiado para el trabajo en tierra suelta, suelos húmedos, terrenos pedregosos, etc., y por lo tanto sufre un desgaste pronunciado. En nuevos equipos el desgaste de la cadena de las orugas es mínimo ya que es un sistema de autolubricación, aunque la rueda guía, catarina y zapatas sufren tanto como en los diseños antiguos.

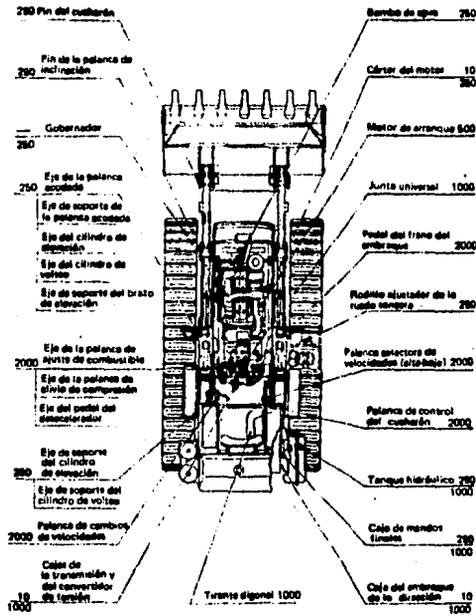
Los motores del equipo de construcción operan, en la mayoría de las veces, entre nubes de polvo que obstruye los filtros de aire y combustible o que se introduce en aquellos, mezclándose con el aceite lubricante o al aceite de la transmisión. Los deterioros que este polvo produce es a través del mecanismo de

abrasión y los elementos dañados son: los cojinetes, anillos del pistón, el pistón, el cilindro, guía de válvulas, bujes de árbol de levas, engranes de distribución, pernos y sellos del aceite, ejes de la bomba y la turbina del convertidor de par, flabes de la bomba o turbina del mismo.

En motoconformadores, palas mecánicas, aplanadoras, el desgaste se presenta, además del motor, en el círculo, balancín del círculo, bujes del tren delantero (en motoconformadoras), engranes de los tambores, círculo del mecanismo de oscilación (palas mecánicas), horquilla de tambor delantero, etc.

Es difícil estimar el tiempo de falla de algunos mecanismos, pues ésto depende de las multicitadas condiciones de operación. Aún así, se han elaborado cartas de lubricación y manuales de servicio para el equipo de construcción producido actualmente y la reconstrucción de ellos está normada por mediciones tomadas cuando se observa que el rendimiento del equipo no es el adecuado. En la Figura 3.7 se muestra una carta de lubricación con el periodo entre servicios medidos en horas.

CARTEL DE LUBRICACION



NOTA:

- a. El número arriba de la línea indica el "Intervalo de Lubricación."
- b. El número abajo de la línea indica "Intervalo de cambio de Aceite."

FIG. 3.7.- Carta de lubricación de un cargador Komatsu - Modelo D688-3.

COSTOS DE OPERACION Y POSESION

Durante el periodo de vida útil de una máquina, el usuario o propietario tiene que efectuar ciertos gastos por la posesión y la operación de su equipo, éstos se denominan "costos de operación y posesión". Cuando se somete a consideración la reconstrucción de un equipo de construcción, se debe analizar el historial de éste, para conocer el rendimiento que ha tenido durante su utilización.

Los costos de operación y posesión son:

- 1.- Depreciación.
- 2.- Interés, Seguro e Impuestos.
- 3.- Consumo de combustible.
- 4.- Lubricantes, filtros y grasas.
- 5.- Neumáticos.
- 6.- Tren de rodaje.
- 7.- Reservas para reparaciones.

Los costos mínimos de operación de la máquina dependen de la relación más acertada de la productividad y costos, representando además esta relación, la óptima eficiencia. Se puede evaluar el rendimiento con la siguiente relación:

COSTOS MINIMOS/HORA

= EFICIENCIA OPTIMA

MAXIMA PRODUCTIVIDAD POSIBLE/HORA.

Los costos de operación y posesión por hora dependen de varios factores y pueden variar mucho según el tipo de trabajo, precios locales de combustibles y lubricantes, los costos de embarque de las fábricas, las tasas de interés, etc.

El método propuesto para la estimación de los costos de operación y posesión de la maquinaria pesada que se utilizará en este trabajo, considera las siguientes normas:

- 1.- No se dan precios por artículos, deben ser obtenidos en la localidad.
- 2.- Los cálculos corresponden a la máquina completa, no es necesario hacer cál-

culos separados de la máquina básica, la hoja topadora, el control, etc.

3.- A causa de las diferentes normas de comparación, lo que para un dueño de — máquinas representa una aplicación severa, para otro tal vez sea mediana. — Por eso, a fin de describir mejor el uso de una máquina, se clasifican en — zonas las condiciones de operación y las utilizaciones.

4.- La unidad "Hora", se refiere a horas de reloj o de operación no a unidades del medidor de servicio.

DEPRECIACION

Es la pérdida de valor de una máquina en el mercado. La disminución del valor — de una máquina se debe a varios factores, entre ellos al deterioro y la obsolescencia. Como es de esperarse, en la maquinaria para la construcción, el deterioro se presenta en un gran número de casos por las condiciones de operación de — estos equipos, aún considerando los servicios regulares de mantenimiento. La obsolescencia es poco probable que se presente durante la vida útil del equipo, pues en términos generales, es relativamente corto.

Existen diversos métodos de depreciación de las máquinas, pero el más socorrido es el Método Acelerado. Existen dos métodos acelerados, el de doble tasa sobre saldos descendentes y el de la suma de los años dígitos. El efecto de cualquiera de estos métodos es el de depreciar aproximadamente las dos terceras partes del costo en la primera mitad de la vida útil estimada del activo. El gasto de depreciación en los métodos acelerados es mayor en los primeros años y menor en los últimos.

En los equipos para la construcción, la vida útil está medida en horas de operación. Es claro que si no se opera regularmente y si no que se hace en forma esporádica, puede llegar a ser obsoleto, aún cuando su vida útil en horas no haya llegado a su límite.

El valor de rescate es aquél que tiene una máquina al término de su vida útil.

En algunos casos se considera como nulo este valor, pero es indiscutible que casi todos los equipos tienen un valor de rescate, dependiendo, claro está, del estado físico que guarden al llegar a su fin el período de utilidad.

La cantidad de amortizar es la diferencia entre el costo de adquisición y el valor de rescate.

La Tabla 4.1 de la referencia 1, muestra los períodos de vida útil de productos Caterpillar, dependiendo de las condiciones de operación y utilización de éstos.

En la clasificación dada en la Tabla 4.1, según los servicios de conservación, pueden ser acortados los períodos de vida útil. Se hace la observación que un buen servicio de mantenimiento, puede incrementar los intervalos dados.

INTERESES, SEGUROS E IMPUESTOS

Los intereses se consideran como el costo por el empleo del capital. Algunos contratistas los consideran en la cuenta de gastos generales, en tanto que otros como costos de operación y posesión. Deben tomarse en cuenta los impuestos que gravan la propiedad o el uso, y que pueden asignarse a una máquina específica.

La gráfica de la Figura 4.1 puede usarse como guía para estimar los costos de operación y posesión por intereses, servicios e impuestos.

Para hallar los costos por hora de intereses, seguros e impuestos, comience en la escala inferior, en el punto correspondiente a la tasa anual por año. Luego ascienda verticalmente hasta la diagonal que representa las horas correspondientes de trabajo anual. De ahí pase horizontalmente a la izquierda hasta la escala de factores multiplicadores. Utilice el factor hallado en la fórmula siguiente:

COSTO POR HORA APROXIMADO DE
INTERESES, SEGUROS E IMPUESTOS

= $\frac{\text{FACTOR POR PRECIO DE ENTREGA}}{1000}$

1000

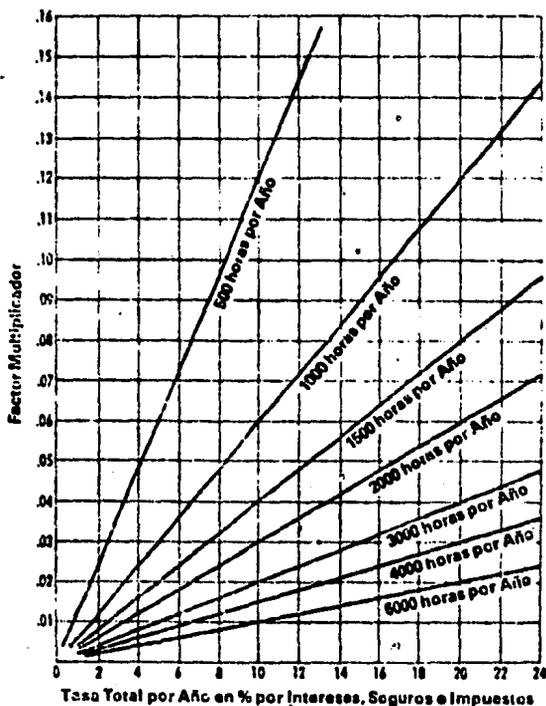


FIG. 4.1.- Guía para estimar los costos por hora de intereses, seguros e impuestos.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible de los equipos de construcción no es uniforme durante la jornada de trabajo y la causa es que durante los ciclos de trabajo existen tiempos de marcha en vacío, maniobras, recorridos en retroceso, etc.

El consumo de combustibles por hora puede estimarse utilizando el factor de carga. El factor de carga se refiere a la utilización de la máquina a plena carga. Cuando una máquina de construcción se utiliza a plena carga, se dice que tiene un factor de carga de 1.0, pero pocas veces lo mantienen por tiempo considerable.

El factor de carga puede estimarse según las condiciones de trabajo de los diferentes equipos utilizados en la construcción. Este factor de carga puede divi-

dirse en alto, medio y bajo, de acuerdo al tipo de trabajo que desempeñe el equipo y además haciendo distinción entre éstos.

Conociendo el consumo de combustible por hora, se puede estimar el costo de combustible por hora al efectuar el producto de éste por el precio del litro de combustible. En la referencia 2 y las tablas 4.2 se proporcionará información sobre consumo de combustible y guía sobre los factores de carga para diferentes equipos para la construcción fabricados por Caterpillar.

LUBRICANTES, FILTROS Y GRASAS

El costo por estos conceptos puede incrementarse cuando se disminuyen los periodos de mantenimiento, pero prolongan el periodo de utilización de la maquinaria.

Los diferentes fabricantes de maquinaria pesada deben proporcionar el consumo de lubricantes y grasas por horas de operación de sus productos. Si se conoce el consumo por hora de lubricantes y grasas al efectuarse el producto de éste con el precio de los lubricantes y grasa, se obtiene el costo por hora por estos conceptos.

Relativo a los filtros, de manera similar al costo por hora de lubricantes y grasa, se puede calcular el costo por hora en filtros.

Una vez establecida la vida útil de la máquina particular y sabiendo los periodos para el cambio de filtros, se considera el consumo de filtros por hora, que al ser multiplicado por el precio de cada uno de los diferentes filtros, se obtiene el costo de filtros por hora.

NEUMATICOS

Los costos de neumáticos son una parte considerable de los costos por hora de toda máquina de ruedas, se puede hacer una buena estimación si se utilizan las cifras de duración de los neumáticos, basándose en la experiencia, con los precios que el usuario paga por los neumáticos de reemplazo.

Para casos en que no se tenga experiencia, se muestran al final del capítulo, en la referencia 3, gráficas de estimación de la vida útil de los neumáticos, según el tipo de máquina y las condiciones de operación de éstos, haciéndose las siguientes consideraciones:

- Las gráficas no consideran la duración extra con revitalización. Se supone que los neumáticos se utilizan hasta que no sirvan, aunque esto no se recomienda en muchos casos..
- Se basa en neumáticos estándar de máquina.
- No se considera la ruina súbita (reventón) a causa de haber excedido las limitaciones.

ZONAS DE UTILIZACION

ZONA A.- Empleo en los cuales la banda de rodadura de todos los neumáticos se desgasta totalmente a causa de la abrasión.

ZONA B.- Utilizaciones en que los neumáticos se desgastan, pero otros fallan prematuramente debido a que las rocas producen cortes, desgarraduras y pinchaduras que no pueden repararse.

ZONA C.- Empleos en que la banda de rodadura solo se desgastó del todo en unos cuantos neumáticos, o en ninguno, pues generalmente se arruinan a causa de los cortes en las rocas.

Como ayuda inicial, para estimación de la vida útil de los neumáticos de máquina de acero, la Good Year Tire and Rubber Co., proporciona la información resumida en la Tabla 4.III, de la referencia 4 de las últimas páginas del capítulo.

La Good Year Tire and Rubber Co., recomienda:

"..... al presente no hay método completamente exacto e infalible de predecir la duración de los neumáticos. Los ingenieros de esta industria tienen muchos métodos teóricos, pero usualmente son tan complicados y requieren tanto tiempo, que no es práctico utilizarlos en el trabajo."

" Sin embargo, esta industria ha hecho muchos estudios sobre el rendimiento de los neumáticos y han hallado un sistema para hacer estimaciones aproximadas de la duración, los estudios hechos por las compañías principales de neumáticos y los fabricantes principales de equipo, por lo menos, están totalmente de acuerdo."

Puesto que los neumáticos se consideran artículos de cambio frecuente, en este método sobre costos de operación y posesión, el costo total de reemplazo se resta del precio de entrega de la máquina, para hallar el valor neto de amortización, los desembolsos en neumáticos se incluyen en los costos de operación;

$$\text{Costo de Neumáticos / Hora} = \frac{\text{Costo de Reemplazo de Neumático}}{\text{Horas estimadas de duración}}$$

TREN DE RODAJE

Los costos del tren de rodaje constituyen una porción importante de los costos de operación de las máquinas de cadenas. Y dichos costos pueden variar independientemente de los costos básicos de la máquina. En otras palabras, puede emplearse el tren de rodaje en un medio extremadamente abrasivo y de gran desgaste, mientras que para el resto de la máquina las condiciones son benignas y viceversa. Por esa razón se recomienda que el costo por hora del tren de rodaje se considere como un artículo de desgaste rápido.

Se pueden estimar los costos por hora del tren de rodaje, mediante el conocimiento de las condiciones de operación de la máquina de orugas en cuestión y conociendo el costo básico por hora. Este costo básico puede variar según las condiciones de operación, como se mencionaba anteriormente, tales como el tiempo atmosférico, la tendencia a la acumulación de tierra en las cadenas, las cargas en laderas, el ambiente corrosivo, etc. Los factores de operación como el retroceso a alta velocidad, las curvas cerradas, el resbalamiento de carriles bajo carga, etc.

RESERVAS PARA REPARACIONES

Las reparaciones son usualmente el renglón más alto de gasto en los costos de operación e incluyen todas las piezas y mano de obra directa (excepto el salario del operador) usadas en la máquina en cuestión. Los gastos generales del taller pueden incluirse en los gastos generales de la compañía o cargarse a las máquinas como porcentaje del costo directo de mano de obra.

Los costos por hora de reparación de una sola máquina suelen seguir un curso ascendente escalonado, pues los gastos principales en reparaciones ocurren a menudo en oleadas. Si se consideran los términos medios, los escalones se convierten en una curva ascendente. Puesto que esta curva de costos por hora en reparación se indica a nivel bajo y aumenta gradualmente, los costos por hora de operación deben ajustarse de continuo hacia arriba, a medida que envejece la máquina o usarse un costo medio de reparaciones que dé un valor uniforme por hora.

Puesto que al comienzo los costos en reparaciones son bajos, aumentando gradualmente al promediarlos se obtiene al principio un excedente de los fondos asignados, el cual se reserva para compensar los costos más altos que habrá después.

Las utilizaciones de las máquinas, así como las condiciones de operación y las tareas de conservación, influyen en los costos de las reparaciones. En cualquier utilización específica, las experiencias sobre los costos en trabajos similares es la mejor base para establecer la reserva de reparaciones por hora. En el curso de los años se han reunido datos basados en la experiencia de diversos usuarios sobre los costos de reparación por hora de toda una línea de máquinas, en una gran variedad de utilizaciones y condiciones de trabajo.

FACTIBILIDAD ECONOMICA DE LA RECONSTRUCCION

Al considerarse la reconstrucción de una máquina para la construcción deben tomarse en cuenta los costos de operación en que ha incurrido durante el período

de su vida útil. Al finalizar el período de utilización de una máquina existen dos alternativas; la reconstrucción integral o la adquisición de un equipo nuevo con características similares. Existen casos en que ciertos equipos, aún cuando han llegado al final de su vida útil, tienen un rendimiento aceptable, debido en gran parte al adecuado servicio de conservación. Si el caso del que se trata no es el mencionado, al analizar los costos de operación, estos reflejarán, sobre todo en la fase final de la vida útil, el estado físico de algunos mecanismos. Los indicadores de la necesidad de reconstrucción pueden ser, entre otros, el consumo excesivo de combustible, consumo excesivo de lubricantes, baja potencia del motor, fugas de aceite del circuito hidráulico, ruidos en la caja principal, desgaste excesivo en los ejes vivos, rueda guía, rueda impulsora, calentamiento excesivo del motor, etc.

La máquina que se contempla reconstruir no debe ser de un modelo demasiado antiguo, por la razón que representa la dificultad en la consecución de las refacciones. El costo por espera de refacciones es un costo elevado, sobre todo en países como el nuestro, debido a que en su gran mayoría los equipos para la construcción son de importación.

Actualmente en la Dirección General de Maquinaria y Transporte de la SAHOP, se encuentra un equipo muy antiguo que ha sobrepasado hasta en un 200% su vida útil, operando con rendimientos aceptables.

Por lo mencionado anteriormente se debe analizar la oferta de refacciones en el mercado durante el período de utilización del equipo reconstruido, considerando el 80% de la vida de servicio de un equipo nuevo con características similares.

Para el caso de motocoformadoras fabricadas por Caterpillar Tractor Co. Modelo 12, producidas en 1958, existen problemas para la adquisición de las ruedas delanteras y el tren de engranes para mover el círculo.

Una vez determinada la factibilidad en la adquisición de refacciones y efectuado las pruebas de diagnóstico necesarias a la máquina, se procederá a presupuestar el costo de reconstrucción. Esta presupuestación se hace por sistemas, ana-

lizando el estado físico de los componentes y verificando las especificaciones de los fabricantes.

El siguiente presupuesto es para reconstrucción de una motoconformadora propiedad de la SAHOP.

El costo por la adquisición de un equipo nuevo con características similares es de \$ 3'584,568.30 (en 1980), obteniéndose un ahorro de \$2'294,177.30, que representa el 36% del costo de adquisición.

Los datos que se presentan a continuación pertenecen a un caso aislado. Pero — considerando el volumen que actualmente existe en diversos equipos de construcción y con el constante incremento de la flotilla en las diferentes empresas — constructoras, lo cual representa mayor demanda de esta clase de servicio y se reflejan los beneficios que representa la reconstrucción de maquinaria.

PRESUPUESTO DE RECONSTRUCCION DE UNA MOTOCONFORMADORA MCA.
HUBER MODELO F-1700

<u>NO. DE PARTE</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANT.</u>	<u>D/R</u>	<u>P.U.</u>	<u>P. T.</u>
BASTIDOR:					
500524	BASTIDOR MOTOCONFORMADORA	1	R		6850,00
101979	PLACA TOPE	1	O	250,00	250,00
101930	PLACA TOPE	3	O	299,00	897,00
101945	BUJE INDICE	1	O		564,00
101946	BUJE DE YUGO	4	O	864,00	3456,00
101264	PERNO DE TIRO	1	O		689,00
260104	ESTRIBO IZQUIERDO	1	O		490,00
260105	ESTRIBO DERECHO	1	O		490,00

PIEZAS	(O)	6856,00
"	(R)	6850,00

MECANISMO DE DIRECCION:

100224	RODAMIENTO DE AGUJAS	2	O	499,00	998,00
100233	BUJE	1	O		123,00
100225	RETEN	1	O		82,00
100241	RODAMIENTO AXIAL	2	O	1270,00	2540,00
100247	ANILLO "O"	2	O	61,00	122,00
100234	VALVULA HIDRAULICA	1	O		13468,00
100249	ROLDANA CONCAVA	1	O		82,00
100328	RODAMIENTO	1	O		90,00
100246	RETEN	1	O		170,00
100245	CANDADO CIRCULAR	1	O		41,00
300041	EJE PITMAN	1	O		4,274,00

PIEZAS	(O)	21,990,00
--------	-----	-----------

CONTROL DE LA DIRECCION:

102513	VOLANTE	1	0		901,00
102516	CUÑA	1	0		83,00
020352	CUÑA	5	0	19,00	95,00
020351	PERNO ELASTICO	4	0	22,00	88,00
203097	JUNTA UNIVERSAL	1	0		3,086,00
203696	JUNTA UNIVERSAL	1	0		4,306,00
102511	PASADOR	1	0		82,00
200061	JUNTA UNIVERSAL	1	0		2,639,00

PIEZAS (0) 11,280,00

BARRA DE ARRASTRE:

300076	BARRA DE ARRASTRE	1	0		7,747,00
--------	-------------------	---	---	--	----------

PIEZAS (0) 7,747,00

EJE DELANTERO:

404553	BASTIDOR DEL EJE	1	R		4,500,00
101345	BUJE	2	0	926,00	1,852,00
101352	PERNO	1	0		614,00
100520	RONDANA	3	0	140,00	420,00
300807	BARRA INCLINACION	1	0		7,953,00
100849	PERNO CANDADO	1	0		66,00
100850	CANDADO	1	0		363,00
200407	PERNO IZQ. BARRA INCL.	1	0		2,642,00
200398	PERNO DER. BARRA INCL.	1	0		2,719,00
101349	CUBREPOLVO PERNO VERT.	2	0	225,00	450,00
101348	PERNO VERTICAL	2	0	2,661,00	5,322,00

100407	ENPQUE	2	0	490.00	980.00
200641	CONO DE RODAMIENTO	2	0	747.00	1,494.00
200688	TAZA DE RODAMIENTO	2	0	709.00	1,418.00
200640	CONO DE RODAMIENTO	2	0	1,088.00	2,176.00
200639	TAZA DE RODAMIENTO	2	0	698.00	1,396.00
101342	RETEN DE ACEITE	2	0	630.00	1,260.00
200636	ANILLO DE DESGASTE	2	0	915.00	1,830.00
102203	BIRLO	30	0	24.00	720.00
102205	MORDAZA	30	0	120.00	3,600.00
102204	TUERCA	30	0	14.00	420.00
101340	TUERCA CASTILLO	2	0	506.00	1,012.00
101341	ROLDANA	2	0	224.00	448.00
020035	CHAVETA	2	0	1.00	2.00

PIEZAS (0) 17,344.00

CONTROLES DEL FRENO DE ESTACIONAMIENTO DE SERVICIO Y DE EMBRAGUE;

200746	CABLE	4	0	2,059.00	8,236.00
103160	REPUESTO BALATAS DE EST.	1	0		1,223.00
103328	REPUESTO BALATAS DE EST.	4	0	1,390.00	5,560.00
201192	CILINDRO DE RUEDA	8	0	1,742.00	13,936.00
403148	CILINDRO MAESTRO	1	0		25,589.00
	CILINDRO ESCLAVO	1	0		473.00

PIEZAS (0) 55,017.00

CABINA Y SUB-CABINA:

101224	TACON FRONTAL	4	0	70.00	280.00
400845	CABINA CORTA	1	R		1,500.00
400844	SUB-CABINA	1	R		1,500.00
402214	TECHO	1	0		3,304.00
202601	SOPOORTE DELENTERO IZQ.	1	0		1,821.00

202602	SOPORTE DELANTERO DER.	1	0		11,954.00
202597	SOPORTE POSTERIOR	1	0		1,899.00

	PIEZAS		(0)		19,258.00
	"		(R)		3,000.00

BARRA DE TIRO Y CIRCULO:

500104	GRUPO DE BARRA DE TIRO	1	R		3,500.00
109971	ROTULA	1	0		2,066.00
108930	ROTULA DE LEVANTE	2	0	791.00	1,582.00
203722	LAINA	5	0	209.00	1,045.00
109981	PLACA SUPERIOR	2	0	437.00	854.00
208727	GUIA FRONTAL	2	0	776.00	1,552.00
203823	PLACA INFERIOR	2	0	427.00	854.00
109982	PLACA SOP. DESGASTE	2	0	386.00	770.00
203728	GUIA TRASERA	2	0	1,165.00	2,330.00
203724	PLACA INFERIOR	2	0	490.00	980.00
403261	CIRCULO	1	R		10,500.00

	PIEZAS		(0)		12,023.00
	"		(R)		14,000.00

VERTEADOR Y CUBIERTA:

400783	VERTEADOR	1	0		39,000.00
302590	SOPORTE DERECHO	1	R		4,500.00
302592	SOPORTE IZQUIERDO	1	R		4,500.00
101145	PLACA TOPE	8	0	381.00	3,048.00
105931	PLACA DE DESGASTE	8	0	105.00	848.00
112336	PLACA DE DESGASTE	4	0	147.00	588.00
200648	PROTECCION DERECHA	1	0		1,892.00
300649	PROTECCION IZQUIERDA	1	0		1,637.00
300651	PROTECCION DEL VERTEADOR	1	0		1,872.00

200988	ADAPTADOR DERECHO	1	0		1,970.00
200989	ADAPTADOR IZQUIERDO	1	0		1,970.00
204290	MORDAZA	2	0	270.00	540.00
104810	TORNILLO	2	0	990.00	1,980.00
020152	TUERCA	2	0	114.00	228.00
020149	TUERCA	2	0	292.00	584.00
204991	PERNO	2	0	990.00	1,980.00

PIEZAS	(O)	58,137.00
"	(R)	9,000.00

CAJA DE ENGRANES DEL CIRCULO:

102558	EMPAQUE	1	0		30.00
102510	CANDADO CIRCULAR	1	0		25.00
112586	ENGRANE	1	0		1,250.00
020366	CUÑA	1	0		74.00
112554	BIJE	1	0		523.00
112553	BIJE	3	0	557.00	1,671.00
204367	EMPAQUE	1	0		119.00
112557	CANDADO CIRCULAR	2	0	123.00	246.00
020255	CUÑA	1	0		339.00
400502	CORONA	1	0		3,500.00
101202	RETEN DE ACEITE	1	0		570.00
204390	EJE	1	R		950.00
300322	PIÑON	1	R		800.00
112554	BIJE	1	0		557.00
112555	LAINA	5	0	40.00	200.00
109338	EMPAQUE	1	0		40.00
112559	RONDANA TOPE	1	0		462.00

PIEZAS	(O)	9,606.00
"	(R)	1,750.00

BOMBA HIDRAULICA Y LUBRICACION DE EMBRAGUE:

401707	BOMBA HIDRAULICA	1	0		38,830.00
102396	JUNTA	2	0	832.00	1,664.00
102861	YUGO	1	0		5,399.00

PIEZAS (0) 45,863.00

VALVULA HIDRAULICA 7 ESTACIONES:

202944	SECCION DE ENTRADA	1	0		8,354.00
107540	ANILLO "0"	24	0	84.00	1,296.00
107556	ANILLO "0"	7	0	61.00	427.00
107533	ANILLO "0"	14	0	54.00	756.00
107532	BIRLO	14	0	61.00	854.00
107541	EMPAQUE	7	0	54.00	378.00
107531	ANILLO "0"	7	0	62.00	434.00
107539	ANILLO "0"	1	0		126.00
107563	ANILLO "0"	2	0	110.00	220.00

PIEZAS (0) 12,845.00

LINEAS HIDRAULICAS DE ELEVACION Y MOV. TRANSVERSAL:

100806	ANILLO "0"	6	0	60.00	360.00
102470	CONECTOR	4	0	99.00	396.00
102884	ANILLO "0"	4	0	9.00	36.00
202174	VALVULA DE NO RETORNO	2	0	5,736.00	11,472.00
160421	MANGUERA	2	0	829.00	1,658.00
102584	ANILLO "0"	2	0	9.00	18.00
100506	ANILLO "0"	6	0	6.00	36.00
102709	ABRAZADERA	5	0	29.00	145.00
400863	TUBO	1	0		250.00
400864	TUBO	1	0		205.00
101487	MANGUERA	2	0	620.00	1,240.00
160417	MANGUERA	2	0	420.00	840.00

PIEZAS

(0)

16,656.00

LINEAS HIDRAULICAS DEL VERTEADOR DESLIZANTE, VALVULA GIRATORIA :

100605	ANILLO "0"	1	0		6.00
102633	MANGUERA	2	0	988.00	1,976.00
102637	ABRAZADERA	1	0		254.00
302048	VALVULA GIRATORIA	1	0		2,700.00
101484	MANGUERA	2	0	734.00	1,468.00
2 01036	TUBO	2	0	341.00	682.00
102709	ABRAZADERA	2	0	29.00	58.00
201069	BASE	2	0	178.00	356.00
102691	ABRAZADERA	2	0	51.00	102.00

PIEZAS

(0)

7,602.00

LINEAS HIDRAULICAS DEL ESCARIFICADOR:

100605	ANILLO "0"	2	0	6.00	12.00
101487	ADAPTADOR	1	0		382.00
101482	MANGUERA	4	0	834.00	3,336.00
102709	ABRAZADERA	2	0	29.00	58.00
102584	ANILLO "0"	4	0	9.00	36.00

PIEZAS

(0)

3,824.00

LINEAS HIDRAULICAS DEL CIRCULO:

100605	ANILLO "0"	2	0	6.00	12.00
101487	MANGUERA	2	0	620.00	1,240.00
102834	BUEJADOR	1	0		120.00
102893	ANILLO "0"	2	0	9.00	18.00

PIEZAS

(0)

1,390.00

LINEAS HIDRAULICAS DE LA DIRECCION:

101480	MANGUERA	2	0	443,00	886,00
102709	ABRAZADERA	2	0	29,00	58,00
102893	ANILLO "0"	2	0	9,00	18,00
200465	BLOCK LINEA DE RETORNO	1	0		913,00
102893	ANILLO "0"	1	0		9,00
160217	PROTECCION	1	0		186,00
101478	MANGUERA	2	0	612,00	1,224,00
100605	ANILLO "0"	2	0	6,00	12,00
102584	ANILLO "0"	3	0	9,00	27,00
	PIEZAS		(0)		3,333,00

LINEAS HIDRAULICAS DEL CILINDRO INCLINACION RUEDAS:

100974	CONECTOR	2	0	114,00	228,00
100805	ANILLO "0"	2	0	6,00	12,00
101920	MANGUERA	1	0		740,00
107736	MANGUERA	1	0		1,080,00
100805	ANILLO "0 "	2	0	6,00	12,00
	PIEZAS		(0)		2,072,00

LINEAS REFORZADAS Y DIRECCION:

260336	MANGUERA	3	0	378,00	1,134,00
160827	MANGUERA	1	0		410,00
110371	MANGUERA	1	0		378,00
	PIEZAS		(0)		1,922,00

LINEAS RADIADOR:

203060	MANGUERA	1	0		458,00
102880	MANGUERA	1	0		458,00
102882	MANGUERA	1	0		366,00

260077	TENSOR	2	0	902,00	1,804,00
101337	ABRAZADERA	6	0	77,00	462,00
301243	VALVULA	1	0		1,300,00
301244	TUBO	1	0		110,00
102866	MANGUERA	1	0		110,00

PIEZAS (0) 5,067,00

LINEAS DE COMBUSTIBLE Y FILTRO:

201141	VALVULA DE RETENCION	1	0		1,773,00
101920	MANGUERA	1	0		740,00
101487	MANGUERA	1	0		640,00
104227	MANGUERA	1	0		269,00
160780	FILTROS CUATES	1	0		326,00

PIEZAS (0) 3,748,00

CONJUNTO DE CILINDRO DE CILINDROS HIDRAULICOS Y EMPAQUETADURAS:

105108	EMPAQUETADURA CABEZAL	4	0	170,00	680,00
100388	EMPAQUETADURA CABEZAL	1	0		176,00
100266	EMPAQUETADURA CABEZAL	3	0	133,00	399,00
100787	EMPAQUETADURA PISTON	10	0	360,00	3,600,00
100268	EMPAQUETADURA PISTON	4	0	147,75	471,00
101182	EMPAQUETADURA PISTON	2	0	210,00	420,00
101290	RETEN LIMPIADOR	3	0	98,00	294,00
100392	RETEN LIMPIADOR	5	0	238,00	1,190,00
100389	SELLO "O"	5	0	17,00	85,00
101249	SELLO "O"	3	0	9,00	27,00
101248	SELLO "O "	3	0	9,00	27,00
101338	SELLO "O"	5	0	9,00	45,00
100391	SEGURD	5	0	36,00	180,00
100390	SEGURD PISTON	10	0	72,00	720,00
100267	SEGURD CABEZAL	2	0	24,00	46,00

100268	SEGURD PISTON	6	0	39,00	234,00
400437	CILINDRO DEZLIZAMIENTO VER.	1	0		22,715,00
400430	CILINDRO DE LEVANTE CIR.	1	0		20,771,00
200545	VASTAGO INCLINACION	1	0		10,671,00
400101	YUGO	1	0		5,439,00
113085	BUJE	1	0		714,00
113084	RETEN	2	0		409,00
100968	BALEERO BUJES	1	0		840,00
101151	SEGURD CIRCULAR	1	0		98,00
203369	SOPORTE	1	0		1,913,00

PIEZAS (0) 72,165,00

MOTOR HIDRAULICO, GIRO CIRCULO:

102031	CANDADO CIRCULAR	1	0		78,00
102041	ANILLO "0"	1	0		481,00
102035	ANILLO "0"	1	0		69,00
102032	ANILLO "0"	1	0		49,00
102039	PISTA DE RODAMIENTO AXIAL	2	0	892,00	1,784,00
103040	RODAMIENTO AXIAL	1	0		892,00
102038	BUJE	1	0		664,00
102036	RODAMIENTO DE AGUJAS	4	0	1,451,00	5,840,00
106901	EMPAQUE	2	0	48,00	96,00
102045	PLACA	2	0	1,856,00	3,712,00
102047	SELLO	12	0	68,00	896,00
102049	ENGRANE	1	0		15,059,00
102050	CUÑA	1	0		312,00

PIEZAS (0) 29,686,00

RADIADOR:

100618	RADIADOR	1	0		19,079,00
301047	PARRILLA	1	0		1,448,00
102053	AMORTIGUADOR	4	0	84,00	336,00

260077	TENSOR	2	0	204,00	408,00
--------	--------	---	---	--------	--------

	PIEZAS		(0)		21,271,00
--	--------	--	-----	--	-----------

SISTEMA ELECTRICO :

102360	ARNES ALTERNADOR	1	0		476,00
101592	ARNES REGULADOR	1	0		362,00
400729	ARNES DEL ALTERNADOR	1	0		1,700,00
100419	ARNES	1	0		613,00
107701	BASE PARA LAMPARA	1	0		346,00
103156	LAMPARA	5	0		110,00
301868	ARNES FOODS TABLERO	1	0		1,500,00
460070	ARNES STANDAR	1	0		1,758,00
460069	ARNES PRINCIPAL	1	0		1,472,00
101743	ARNES	2	0	34,00	68,00
202711	ARNES	1	0		342,00
102119	EMPAQUE TABLERO	1	0		88,00
102120	EMPAQUE TABLERO	2	0	120,00	240,00
101481	BOTON BOCINA	1	0		212,00
102123	HOROMETRO	1	0		1,572,00
202992	MANOMETRO	1	0		2,267,00
102610	TERMOMETRO	1	0		618,00
202613	INDICADOR NIVEL COMB.	1	0		621,00
202609	VOLTIMETRO	1	0		622,00
101494	INTERRUPTOR BASCULANTE	3	0	54,00	162,00
101744	ALAMBRE	1	0		288,00
260093	ARNES CALAVERA	1	0		1,572,00
260092	ARNES POSTERIOR	1	0		1,744,00
101744	ALAMBRE	1	0		144,00
101745	ALAMBRE	1	0		587,00
200635	ARNES BULBO FRENO	1	0		105,00
101483	BATERIA	1	0		3,307,00

200806	FARO	2	0	740,00	1,480,00
200126	CALAVERAS	2	0	432,00	864,00
204046	BULBO PRESION ACEITE	1	0		206,00
S/N	ARNES DE MARCHA	1	0		1,105,00
300463	INTERRUPTOR	1	0		1,105,00
111504	INTERRUPTOR AUTOMATICO	3	0	233,00	699,00
200645	ARNES	1	0		194,00
200827	ARNES	1	0		60,00
111671	CABLE BAT. TIERRA	1	0		224,00
111672	CABLE BAT. MARCHA	1	0		224,00
301040	ARNES MOTOR	1	0		942,00
106866	BULBO PRESION	1	0		500,00
200999	BULBO TEMP. MOTOR	1	0		214,00
201000	BULBO HOROMETRO	1	0		1,812,00
103112	CABLE TIERRA MOTOR	1	0		552,00
300421	ARNES TABLERO	1	0		1,082,00
200613	ARNES FLOTADOR	1	0		60,00
301537	FLOTADOR	1	0		297,00
200999	CABLE BOCINA	1	0		168,00
102180	CABLE BOCI. NA TIERRA	1	0		45,00
100810	BOCINA	1	0		1,352,00
200782	ARNES FAROS	1	0		1,324,00
101743	ARNES	1	0		340,00

PIEZAS (0) 37,438,00

ESCAPES:

100986	SOPORTE HULE MOTOR	4	0	84,00	336,00
201698	TUBO ESCAPE	2	0	1,432,00	2,864,00
101327	SILENCIADOR	2	0	1,100,00	2,200,00
104084	SOPORTE LONA ESCAPE	4	0	84,00	336,00
102976	COLILLA ESCAPE	2	0	136,00	272,00
101812	ABRAZADERA	4	0	228,00	912,00

201730	GUARDA PROTECTORA	1	0		214,00
101331	SOPORTE	4	0	91,00	364,00
104905	ELEMENTO FILTRO DE AIRE	1	0		1,872,00

PIEZAS (0) 9,370,00

CARDANES:

102417	REPUESTO CARDAN	2	0	832,00	1,664,00
300304	FLECHA CARDAN	1	0		28,867,00
300303	FLECHA CARDAN	1	0		18,475,00

PIEZAS (0) 47,342,00

EMBRAGUE:

400949	DISCO POSTERIOR	1	0		6,412,00
400948	DISCO FR ONTAL	1	0		6,418,00
401940	CONJUNTO EMBRAGUE	1	R		4,200,00
102107	COLLARIN	1	0		834,00
S/N	VOLANTE MOTOR	1	R		600,00
102896	PLATO INTERMEDIO	1	R		600,00
301044	EMPAQUE CAMPANA	1	0		217,00
100989	RETEN	2	0	191,00	382,00
100954	BALERO SALIDA	2	0	746,00	1,492,00
103322	RETEN	1	0		252,00
101482	ANILLO "0"	1	0		23,00
101891	EMPAQUE	1	0		26,00
400370	FLECHA	1	0		9,928,00
100960	CANDADO	2	0	88,00	176,00
102117	ESLABON	1	0		395,00
102116	ESLABON	1	0		160,00
101019	YUGO	1	0		814,00
102118	ESLABON	1	0		908,00
102671	TERMINAL	1	0		640,00

102483	YUGO	1	0	370,00
101992	PERNO	2	0	90,00
100951	SEGURO	1	0	108,00

PIEZAS (O) 26,842,00

PIEZAS (R) 5,400,00

FRENO SINCRONIZADOR:

302382	DISCO DE ACCIONAMIENTO	1	0	684,00
100854	BALERO	1	0	746,00

PIEZAS (O) 1,630,00

TRANSMISION DANA:

300851	EMPAQUE	1	0	670,00
100886	AMORTIGUADOR	1	0	69,00
200836	COLADERA	1	0	1,396,00
10194	ODDO	1	0	1,396,00
101803	CONEXION "T"	1	0	3,589,00
101792	ODDO	1	0	237,00
201065	TUBO	1	0	542,00
101791	CONEXION	1	0	41,00
030138	CONEXION "T"	1	0	75,00
202247	CONEXION "T"	1	0	1,380,00
101793	ODDO	1	0	193,00
101808	BALERO	2	0	1,894,00
101780	SELLO "O"	1	0	13,00
101781	RETEN ENTRADA	1	0	233,00
101801	BALERO POST. Y FRONT.	2	0	843,00
101807	BALERO	4	0	1,508,00
300843	EMPAQUE	2	0	129,00
101782	SELLO "O"	1	0	288,00
102599	ELEMENTO FILTRO	1	0	40,00
				102,00

107792	JGO. LAINAS	2	0	578.00	1,156.00
101678	TAZA RODAMIENTO	2	0	625.00	1,250.00
101679	COND RODAMIENTO	2	0	1,482.00	2,964.00
107791	JGO. LAINAS	2	0	714.00	1,428.00
109199	ANILLO "O"	2	0	243.00	486.00
200867	MEDIA PLACA EMPUJE	4	0	2,507.00	10,028.00
101682	RODAMIENTO	2	0	1,832.00	3,664.00
107402	CANDADO CIRCULAR	2	0	44.00	88.00
402153	MANGA	2	R		8,000.00
402387	BRIDA	2	0		12,082.00
400552	BOPORTE	1	0		8,226.00

PIEZAS (O)

52,799.00

" (R)

8,000.00

TANDEMIS:

101974	JUNTAS	4	0	649.00	2,596.00
101975	RETEN	4	0	649.00	2,596.00
101972	JUNTA LAINA	40	0	40.00	1,600.00
109287	LAINA	4	0	94.00	376.00
101988	COND RODAMIENTO	4	0	1,566.00	6,224.00
101967	TAZA RODAMIENTO	4	0	611.00	2,444.00
101964	COND RODAMIENTO	4	0	986.00	3,944.00
101965	TAZA RODAMIENTO	4	0	517.00	2,068.00
020074	CHAVETA	2	0	2.00	4.00
102842	MANGUERA	2	0	216.00	432.00
201124	ENSAMBLE TUBO	4	0	730.00	2,920.00
201123	ENSAMBLE TUBO	4	0	403.00	1,612.00
180203	EMPAQUE	1	0	25.00	25.00
180204	EMPAQUE	1	0		25.00
102136	CONEXION	2	0	250.00	500.00
102842	MANGUERA	2	0	216.00	432.00
102823	UNION	2	0	206.00	410.00

201124	TUBO	2	0	120,00	240,00
102829	TUBO	2	0	135,00	270,00
102825	UNION	2	0	103,00	206,00

PIEZAS (0) 28,924,00

MAZAS TRASERAS:

102185	CUNA	4	0	296,00	1,184,00
020088	CHAVETA	4	0	8,00	32,00
102203	BIRLO	56	0	24,00	1,344,00
102205	MARIPOSA	56	0	120,00	6,720,00
020387	TUERCA	4	0	437,00	1,748,00
030034	TAPO N	7	0	60,00	420,00
500086	MAZA	4	R		6,000,00

PIEZAS (0) 11,448,00

" (R) 6,000,00

ESCARIFICADOR:

301969	BRAZO IZQ.	1	R		400,00
301970	BRAZO DERECHO	1	R		400,00
300810	BLOCK ESCARIFICADOR	1	R		2,700,00
012040	TORNILLO	2	0	112,00	224,00
200173	MORDAZA	2	0	260,00	520,00
012048	TORNILLO	2	0	247,00	494,00

PIEZAS (0) 1,238,00

" (R) 3,500,00

COFRES:

203388	CUBIERTA LATERAL IZQ.	1	0	2,380,00
203388	CUBIERTA LATERAL DER.	1	0	2,906,00
302025	COFRE CENTRAL	1	0	914,00
402720	COFRE DELANTERO	1	0	1,387,00

PIEZAS (0) 7,537,00

FALTA NTES DEL MOTOR**ENSAMBLE: PURIFICADOR DE AIRE.**

401644	PURIFICADOR DE AIRE	1	0	15,073,00
203097	TIRANTE	1	0	1,300,00
402551	SOPORTE	1	0	790,00
103026	CUBIERTA	1	0	1,345,00
104981	EXTENSION	1	0	1,886,00
104901	REDUCTOR	1	0	786,00
202186	ENSAMBLE DE CODO	1	0	2,286,00
102311	CODO DE HULE	1	0	1,232,00
260134	TUBO	1	0	354,00
180227	CODO DE HULE	1	0	811,00

PIEZAS (0) 25,863,00

FILTRO DE DERIVACION PASO DE ACEITE:

A-5229A-05	CJTO. FILTRO ACEITE	1	0	1,400,00
10213-05	ELEMENTO ENFRIADOR	1	0	4,825,00
B-37144-05	CJTO. DE FILTRO	1	0	3,200,00
A-6638-05	CJTO. POLEA VENTILADOR FLECHA	1	0	2,900,00

PIEZAS (0) 12,325,00

RESUMEN DE COSTOS

PIEZAS DE CAMBIO OBLIGADO (O)	854,927.00
PIEZAS RECONSTRUIDAS (R)	79,202.00
AJUSTE DE MOTOR	85,000.00
PINTURA	15,000.00
MANDO DE OBRA	139,000.00
	<hr/>
	1'173,129.00
IMPUESTO	<hr/>
	117,312.00
	<hr/>
TOTAL	1'290,441.00

NOTA.- Este presupuesto fue obtenido en el año de 1980, y el cual ha sido comparado con el costo de máquina nueva para ese año, arrojando un porcentaje de 35 % del valor de adquisición de una máquina nueva con características similares. En la actualidad el costo de una motoconformadora de este tipo se encuentra alrededor de los 18'000,000.00 de pesos, tendiendo por lo tanto un incremento al costo de refacciones y mano de obra en la reconstrucción de un 500 % aproximadamente.

En la SAHOP se ha instrumentado un programa para la reconstrucción de maquinaria que a partir de 1977 ha arrojado los resultados resumidos en la tabla siguiente:

AÑO DE 1977

No. Unidades Reconstruidas	26	
Gasto en Reconstrucción	\$ 8'190,219	31%
Gasto de adquisición si se reemplazan las máquinas reconstruidas	26'546,100	69%
Ahorro obtenido	18'355,880	

AÑO DE 1978

No. Unidades Reconstruidas	30	
Gasto en Reconstrucción	10'257,000	35%
Costo de adquisición si se reemplazaran las unidades reconstruidas	26'628,000	66%
Ahorro obtenido	19'971,000	

AÑO DE 1979

No. Unidades Reconstruidas	34	
Gasto en Reconstrucción	18'846,813	40%
Costo de adquisición si se reemplazaran las unidades reconstruidas	46'705,070	60%
Ahorro obtenido	27'858,257	

Los ahorros obtenidos con la reconstrucción de maquinaria, se encuentran alrededor del 65%, lo que indica un costo promedio de reconstrucción del 35% del costo de máquina nueva, aún considerando las ganancias del particular.

Tomando en consideración el crecimiento de la Plantilla de Maquinaria de la SAHOP, se espera obtener los ahorros resumidos a continuación:

	1980	1985	2000
COSTO DE ADQUISICION	\$ 183'972,143	243'492,542	561'656,131
COSTO DE RECONSTRUCCION	64'360,280	86'222,369	196'579,646
AHORROS	119'581,893	158'270,152	365'076,485

ANALISIS BENEFICIO - COSTO

En el proyecto denominado "Bolsa Reguladora" de la SAHOP, se espera obtener ahorro por espera de refacciones y máquina caída, del orden del 30%, pues se tiene considerada la reconstrucción en serie de piezas y mecanismos, que en un momento dado servirán como un "stock" de refacciones para la maquinaria a reconstruir.

Para el caso de los costos de Construcción de la Bolsa Reguladora de la SAHOP, se presentan a continuación las erogaciones por este concepto en forma resumida.

Se ha contemplado la construcción de seis talleres para la reconstrucción de maquinaria, pero para los efectos de este trabajo, se resumirán los costos para uno solo de ellos, considerando que el acondicionamiento de este se hará con maquinaria propiedad de la SAHOP.

Suponiendo que el terreno es propiedad de la SAHOP y que ha sido acondicionado, se tienen los costos siguientes:

Costo por cercado: \$ 516.00 Metro Lineal.

Incluye: Malla de alambre galvanizado con una altura de 2.5 m. con postes de tubo.

3 hilos de alambre de púas como protecc —
ción en la parte superior de la malla.
2 puertas de 5 m. c/u, con dos hojas re-
forzadas con ángulo interior.

Costo Total:

Considerando que el taller y patio de -
prueba será de 20 hectáreas, cuyo perimetro
resulta de 1800 m. y el área de uni-
dades en espera de reparación o unidades
de alta con un total de 2,100 m.

Se tiene el costo total:

COSTO PERIMETRO

516.00 \$/m x 2,100 mts. = \$ 1,083,600

Costo de Construcción

Tipo Industrial:

4,000 m²

Incluye:

Piso de concreto de 150 a 200 Kgs.

Muros de tabique.

Estructura de acero.

Techumbre de asbesto y acrílico.

Instalaciones sanitarias bajadas.

Canalón.

Registro.

Alumbrado industrial.

Considerando un área industrial de 13,452 m² se tiene que el costo del área in-
dustrial es:

Area Industrial	Costo
13,425 m ²	x \$ 4,000 \$/m ² = \$ 537,000.00

Costo de las oficinas:

Area total de oficinas

3,050 m²

Incluye:

Estructura de concreto, muros de tabique o block hueco.

Acabado en piso.

Piso alfombrado o loseta vinílica.

Instalaciones eléctricas, sanitarias e - hidráulicas ocultas.

Acabado en fachada de vidrio o aluminio.

Construcción de dos pisos.

Costo por metro cuadrado:

\$ 7,000

Costo de área de oficina:

213,500

Se hace necesario la construcción de una caseta para control de entrada de — vehículos y vigilancia.

Costo de la caseta:

Construcción tipo oficina

\$ 2,500,00 \$/m²

Incluye:

Estructura de concreto.

Muros de tabique o block hueco.

Piso de concreto.

Instalaciones eléctricas, sanitarias e — hidráulicas ocultas.

Fachada en vidrio o aluminio.

Construcción de un solo piso.

Costo total:

Considerando una instalación de 18 m²

AREA

COSTO

18 m²

x

\$ 2,500 \$/m²

=

\$ 45,000,00

La Dirección General de Maquinaria y Transportes de la SAHDP, al analizar el equipamiento de los Talleres de Reconstrucción, en el cual están contenidas las máquinas, herramientas, calderas, etc. y las herramientas como son llaves y equipo de medición, se llegó a un total de \$ 54'384,000.00. Respecto a las necesidades de mobiliario y equipo para el adecuado funcionamiento de las oficinas, se llegó a un importe de \$ 4'000,000.00.

RESUMIENDO LOS COSTOS:

Costo de Edificación	\$ 1'879,100.00
Costo por equipamiento herramientación	54'384,000.00
Costo por equipamiento de oficinas	4'000,000.00
Total	<u>\$ 60'263,100.00</u>

Según los datos anteriores, la inversión para la construcción de un taller de reconstrucción, considerando patios de prueba y área de oficinas, se amortizaría en el año de 1960.

La SAHDP ha considerado la construcción de seis bolsas reguladoras ubicadas en diferentes lugares de la República, ya que la capacidad instalada de una sola de ellas, no sería suficiente para satisfacer la demanda de maquinaria para la construcción de toda la flotilla que administra y conserva. Se estipula establecer áreas de reciclamiento de aceites, vitalización de llantas y fabricación de señales de fibra de vidrio. Al incluir el costo de construcción y equipamiento de estas áreas, los costos se elevan a un total de \$ 866'304,000.00. Pero considerando los beneficios de estas actividades sumadas a las mencionadas, se espera que sean del orden de \$ 324'485,453.00 en 1960. Para el año 2000, considerando el crecimiento de la flotilla, solo en reconstrucción de maquinaria, vehículos y equipo, se estiman beneficios de \$ 1,209'892,342.00.

MODELOS MATEMATICOS

Se pueden elaborar modelos matemáticos para evaluar económicamente la reconstrucción de equipos y maquinaria pesada, analizando la utilización de éstos y los costos de operación y mantenimiento en que han incurrido durante el período de vida útil. Para el análisis de los costos de operación y posesión se hace necesario contar con un banco de datos adecuado y de información confiable. — Para hacer más fácil la elaboración de los modelos matemáticos, estos se han hecho por tipo de equipo, para el caso de la SAHOP, en maquinaria pesada y vehículos ligeros.

CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Los equipos que resultan de mayor importancia son los tractores, las motoconformadoras y las petrolizadoras, por su cantidad, costo inicial y costo de mantenimiento, para el caso de la SAHOP, cuya principal actividad es la de conservación de la red de carreteras federales y los caminos rurales.

Para la selección de los datos se han encontrado escasez de los registros de costos de mantenimiento y reparaciones, además que los datos corresponden a unidades cuyas edades superan los diez años. La selección de datos se realizó tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1o.- Los estudios estadísticos americanos arrojan vidas útiles de 5 años o bien 10,000 hrs. de trabajo para la generalidad de la maquinaria pesada.
- 2o.- Teniendo en cuenta la primera consideración, se puede pensar que con las variantes económicas de nuestro medio, las unidades que mejor describirían el fenómeno, serían para modelos entre 1962 y 1966.
- 3o.- La justificación del criterio asentado arriba está en considerar en nuestro medio 300 días laborales de 8 hrs., con un factor de utilización de 0.6 para la maquinaria pesada, resultando una vida útil de:

$$\frac{2000 \text{ hr./a}}{300 \text{ d/a} \times 8/\text{d} \times 0,6} \times 5a = 10,000/1440 = 7 \text{ años}$$

Debe hacerse notar que la vida útil empleada en la Selección, es representativa de la vida útil probable en nuestro medio, ya que tanto las condiciones de operación y mantenimiento, así como los factores del tipo humano difieren marcadamente de los estándares norteamericanos, en los que se considera el promedio de 5 años de vida útil.

TRACTORES

En la gráfica de la Figura 4.2, se indica la tendencia de los costos promedio de mantenimiento de los tractores modelo 1964. Analizando dicha Figura, se observa una zona de vida útil alrededor del octavo año después de la adquisición, lo cual confirma la suposición hecha al definir el criterio de selección.

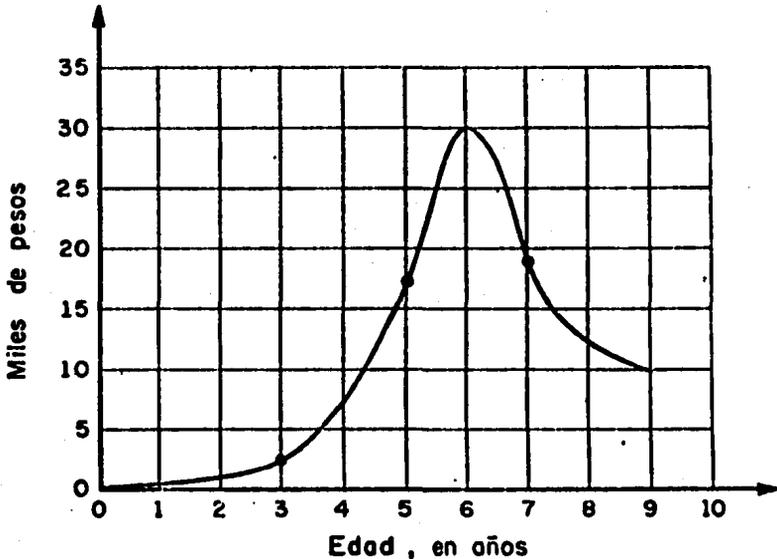


FIG. 4.2.- Costos medios de mantenimiento de tractores Modelo DH.

MOTOCONFORMADORAS

Se eligieron motoconformadoras con motor de 100 a 125 HP y Modelo 1959. La gráfica de la Figura 4.3, en la que se observa un comportamiento similar al mostrado por los tractores, es decir, el primer máximo aparece en el sexto año de vida, aunque la inversión media del mantenimiento mayor es más baja que la correspondiente a los tractores, además el primer mínimo ocurre a mayor vida - en las motoconformadoras (diez años después de su adquisición).

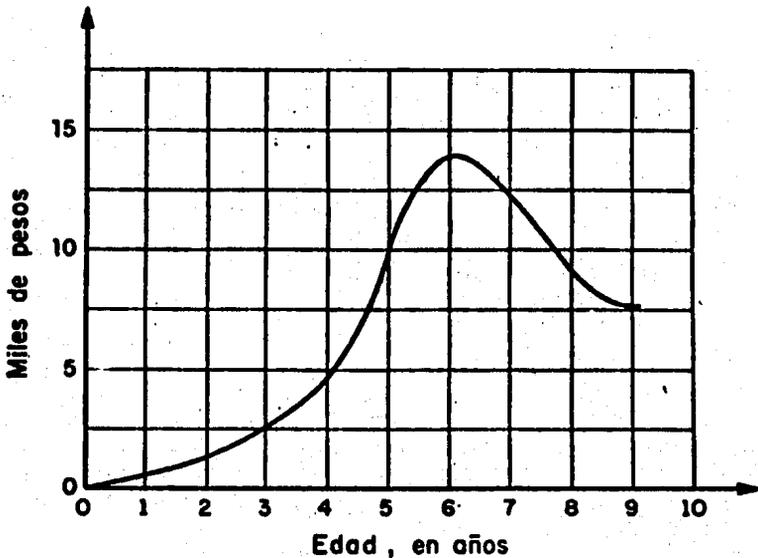


FIG. 4.3.- Costo medio de mantenimiento a Motoconformadoras.

PETROLIZADORAS

En la gráfica de la Figura 4.4 se consignan los datos obtenidos. De entre el equipo analizado, las petrolizadoras son las que requirieron menor inversión promedio y presentaron el mínimo interés más allá de los catorce años de vida. Lo anterior puede atribuirse al tipo de máquina, cuyos sistemas no son de igual naturaleza que los correspondientes a los tractores y motoconformadoras.

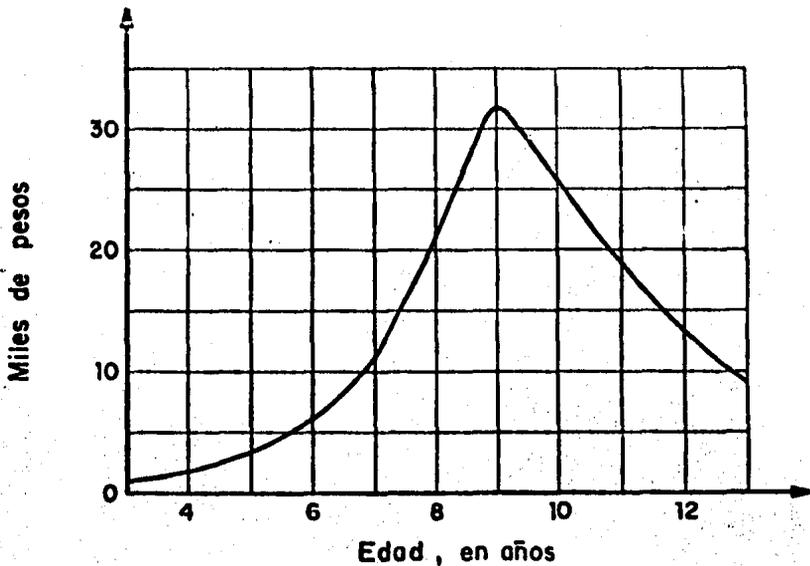


FIG. 4.4.- Costos medios de mantenimiento de Petrolizadoras.

Respecto al análisis de la utilización en la gráfica de la Figura 4.5, se resumen los tiempos medios activos y tiempos medios inactivos de tractores, moto conformadoras y petrolizadoras.

Para el análisis de la utilización, se consideraron cuatro renglones básicos:

- 1.- Tiempo trabajado normalmente.
- 2.- Tiempo trabajado con rendimiento bajo.
- 3.- Tiempo inactivo.
- 4.- Tiempo en reparación.

El tiempo medio activo se considera compuesto por el tiempo trabajado normalmente y el tiempo trabajado con rendimiento bajo. En tanto que el tiempo medio inactivo lo constituyen el tiempo inactivo y el tiempo en reparación.

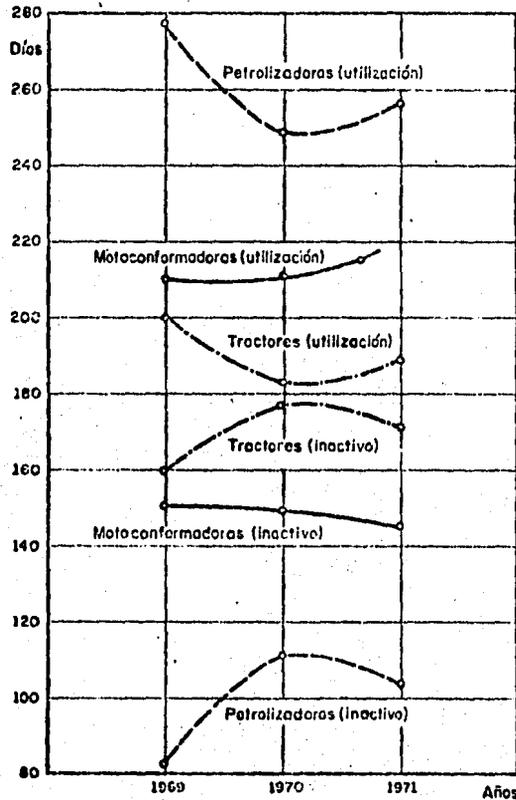


FIG. 4.5.- Tiempos medios de utilización e inactivos de maquinaria (tractores, motoconformadoras y petrolizadoras).

MODELOS PROPUESTOS DE REEMPLAZO

Anteriormente se ha mencionado que cuando un equipo de construcción llega al término de su vida útil, se consideran dos alternativas; reemplazo por equipo nuevo o la reconstrucción integral. Los modelos matemáticos que a continuación se proponen, consideran ambas alternativas.

Debido a las características particulares que afectan al empleo del equipo pesado, se identifica el problema de reemplazo como una de decisiones bajo riesgo, tomando como alternativa, para cada máquina en particular n años de análisis, y como estados naturales, el reemplazo (alternativa k -ésima), en forma tal que el riesgo corrido al realizar una reparación o una substitución inadecuada sea mínimo.

Con la notación descrita adelante, el problema queda planteado matemáticamente de la siguiente manera:

"El año más adecuado de reemplazo es aquél para el cual el gasto esperado de reparación adecuada o reparación inadecuada sea máximo", esto es, cuando ocurre el máximo de:

$$G_i = C_{i1} P_{i1} - C_{i2} P_{i2} \quad (1)$$

G_i = Gasto esperado de inversión adecuada en el año.

C_{i1} = Costo de efectuar el reemplazo en el año.

C_{i2} = Cantidad necesaria por reparación en el año.

V_A = Valor de adquisición de la unidad estudiada.

P_{i2} = Riesgo de reparar cuando debió efectuarse la substitución del equipo definida como:

$$P_{i2} = \frac{C_{i2}}{V_A} \quad (2)$$

P_{i1} = Probabilidad de efectuarse un reemplazo adecuado, dado por la relación:

$$P_{i1} = 1 - \frac{C_{i2}}{V_A} \quad (3)$$

De lo anterior resulta:

$$C_{i1} = V_A \quad (4)$$

$$C_{i1} = V_A + \sum_{j=1}^{i-1} C_{j2} \quad \text{para } i > 1 \quad (4')$$

En virtud de la probable falta de presupuesto, que obliga a seguir empleando — unidades que han rebasado incluso, su vida económica, se hace necesario definir las prioridades de reemplazo mediante la siguiente política, justificada por la sencillez y adaptabilidad de sus cálculos:

"Tendrán mayor prioridad, las unidades con mínimo riesgo de inversión inadecuada", es decir aquellas para las cuales:

$$GP_{ij} = (G_i \alpha_i)_j \quad j = 1 \quad \text{No. de meqs.} \quad (5)$$

Siendo:

G_i = Peso conferido a la unidad j (de la clase analizada) en el año i , definida como:

α_i = (edad al año i) / (edad total del conjunto)

G_i = Definido por expresión (1)

GP_{ij} = Gasto esperado de reposición adecuada de la máquina j en el año i .

En la discusión anterior, C_{i2} se determina mediante una subrutina (COSTOS) — que extrapole en el tiempo las inversiones por separación.

REF. 1.- GUIA PARA ELEGIR EL PERIODO DE AMORTIZACION BASADO EN LAS CONDICIONES DE APLICACION Y DE OPERACION.

	ZONA A	ZONA B	ZONA C
TRACTORES DE CADENAS	REMOLQUE DE TRAILLAS, Y EN FAENAS AGRICOLAS CON EMPLEAMIENTOS EN LA BARRA DE TIPO AMONTONAMIENTO, APILAMIENTO DE CARBON Y TRABAJOS DE RELLENO SIN IMPACTOS, OPERACION INTERMITENTE A PLENA ADMISION.	TRABAJOS CON LA HOJA EN -- ARCILLA, ARENA Y GRAVA, EN EMPUJE DE TRAILLAS, DESGARRAMIENTO EN ZONA DE PASTANAS Y SOBRE TODO, DESMONTE Y -- ARRASTRE DE TRONCOS, CONDICIONES MEDIAS DE IMPACTOS.	DESGARRAMIENTO PESADO EN -- SUELOS ROCOSOS, DESGARRAMIENTO EN TANDEN, EMPUJE DE TRAILLAS Y TRABAJO PESADO DE LA HOJA CON ROCAS DURAS, TRABAJOS EN LUGARES ROCOSOS, CARGAS DE IMPACTO PESADOS Y -- CONTINUAS.
D3-D7	12,000 Hr.	10,000 H	8,000 H
D8-D9	15,000 Hr.	12,000 H	10,000 H
D10	22,000 Hr.	18,000 H	15,000 H
EXCAVADORAS	ZANJAS DE POCA PROFUNDIDAD PARA SERVICIO, EN QUE LA -- EXCAVADORA TIENE LA TUBERIA Y EXCAVA SOLO 3 O 4 HORAS POR TURNO, MATERIAL POCO DENSO, DE FLUJO LIBRE Y SIN CARGAS DE CHOQUE, O MUY POCAS.	EXCAVACION O ZANJEADO EN -- GRAN VOLUMEN: LA MAQUINA -- EXCAVA TODO EL TIEMPO EN -- LECHE ARCILLOSO NATURAL -- CIENTO RECORRIDO Y OPERACION CONSTANTE A PLENA ADMISION.	EXCAVACION CONTINUA DE ZANJAS, O CARGA DE CAMIONES EN SUELOS DE ROCA O ROCA DE VOLADURA, RECORRIDOS FRECUENTES EN SUELO ESCABROSO, LA MAQUINA TRABAJA CONTINUAMENTE EN SUELOS ROCOSOS A CONSTANTE FACTOR DE CARGA ALTO Y GRANDES IMPACTOS.
	12,000 H	10,000 H	8,000 H
TRACTORES DE RUEDAS COMPACTADORES	TRABAJOS LIGEROS DIVERSOS-- APILAMIENTO, REMOLQUE DE -- COMPACTADORES. EMPUJE DE -- RELLENO SUELO CON HOJA.-- SIN CARGAS DE CHOQUE.	TRABAJO CON LA HOJA Y EMPUJE DE TRAILLAS EN LA CARGA DE ARCILLA, ARENA, LIMO, -- GRAVA SUELO, DESPEJO EN -- TOMBO DE LA PALA MECANICA-- USO DE COMPACTADOR.	TRABAJO CONTINUO DE EMPUJE DE TRAILLAS EN ZONAS DE PRETAMO PEDREGOSAS Y ROCOSAS.-- FUERTES CARGAS DE CHOQUE.
	12,000 H	10,000 H	8,000 H

	ZONA A	ZONA B	ZONA C
CARGADORES DE RUEDAS	CARGA INTERMITENTE DE CAMIONES CON MATERIAL APILADO, ALIMENTACION DE TOLVAS EN SUELOS FIRME Y PAREJOS. MATERIA DE GRAN FLUID Y ROCA DENSIDAD, EMPLEO LIVIANDO EN TRABAJOS DE GOBIERNO E INDUSTRIALES. DESPEJO LIVIANDO DE NIEVE. CARGA Y TRASLADO A OTRA DISTANCIA EN TERRENO FAVORABLE Y SIN PENDIENTES.	CARGA CONTINUA EN CAMIONES CON MATERIAL APILADO. MATERIAS CON DENSIDAD BAJA Y MEDIA, CON CUCHARON DE TAMAÑO ADECUADO. ALIMENTACION DE TOLVAS EN SUELOS CON RESISTENCIA A LA RODADURA DE BAJA A MEDIA CARGA EN BANCOS DE FACIL EXCAVACION. CARGA Y TRASLADO EN SUELOS DESFAVORABLES Y ASCENSO EN PENDIENTES SUAVES.	CARGA DE ROCA DE VOLADURA (CARGADORES GRANDES). MOVIMIENTO DE MATERIAL MUY DENSO CON MAQUINA CONTRAPESADA. CARGA CONTINUA DE BANCOS COMPACTOS. TRABAJO CONTINUO EN SUELOS DESIGUALES O MUY BLANDOS. CARGA Y TRASLADO EN EXCAVACION: DISTANCIAS LARGAS DE VIAJE EN SUELOS MALOS Y CON PENDIENTES DESFAVORABLES.
910 - 966	12,000 H	10,000 H	8,000 H
980 - 992	15,000 H	12,000 H	11,000 H
CARGADORES DE CADENAS	CARGA INTERMITENTE DE CAMIONES CON MATERIAL AMONTONADO. RECORRIDO Y GIROS MINIMOS, MATERIALES MUY SUELTOS Y DE POCa DENSIDAD, CON CUCHARON ESTANDAR, SIN CARGAS DE CHOQUE.	EXCAVACION EN EL BANCO, DESGARRAMIENTO INTERMITENTE, EXCAVACION PARA BOTOS EN TERRENO NATURAL DE ARCILLA, ARENA, CENIZO Y GRAVA. CIERTO RECORRIDO, OPERACION CONTINUA A PLENA ADMISION.	CARGA CON ROCA DE VOLADURA, MORENA, GLACIAL, CALICHE. TRABAJO EN ACEQUIAS, MATERIAS MUY DENSO CON CUCHARON ESTANDAR. TRABAJO CONTINUO EN SUELOS ROCOSOS. DESGARRAMIENTO FRECUENTE DE MATERIAL COMPACTO O ROCOSO. FUERTES CARGAS DE CHOQUE.
	12,000 H	10,000 H	8,000 H
MOTONIVELADORAS.	TRABAJOS LIGEROS DE CONSERVACION DE CAMINOS. ACABADO DE TRABAJOS DE MEZCLA EN LA PLANTA Y EN LA CARRETERA. DESPEJO LIVIANDO DE NIEVE. RECORRIDOS MUY FRECUENTES.	CONSERVACION DE CAMINOS DE CARREO. ZANJAS EN CONSTRUCCION DE CARRETERAS. ESPARCIMIENTO DE RELLENO SUELTO CON FORMACION Y NIVELACION. CONSERVACION DE CAMINOS EN EL VERANO Y DESPEJO PESADO Y MEZCLANDO DE NIEVE EN INVIERNO. USO DE NIVELADORAS ELEVADORAS.	CONSERVACION DE CAMINOS APISONADOS Y CON PIEDRAS INCRUSTADAS, ESPARCIMIENTO DE RELLENO PESADO, USO DE DESGARRADOR ESCARIFICADOR EN ASFALTO U HORRIBON, FACTOR ALTO DE CARGA CONTINUA. GRANDES CARGAS DE CHOQUE.
	10,000 H	10,000 H	8,000 H

**CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y GUIA SOBRE FACTORES
DE CARGA**

TRACTORES DE CADENAS			
ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA			
MODELO	BAJO	MEDIANO	ALTO
D 3 y B.P.S.	6.8	8.7	11.0
D 40 y B.P.S.	8.3	11.0	13.6
D 40 DE A.E	9.8	13.6	16.7
D5B Y B.P.S.	10.9	14.8	18.5
D5B DE A.E	13.2	17.4	21.9
D6D Y B.P.S.	14.8	19.7	24.2
D6D DE A.E.	17.4	23.1	28.8
D7G Y B.P.S.	21.2	28.0	35.2
D8K	30.7	40.9	51.1
D9H	42.8	57.2	71.2
DD9H	85.2	113.9	142.3
D10	66.2	88.2	112.4

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA.

ALTO: DESGARRE CONTINUO, EMPUJE CON LA HOJA - EN VIAJES CORTOS, LABRANZA CON LA BARRA DE TIRO A PLENA ADMISION, MUY Poca o -- NINGUNA MARCHA EN VACIO, NI RECCORRIDO- EN RETROCESO.

MEDIO: EMPUJE EN GRAN VOLUMEN CON LA HOJA, REMOLQUE DE TRAILLAS, Y SOBRE TODO EMPUJE EN LA CARGA DE TRAILLAS.

BAJO: BASTANTE MARCHA EN VACIO, O SIN CARGA.

E X C A V A D O R A S

ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA

MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
215	9.0	12.5	16.5
225	17.0	18.9	23.4
235	29.9	33.3	39.4
245	36.0	42.0	54.1

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: SOBRE TODO EN TRABAJOS DE TENDER TUBOS EN SUELOS DUROS DE ROCA. EXCAVACION --- DEL 90 AL 95% DE LA JORNADA DIARIA.

MEDIO: SOBRE TODO EN TRABAJOS DE ALCANTARI---LLAS PARA URBANIZACIONES, CON LECHO DE ARCILLA NATURAL. EXCAVA DEL 60 al 85% DE LA JORNADA DIARIA.

BAJO: SOBRE TODO EN TRABAJOS DE SERVICIO GENERAL, O URBANOS EN MARCHA ARENOSA, --- EXCAVACION EN MENOS DEL 50% DE LA JORNADA.

P A L A S D E L A N T E R A S

ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA

MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
235	-	26.1	37.1
245	-	43.1	60.9

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: CICLOS CONSTANTES EN MATERIAL DIFICIL-DE EXCAVAR.

MEDIO: CICLOS CONSTANTES CON PERIODOS FRECUEN- TES EN MARCHA EN VACIO.

BAJO: TRABAJO FACIL Y LIVIANO CONSIDERABLE - MARCHA EN VACIO.

CARGADORES DE RUEDAS			
ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA			
MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
910	7.2	8.3	9.5
920	8.3	11.4	15.5
930	10.2	14.0	19.3
950	12.9	17.4	23.8
966 C	17.0	23.5	31.8
980 C	23.4	32.2	43.9
988 B	36.3	49.9	68.1
992 C	61.3	84.0	114.7

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: EN CICLOS BASICOS CONSTANTES DEL CARGADOR.

MEDIO: CICLOS CONSTANTES PERO A MAS DISTANCIA - DE ACARREO O TRABAJO EN EL CICLO BASICO DEL CARGADOR, CON PERIODOS FRECUENTES EN VACIO.

BAJO: TRABAJO LIVIANO DE SERVICIO GENERAL, BASTANTE MARCHA EN VACIO.

MOTONIVELADORAS			
ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA			
MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
120 B	12.8	17.8	24.2
120 G	12.1	16.7	22.7
130 G	13.2	18.2	25.0
12 G	13.2	18.2	25.0
140 G	14.4	19.7	27.3
14 G	16.3	22.7	30.7
16 G	22.0	29.9	40.9

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: ZANJAS, ESPARCIMIENTO DE RELLENO Y DEMATERIAL PARA BASE, DESGARRAMIENTO, CONSERVACION PESADA DE CAMINOS, DESPEJE DE NIEVE.

MEDIO: CONSERVACION MEDIANA DE CAMINOS, LABOR - DE MEZCLA EN LOS CAMINOS, ESCARIFICACION, DESPEJE DE NIEVE.

BAJO: NIVELACION DE ACABADO, CONSERVACION LIVIANA, VIAJE EN CAMINOS.

TRACTORES DE RUEDAS Y COMPACTADORES

ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA

MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
814	18.9	25.7	34.1
824 B	31.8	42.4	56.4
815	24.6	34.1	40.9
825 B	43.2	57.5	64.7
816	24.6	34.1	40.9
826 B	43.2	57.5	64.7

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: TRABAJO PESADO CON LA HOJA, COMPACTACION DE MATERIAL PESADO.

MEDIO: TRABAJO EN VOLUMEN CON LA HOJA ESPECIAL, EMPUJANDO TRAILLAS, DESPEJE EN TORNO DE UNA PALA MECANICA Y COMPACTACION NORMAL.

BAJO: CONSIDERABLE MARCHA EN VACIO, O RECORRIDO SIN CARGA.

CARGADORES DE CADENAS

ESCALA NORMAL DE FACTORES DE CARGA

MODELO	BAJO	MEDIO	ALTO
931	7.9	9.1	10.1
941 B	9.1	12.9	17.4
951 C	11.0	15.9	19.3
955 L	14.9	21.5	26.5
977 L	18.9	28.0	34.1
983	29.5	47.2	67.2

GUIA SOBRE FACTORES DE CARGA:

ALTO: CARGA CONTINUA DEL BANCO, EN EL CICLO BASICO DEL CARGADOR.

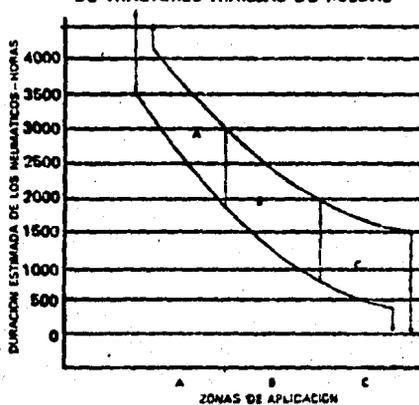
MEDIO: CARGA DEL BANCO EN EL CICLO BASICO DEL CARGADOR, CON PERIODOS EN VACIO O TRABAJO DE APILAMIENTO, INCLUSO RECORRIDOS.

BAJO: CONSIDERABLE MARCHA EN VACIO EN TODO TRABAJO.

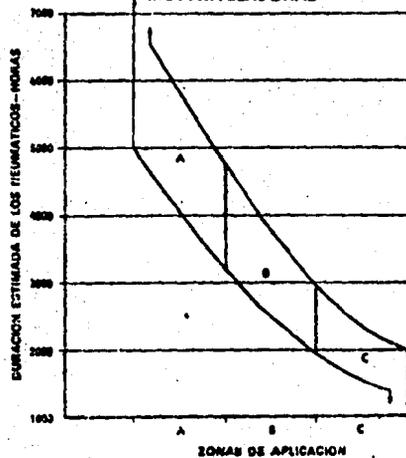
REF. 3.

GRAFICAS PARA LA ESTIMACION DE VIDA UTIL DE LOS NEUMATICOS.

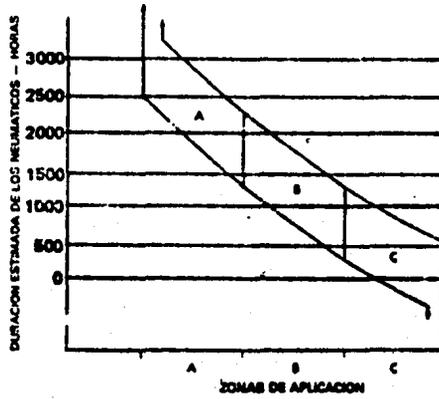
ESTIMADOR DE LA DURACION DE LOS NEUMATICOS DE TRACTORES-TRAILLAS DE RUEDAS



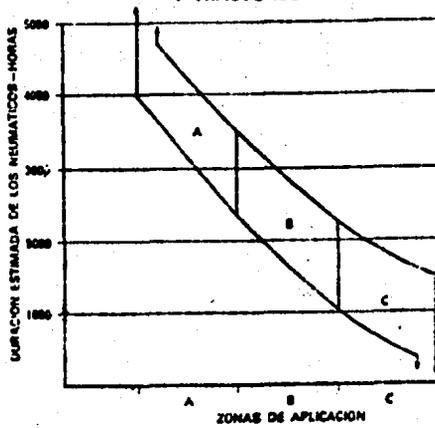
MOTONIVELADORAS



ESTIMADOR DE LA DURACION DE LOS NEUMATICOS DE TRACTORES Y DE CARGADORES DE RUEDAS



CAMIONES PARA FUERA DEL CAMINO, Y TRACTORES



DURACION ESTIMADA DE NEUMATICOS DE MAQUINAS DE
ACARREO (CANIONES Y TRAILLAS).

<u>No.</u>	<u>CONDICION</u>	<u>FACTOR</u>
I	CONSERVACION	
	EXCELENTE	1.090
	MEDIA	0.981
	MALA	0.763
II	VELOCIDADES MAXIMAS	
	(10 MPH) 16 Km/h	1.090
	(20 MPH) 32 Km/h	0.872
	(30 MPH) 48 Km/h	0.763
III	CONDICIONES DE SUELO	
	TIERRA BLANDA - SIN ROCAS	1.090
	TIERRA BLANDA - ALGUNAS ROCAS	0.981
	BIEN CONSERVADO-CAMINO DE GRAVA	0.981
	MAL CONSERVADO-CAMINO DE GRAVA	0.763
	DE VOLADURA-FRAGMENTOS DE FILOS CORTANTES	0.654
IV	POSICIONES DE RUEDAS	
	TRASERAS	1.090
	DELANTERAS	0.981
	PROPULSORAS (DESCARGA POR DENTRAS)	0.872
	(DESCARGA POR DEBAJO)	0.763
	(TRACTOR DE HOJA Y CARGADOR)	0.763
	(TRAILLA AUTOPROPULSADA)	0.654
V	CARGAS (VER NOTA No. VIII)	
	T y RA/ESTRTO CARGA RECOMENDADA	1.090
	20% DE SOBRECARGA	0.871
	40% DE SOBRECARGA	0.545
VI	CURVAS	
	NINGUNA	1.090
	MEDIAS	0.981
	SEVERAS	0.972
VII	PENDIENTES (SOLO NEUMATICOS DE PROPULSION)	
	A NIVEL	1.090
	5% MAXIMO	0.981
	15% MAXIMO	0.763
VIII	OTRAS COMBINACIONES DIVERSAS (VER NOTA)	
	NINGUNA	1.090
	MEDIA	0.981
	SEVERA	0.872

CONDICION VIII.- PARA USARSE CUANDO EXISTA SOBRE CARGA CON UNA O MAS DE LAS CONDICIONES PRIMARIAS DE CONSERVACION, VELOCIDAD, CONDICIONES DE SUELO Y CURVAS. EN ESTAS CONDICIONES LA COMBINACION DE NIVELES SEVEROS Y DE SOBRECARGA, CREA UNA CONDICION NUEVA Y MAS SERIA QUE CONTRIBUIRA A LA --

FALLA PREMATURA DE LOS NEUMATICOS, EN MAYOR GRADO QUE DEBIA A LOS FACTORES SEPARADOS DE CAPA -- CONDICION.

<u>TIPO DE NEUMATICOS</u>	<u>DURACION MEDIA BASE</u>		
	<u>HRS</u>	<u>KM</u>	<u>MILLAS</u>
DE PAJAS SEGGADAS (EST E-3)	2510	40,400	25,100
BANDA DE RODADURA ESPECIAL	3510	56,500	35,100
BANDA RADIAL MUY GRUESA	4200	67,600	42,000

ANTECEDENTES

Aún cuando las prácticas de reconstrucción de maquinarias son tan viejas como la propia invención de las máquinas, su desarrollo en forma intensiva en nuestro país, surgió a raíz de la restricción en la disponibilidad internacional de refacciones derivada de la segunda guerra mundial. En aquella época, México se enfrentó sorpresivamente a la opción que representaba la paralización de la industria nacional versus la generación de la capacidad técnica que hiciera posible sostener la operación del aparato productivo. Es bien sabido que de la aplicación de las técnicas de reconstrucción que fue posible dominar durante aquellos años, surgieron posteriormente, la mayor parte de las empresas que se dedican ahora a la manufactura de los bienes de capital.

Lo anterior obedece al hecho de que la reconstrucción demanda un mayor conocimiento sobre las particularidades de diseño y característica de los materiales de que están hechos los equipos, lo cual de manera natural permite aventurarse en la fabricación. Esta es tal vez una de las principales ventajas que pueden proporcionar la reconstrucción de maquinaria para el desarrollo de la industria nacional.

En las últimas décadas, la aplicación de esa práctica se ha decrementado considerablemente, lo que ha dado lugar a la proliferación de las intervenciones de "cambia pieza" que resultan tan onerosas, particularmente para países como el nuestro, que requiere mayor cuidado de los recursos económicos. Tal vez huelga mencionar que ha sido en parte culpable de esta orientación la utilización de modelos de reemplazo diseñados para darle un mayor movimiento a la economía de los países industrializados, pero que tienen poco sustento tanto macro como microeconómicamente para los países en proceso de desarrollo. Incluso los primeros, a raíz de la problemática creciente derivada del agotamiento de materias primas, se encuentran rectificando posiciones y están procurando obtener mucho mayor rendimiento en la vida útil de los equipos.

Definición del concepto "Reconstrucción".

En su más amplio sentido, la reconstrucción de una máquina o equipo consiste en devolverle a la misma, una vez terminada su vida económica, cuando menos las especificaciones de diseño y de operación que tenía cuando era nueva, es un proceso integral, empleando el máximo posible de partes reconstruidas y actualizando en los casos que sea factible tecnológicamente aquellos sistemas de la misma que hayan sido presa de la obsolescencia.

Entendamos la Reconstrucción en tres niveles, es decir, partes, mecanismos y unidades, definidos de la siguiente manera:

Reconstruir Partes significa devolverles mediante algún proceso tecnológico, — sus especificaciones originales de diseño o superiores.

Reconstruir Mecanismos significa devolverles a estos sus especificaciones originales de diseño o superiores, maximizando el empleo de partes reconstruidas y minimizando el empleo de partes nuevas.

Reconstruir Unidades significa devolverles a las mismas sus especificaciones originales de operación o superiores através del desensamble total y reconstrucción de partes y conjuntos minimizando la incorporación de partes nuevas y maximizando el empleo de las restauradas.

Ventajas y Perspectivas de la Reconstrucción.

Las principales ventajas y perspectivas que la reconstrucción ofrece son:

- a).- Por el conocimiento del diseño que exige la reconstrucción de los componentes susceptibles de recuperarse, es un camino natural hacia la autodeterminación tecnológica. Una de las orientaciones más importantes en los programas de reconstrucción es el correspondiente a la actualización tecnológica del equipo, i.e. El cambio de sistemas mecánicos por hidráulicos, — transmisiones mecánicas por servotransmisiones, trenes delanteros de motor-conformadores a base de bujes por los mismos a base de baleros, sistemas dispersos de lubricación por sistemas centrales, etc., cuando ello resulte

técnica y económicamente conveniente. La incorporación de estas tecnologías, elimina la obsolescencia y requiere del conjunto de estudios y diseños correspondientes que conlleven como subproducto un mayor conocimiento técnico del personal participante de los mismos.

- b).- Desarrolla por lo tanto la preparación y creatividad de los investigadores, ingenieros, técnicos y obreros involucrados en esta alternativa..
- c).- Propicia el mejor aprovechamiento de la capacidad instalada de las fábricas, así como la de los talleres existentes, propiedad de los distribuidores o usuarios de equipo, especialmente para nuestro país en los momentos de contracción económica que se presentan seasonalmente.
- d).- Genera empleos. Los equipos que han sido reconstruidos en la SANDP, han generado a la fecha, 68 empleos de M.O.D. permanentes y 18 empleos indirectos de manufactura, aproximadamente. La reconstrucción emplea al parecer, más del doble de la mano de obra, que ocupa la fabricación de los bienes de capital.
- e).- Mejora las prácticas de mantenimiento y de operación.
- f).- Contribuye al equilibrio de la balanza de pagos, por los componentes importados que se reconstruyen. La mayor parte de la maquinaria para la construcción y conservación de caminos es importada.
- g).- Genera inversiones más rentables.
- h).- Propicia la conservación de las reservas de materiales estratégicos no renovables, tales como los derivados del hierro.
- i).- Contribuye al logro de objetivos y prioridades de planes nacionales de desarrollo industrial en lo relativo a autodeterminación tecnológica, creación de empleos y promoción del sano desarrollo de la fabricación de bienes de capital.

PROCEDIMIENTOS TECNOLOGICOS.

Para lograr la recuperación de partes, mecanismos y máquinas completas, se requiere de la aplicación de diversas tecnologías, la mayoría casi del conocimiento general y otras sofisticadas y desarrolladas en países altamente industrializados, de las cuales aún son en alto porcentaje desconocidas en países que — como el nuestro, se encuentra en vías de desarrollo.

Los procesos más usados en la reconstrucción son:

I.- PROCESOS DE SOLDADURA.

- Soldadura por fusión.
- Soldadura por resistencia.
- Soldadura por unión sólida.
- Soldadura por unión líquido - sólida.
- Unión con adhesivos.

Derivados de estos grupos los procesos de soldadura más empleados en la reconstrucción:

SOLDADURA POR FUSION.

En esta categoría, las dos caras o superficies de las piezas a ser unidas, o reconstruidas son calentadas hasta su punto de fusión, haciéndose la soldadura directamente entre las piezas o agregando un material adecuado para llenar el espacio existente entre las mismas, o haciendo la reconstrucción de las partes gastadas por la sucesiva deposición de cordones de soldadura.

Comprende las siguientes divisiones y subdivisiones:

1.- Soldadura por la combinación térmica de gases, con o sin adición de material metálico.

- a).- Oxi-acetileno: Es la combinación química más usada alcanzando su flama una proporción 1:1, temperatura cerca de 3100°C, pudiendo ser utilizada en soldadura de metales ferrosos o no ferrosos y sus respectivas a-

lecciones.

- b).- Oxi-hidrógeno.- La llama resultante de esta combinación química alcanza una temperatura cercana a los 2700° C; el proceso es aplicado principalmente en la soldadura de metales con puntos de fusión bajos, tales como el aluminio y el plomo.
- c).- Oxígeno combinado con gases butano, propano ó natural.- La temperatura producida por la combinación química de estos gases es de cerca de 2930° C. No son indicados para soldadura de productos ferrosos, no solo por la temperatura insuficiente, sino por las propiedades excesivamente oxidantes de la flama. Pueden ser utilizados en soldadura de algunos materiales no ferrosos, pero encuentran su principal aplicación en los procesos de Brazing y soldadura blanca.
- d).- Aire-Acetileno.- La temperatura de la flama, en este proceso, es de cerca de 1830° C y su aplicación es recomendada para la soldadura de plomo hasta de 1/4 " de espesor. Tiene buen uso en la industria eléctrica y en los servicios de bombeo.

2.-SOLDADURA POR ARCO ELECTRICO CON O SIN ADICION DE MATERIAL METALICO.

En este proceso, los electrodos que se utilizan para producir el arco eléctrico pueden ser de dos tipos; consumibles y no-consumibles.

El primer tipo, como su nombre lo indica, el electrodo no solo produce el arco eléctrico sino que se funde gradualmente formando el depósito metálico necesario. En el segundo tipo, el electrodo no consumible, únicamente forma el arco eléctrico y lo mantiene.

- a).- Soldadura con electrodos consumibles revestidos.

Este proceso es el responsable para el gran desenvolvimiento actual de la soldadura, y por las ventajas que ofrece, tales como; arco estable, más rapidez de deposición, cordones de soldadura de mejor aspecto y garantía prácticamente total de las propiedades físicas y mecánicas de la soldadura, el revestimiento de los electrodos del tipo consumibles, pro-

ducen entre otras cosas, las siguientes funciones:

ioniza el espacio entre el electrodo y la pieza, produciendo y manteniendo una atmósfera propicia para el arco eléctrico; produce gases que protegen el arco de la acción del aire; aumenta la fusión, metales que lo refinan, aumentando simultáneamente las aleaciones metálicas que se obtienen en los cordones depositados.

b).- Soldadura por la protección de fundente granulado.

En esta categoría están incluidos los procesos de soldadura que utilizan un fundente granulado para envolver el arco eléctrico, garantizando la exclusión de cualquier contaminación atmosférica. Además de esa misión protectora, los fundentes contienen también sustancias minerales que ejercen el mismo papel de la cubierta de los electrodos revestidos, colaborando en la soldadura resultante. Las subdivisiones del proceso son las siguientes:

b.1). Proceso de Arco Guarecido.- Máquinas Automáticas provistas de carretes con alambre de soldadura no revestida, y combinadas con generadores de corriente eléctrica. El fundente granulado envuelve completamente el arco eléctrico, haciendo que la fusión se verifique en condiciones de completa protección contra cualquier contaminación. El fundente derretido durante la operación y que no es absorbido en la fusión, produce una escoria protectora que recubre la soldadura depositada. Este proceso permite el empleo de corrientes mucho más altas que en los procesos manuales, proporcionando más penetración y velocidades de depósito. Las soldaduras resultantes poseen las mejores características y dan un alto rendimiento económico.

b.2). Proceso de Electro - Escoria.

Se aplica especialmente en la soldadura de piezas de grandes espesores, a partir de 4 cms. hasta 25 cms. de espesor, soldaduras a tope pueden ser hechas con la mayor facilidad. Pueden ser ejecutadas tan

también soldaduras con 2.70 cms. de espesor, en este proceso, en que la soldadura se opera verticalmente las piezas a soldar son colocadas — sobre un soporte no combustible y separadas a una distancia pre- — terminada.

3.- SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

Los procesos incluidos en esta categoría también comprenden fusión de las — partes que se van a unir. Esta fusión, sin arco eléctrico, sin embargo, es hecha en pequeñas áreas y es acompañada por la aplicación de presión. Las subdivisiones son las siguientes.

1).- Soldadura por puntos.- En este proceso las piezas a ser soldadas, de — pequeño espesor, colocadas entre dos terminales de cobre bajo presión, son sujetas al paso de una corriente eléctrica rápida de bajo voltaje, pero de alto amperaje. La resistencia opuesta al paso de la corriente, genera el calentamiento y consecuentemente la fusión local de la pie — za.

Para tener una idea de la potencia de la corriente eléctrica, basta — decir que para soldar dos capas de acero de cerca de 3 mm. de espesor cada una, será necesario pasarlas durante un tercio de segundo por una corriente eléctrica de 20,000 amperes.

Se puede soldar fácilmente aceros al carbono e inoxidables y aleaciones de níquel. Esto mismo no puede efectuarse con el aluminio y el cobre, — debido a su alta conductividad térmica.

2).- Soldadura por Percusión.- Soldadura con gran rapidez, sin expulsión de metales, cualquier combinación de metales.

Las superficies a ser soldadas son preparadas con exactitud y coloca — das a pequeños intervalos. Una corriente eléctrica alta es descargada y y funde las extremidades de las mismas.

3).- Soldadura por unión sólida.- En estos procesos, siempre sujetos al empleo de presión, las soldaduras son efectuadas sin que las piezas a soldar estén en estado sólido y sin el empleo de material de adición - en estado líquido.

II.- METALIZADO.

Este proceso es recomendable en la recuperación de piezas de estrictas tolerancias y lo hemos dividido en tres grupos:

- 1) Rociado.- Emplea como material de aporte las aleaciones reducidas a polvo. Estas aleaciones emplean materia prima de alta pureza y uniformidad, y ofrecen ventajas inestimables sobre varillas y electrodos convencionales, pues permiten una perfecta integración entre los diversos elementos que las componen; para su aplicación se utilizan dispositivos especiales, tales como pistolas adaptadas a un soplete oxi-acetileno.
- 2) Galvanoplastia. Conocido como el depósito de metal en las piezas a través de un procedimiento electrónico.
- 3) Electroplate.- Uno de los procesos descubiertos en los últimos años para el depósito de metal líquido con penetración intermolecular a muy baja temperatura.

III. MECANIZADO.

La reconstrucción de piezas en su mayoría requiere de un proceso de maquinado - utilizando diversas clases de máquinas - herramientas como son: tornos, cepillos, taladros, mandrinadoras, fresadoras, rectificadoras, etc. y del cuidado que se tenga en su aplicación, se obtendrá la calidad de los acabados que se incluya - las tolerancias con las cuales trabajarán en su ensamble con otras piezas o con juntos.

IV.- TRATAMIENTOS TERMICOS.

Estos procesos también son de uso común en la reconstrucción con el fin de restituir a las piezas que así lo requieran la dureza original de diseño perdida por la acción del calor al ser sometidas a algún proceso de soldadura o metalizado.

Los tratamientos más usados son:

- 1).- Recocido.- El acero es calentado próximo a 100°F (38°C) arriba de la zona de transformación y es mantenido el tiempo suficiente para permitir al carbono una distribución uniforme através del austenita. Para algunos tipos de aceros esto expondrá algunas horas. El enfriamiento es entonces hecho en un horno o metido en cerizas, cal u otro material aislante que garantice un enfriamiento lento. Este proceso suaviza el acero, haciéndolo más maquinable, más fácil de ser trabajado en frío, afina los cristales y libera los esfuerzos internos.
- 2).- Normalización.- Tiene el mismo calentamiento que el recocido, aún con un corto período de permanencia de la temperatura alcanzada seguida de un enfriamiento rápido, por ejemplo en el aire. Produce una granulación más fina que el recocido y es generalmente empleado antes de un endurecimiento por inmersión. En tanto que el proceso de recocido puede cambiar los aceros de bajo contenido orgánico suaves y viscosos para un maquinado rápido, la normalización deja al acero suficientemente duro para ser libremente maquinado, produciendo una superficie libre de burbujas, aumenta la dureza, los límites de resistencia y alargamiento, reduce la elongación y el estiramiento.
- 3).- Revenir.- Recalentamiento abajo de 723°C , seguido de un enfriamiento lento, es utilizado para corregir defectos por temperaturas como dureza, fragilidad excesiva o tensiones internas. Disminuye la dureza, la resistencia a la tensión y al escurrimiento y aumenta la elongación, la resistencia, la dilatación. Es utilizado en la fabricación de los aceros para muelles.

4).-Cementación .- Es cualquier proceso de endurecimiento en que la superficie de la pieza es mucho más dura que el interior o centro. Son diversos los procesos de cementación, a saber; carbonización e inserción, cianuración, nitruración, endurecimiento por inducción, endurecimiento por flama.

a).- Cianuración.- En este proceso de cementación el acero es calentado con cianuro en fusión, lo que reforzará la absorción del carbono y nitrógeno simultáneamente. El calentamiento es del orden de 800 a 900°C. y el enfriamiento por inserción producirá una cementación más profunda.

b).- Nitruración.- Cementación producida por el calentamiento de una aleación de acero a 500 - 550°C. durante 40 a 90 horas, en una atmósfera de amoníaco.

La penetración superficial es del orden de 0.5 mm. y el proceso es inferior al de la carbonatación.

c).- Cementación por flama.- Proceso de calentamiento superficial con una flama de oxid-acetileno, u otra cualquiera seguido del mismo enfriamiento ya descrito.

d).- Endurecimiento por inducción.- Es un proceso de endurecimiento superficial total de una pieza, calentándola dentro de un medio magnético, hasta una temperatura dentro o arriba de la zona de transformación, enfriándola enseguida por inserción.

Los equipos utilizados en la reconstrucción de maquinaria para la construcción son diversos y solo se citarán algunos de ellos.

Herramientas.

de mano.

eléctricas.

neumáticas.

Aparatos de Medición.

Manómetros.

Micrómetros para interiores.

Micrómetros para exteriores.

Tacómetros.

Medidores de profundidad.

Aparatos medidores de dureza (Brinell, Rockwell Vickers, etc.)

Máquinas Herramienta.

Torno, varias capacidades de volteo.

capillo.

taladro.

fresadora.

mandrinadora.

Aparatos de Taller.

Equipo de pintura.

Grúa viajera.

Compresor.

Rayos X.

Magneplus.

Máquina para lavado a presión (vapor).

Bancos de trabajo.

Bancos de trazo.

- Horno para tratamiento térmico.

Con capacidad de acuerdo a necesidades.

- Aparatos para Metalizado.

Fistolas varias.

Soplete Eutalloy.

Soplote Rototec.

Rectificador de corriente con electrodo

(Proceso electro plate)

Cubas electrolíticas.

- Soldadoras.

Eléctricas con capacidad de 250 a 300 Amps. autógenas con tanques, mangueras y aparatos de arco: sumergido con fundente granulado.

Las principales etapas que intervienen en la reconstrucción de unidades, son:

- 1.- Lavado y desengrasado de la unidad.
- 2.- Desensamblado de ésta por sistemas o mecanismos.
- 3.- Lavado y desengrasado de los mecanismos.
- 4.- Desensamblado de éstos en partes.
- 5.- Lavado y desengrasado de partes.
- 6.- Defectación de las partes, comparando el desgaste en relación con las especificaciones de éstas, en donde se decide si deben ser desechadas o reemplazadas por componentes nuevas o pueden volverse a utilizar.
- 7.- Las partes que requieren ser reconstruidas son enviadas al proceso que les corresponde, el cual en lo general consiste en combinaciones de metalización, soldadura, tratamientos térmicos y maquinado.
- 8.- Se ensamblan los mecanismos con partes nuevas o reconstruidas y posteriormente se les efectúan pruebas de control de calidad que les correspondan.
- 9.- Se ensamblan las unidades con los mecanismos reconstruidos.
10. Y por último, se somete a la unidad a pruebas de control de calidad finales.

RECUPERACION DE PARTES.

Mediante los procesos citados anteriormente, pueden recuperarse partes, mecanismos y unidades completas. Los sistemas que en general son susceptibles de reconstruir son:

- Motores.
- Cajas de cambio.
- Tren de rodaje.
- Bastidores.
- Mecanismos de ataque.
- Equipos de ataque.
- Cajas para remolque.

RECUPERACION DE MOTORES.

El motor es uno de los sistemas que tienen gran número de partes en movimiento y sujetos a grandes esfuerzos, su recuperación total significa ahorros considerables para el contratista y dueño del equipo de construcción.

Antes de desensamblar el motor, se efectúan pruebas que determinen el rendimiento para diagnosticar el tipo de reparación. Estas pruebas comprenden: determinación de la potencia al volante, análisis de los gases productos de la combustión, análisis del aceite, determinación de la presión desarrollada en los cilindros y localización de fugas de combustible, lubricante y refrigerante.

El motor es desensamblado y sus partes desengrasadas para inspeccionar las medidas y tolerancias que deben tener para un correcto funcionamiento. En el caso que no cumplan los requisitos exigidos, se procede a su recuperación cuando ésta sea factible. El block de cilindros se inspecciona y se somete a pruebas que arrojen como resultados fugas o grietas que comuniquen conductos de aceites con vías de refrigerantes mediante la introducción de un fluido a alta presión en algunos de los conductos mencionados. Cuando es positivo el resultado, se eliminan depósitos en todos los conductos del block de cilindros mediante un baño en una sustancia apropiada y una posterior limpieza a base de vapor.

El paso siguiente es el envío al departamento de máquinas - herramienta para su rectificación de las partes que se señalen y a las dimensiones especificadas.

- Motores.
- Cajas de cambio.
- Tren de rodaje.
- Bastidores.
- Mecanismos de ataque.
- Equipos de ataque.
- Cajas para remolque.

RECUPERACION DE MOTORES.

El motor es uno de los sistemas que tienen gran número de partes en movimiento y sujetos a grandes esfuerzos, su recuperación total significa ahorros considerables para el contratista y dueño del equipo de construcción.

Antes de desensamblar el motor, se efectúan pruebas que determinan el rendimiento para diagnosticar el tipo de reparación. Estas pruebas comprenden: determinación de la potencia al volante, análisis de los gases productos de la combustión, análisis del aceite, determinación de la presión desarrollada en los cilindros y localización de fugas de combustible, lubricante y refrigerante.

El motor es desensamblado y sus partes desengrasadas para inspeccionar las medidas y tolerancias que deben tener para un correcto funcionamiento. En el caso que no cumplan los requisitos exigidos, se procede a su recuperación cuando ésta sea factible. El block de cilindros se inspecciona y se somete a pruebas que arrojen como resultados fugas o grietas que comuniquen conductos de aceite con vías de refrigerantes mediante la introducción de un fluido a alta presión en algunos de los conductos mencionados. Cuando es positivo el resultado, se eliminan depósitos en todos los conductos del block de cilindros mediante un baño en una sustancia apropiada y una posterior limpieza a base de vapor.

El paso siguiente es el envío al departamento de máquinas - herramienta para su rectificación de las partes que se señalen y a las dimensiones especificadas.

La cabeza del block de cilindros y en la cual se encuentran las válvulas, es — cepillada para eliminar posible alabeo por calentamiento, en tanto que las válvulas son rectificadas una vez que se han defectado completamente.

El cigüeñal y árbol de levas son rectificados según las dimensiones dadas a sus asientos en el block de cilindros. En caso de existir grietas, se someten a un proceso de metalizado para posteriormente ser rectificadas.

Las bielas son rectificadas o cepilladas una vez determinada la existencia de torción en ellas.

Mientras las piezas mencionadas se encuentran en proceso de recuperación, el Departamento de Compras abastece los elementos de desgaste del motor, o que por efectos de cambio de dimensiones tengan que ser sustituidos, tales como: juntas y empaques, sellos metálicos, cojinetes de biela, cigüeñal y bancada, rodamientos para el árbol de levas, bandas, anillos, pistones y piezas que no ha sido posible recuperar.

Las bombas de inyección de combustibles, inyectores y turboalimentadores son — reparadas en el laboratorio diesel, por tener tolerancias muy reducidas y requerir nula contaminación de sus partes.

El conjunto es integrado y se efectúan pruebas similares a las llevadas a cabo antes de la reconstrucción para determinar y controlar la calidad del proceso.

RECUPERACION DE CAJAS DE CAMBIO.

La recuperación de cajas de cambios es un poco más compleja que la de otros sistemas, básicamente porque la maquinaria para el mecanizado de engranes es muy — compleja y sofisticada. Se toma lectura de las dimensiones de las flechas que soportan a los engranes y de tener desgaste inadmisibile se maquinan en la máquina, herramienta apropiada, generalmente una rectificadora, en tanto que se determina por inspección el desgaste de los dientes de los engranes y se envían a establecimientos especializados para su recuperación o se solicitan al Departamento de Compras según el estado físico que guarden. La bancada si se requiere,

es enviada a soldadura o maquinado. Una vez terminadas las operaciones de recuperación y de compra, se ensambla el conjunto y se somete a las pruebas pertinentes.

RECUPERACION DE TRENES DE RODAJE.

El tren de rodaje para cualquier equipo de maquinaria para construcción y el tren delantero de las motoconformadoras son sistemas sujetos a un desgaste severo. Por esta razón representan mayores costos de operación y posesión para las empresas que se dedican a este ramo de la industria.

La reconstrucción de las orugas requiere de la utilización de maquinaria especializada pero que debe tenerse en el taller de reconstrucción, ya que la reconstrucción de carriles es una de las actividades en la cual se obtienen ahorros considerables.

La distribución del equipo utilizado en la reconstrucción de los trenes de rodaje se muestra en la Figura 5.1 que comprende las áreas de recepción, defectadas, almacenes, desarmado, desensamble, etc.

El equipo más importante del área de reconstrucción de carriles lo constituye la metalizadora de rodillos, la soldadora eléctrica de arco sumergido la prensa horizontal, la rectificadora de rodillos, el torno y la soldadora para rodillos.

Las cadenas del tren de rodaje son desensambladas mediante el uso de la prensa hidráulica, en tanto que las zapatas son removidas mediante un dado accionado por un motor neumático y las partes son llevadas a las correspondientes áreas de intervención. Generalmente muchos de los bujes y pasadores de la cadena son girados 180° de su posición original ya que sufren el desgaste parcial, aunque se requiere en no pocas ocasiones, efectuar la substitución de éstos y en el mejor de los casos, se requiere metalizarlos y posteriormente maquinarlos a sus dimensiones apropiadas.

En tanto que las zapatas son condicionadas con garras que soldan mediante proceso de soldadura por arco sumergido, como se muestra en la Figura 5.2. Los rodillos y ruedas guía, al examinar el desgaste que poseen se someten a un pro-

caso de metalizado para que finalmente, se lleven a las dimensiones especificadas mediante el maquinado.

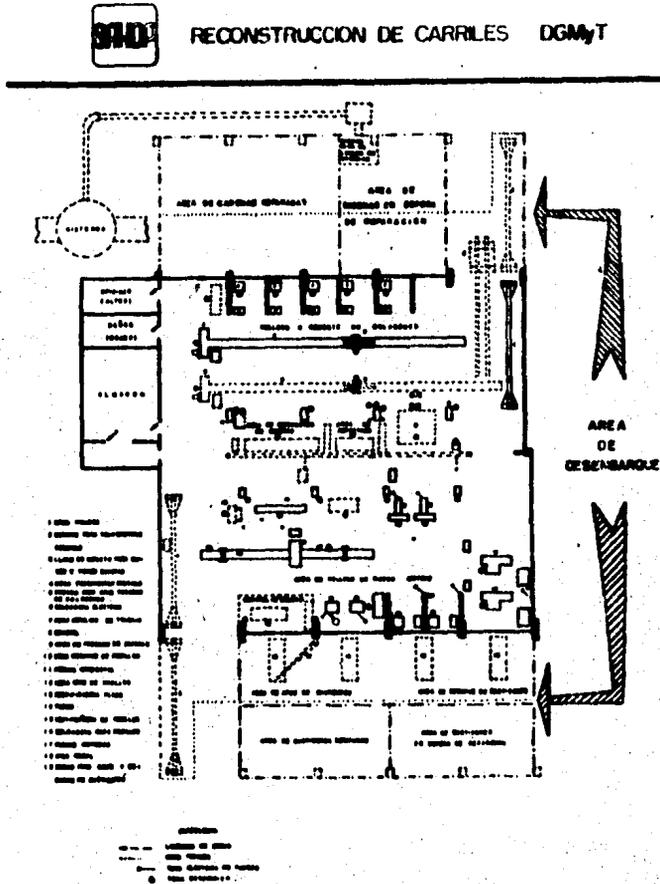


FIG. 5.1.-Distribución del Equipo en la sección de reconstrucción de Carriles.

Al efectuar el ensamble de la cadena y de los rodillos se deben substituir los sellos metálicos de estos elementos así como substituir el perno y buje reconstruido o nuevo, según las necesidades para los rodillos y rueda guía y así ga -

rantizar la máxima calidad del trabajo.

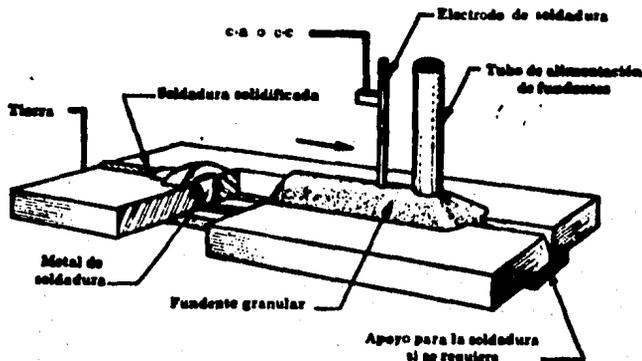


FIG. 5.2.- Soldadura de las garras de las zapatas por el proceso de arco sumergido.

El tren delantero de las motoconformadoras es reconstruido mediante procesos de soldadura y maquinado, principalmente. La reconstrucción de un tren delantero se lleva a cabo, primeramente midiendo el desgaste de los elementos sujetos a este fenómeno y el cual lo experimentan principalmente los pernos y bujes que constituyen las articulaciones de los diversos elementos que integran el mecanismo. Si los elementos mencionados no cumplen las especificaciones del fabricante, se somete éste al proceso de recuperación.

Los elementos que deben ser maquinados son los agujeros pasantes de los margos de dirección, así como los que se localizan en el varillaje de inclinación del tren delantero, en tanto que son fabricados los bujes y metalizado los pernos correspondientes mediante el proceso adecuado. El ensamble se lleva a cabo utilizando una prensa hidráulica y finalmente se determinan los huelgos y especificaciones que el fabricante recomienda.

En el caso de la recuperación de los trenes de rodaje y trenes delanteros de motoconformadoras, es deseable contar con un método para programar dichas actividades. El método más común, al que se refiere a la medición del desgaste de los elementos de estos mecanismos y compararlos con las especificaciones de los

fabricantes, aunque se pueden programar las reparaciones conociendo la utilización del mecanismo y al llegar al término de su vida útil, los elementos de desgaste se sustituyen o se recuperan por los métodos ya conocidos.

RECUPERACION DE BASTIDORES.

El chasis de máquinas para la construcción de grandes dimensiones está construido con gran cantidad de material, por lo que su recuperación es de primordial importancia. El bastidor puede reformarse en puntos de concentración de esfuerzos que pudieran haber ocasionado fatiga, puntos como lo es el soporte de las orugas de un tractor, el punto de apoyo de los brazos de ataque y levante de un cargador, punto de fijación de los desgarradores de un tractor, apoyo de la horquilla del tambor delantero de aplanadoras, puntos de apoyo de los ejes de lanternos de motoconformadoras, etc. En la recuperación deben localizarse grietas y roturas o torceduras del chasis mediante un procedimiento a base de Rayos X para luego ser corregidas mediante el proceso adecuado, que generalmente es el uso de algún proceso de soldadura.

RECUPERACION DE MECANISMOS DE ATAQUE.

Los mecanismos de ataque son aquellos que dotan de movimiento a los equipos de la maquinaria para construcción y por su función, reciben directamente las cargas que representa la remoción de materiales.

Los círculos de las motoconformadoras, los brazos de ataque de los bulldozers, los brazos de ataque y levante de los cargadores, la horquilla de dirección de las aplanadoras, la tapa delantera de las motoescrepas, los cilindros hidráulicos de diferentes equipos, pueden recuperarse, básicamente mediante procesos de metalizado y maquinado. Excepto en los cilindros hidráulicos en los cuales son recubiertos de cromo mediante un proceso electrolítico. Los vástagos de éstos, cuando se ensamblan se colocan sellos nuevos para evitar la fuga del aceite. Los cilindros dentro de los cuales se mueve el vástago, si el caso lo requiere, son mecanizados en una mandrinadora o en una rectificadora a la dimensión adecuada.

RECUPERACION DE EQUIPOS DE ATAQUE.

Por la razón de que están provistos de herramientas de ataque, los equipos de la maquinaria, sufren poco desgaste. Las herramientas de ataque consisten en -- cuchillas y dientes, que son piezas de desgaste. Cuando no se tiene cuidado por parte del mecánico y del operador, respecto a la vigilancia del estado de estas piezas, el equipo sufre desgaste que obliga a su reconstrucción, la cual consiste básicamente de refuerzos de soldadura. En el caso de vertederos de motoconformadoras y bulldozers, pueden ser reforzados mediante vigas colocadas convenientemente. Los equipos susceptibles de recuperar son botes de los cargadores, vertedores, cucharón de retroexcavadora y orugas, escarificadores de motoconformadoras, desgarradores y tambores de compactadores. La Figura 5.3 muestra un -- cucharón reforzado con cordones de soldadura.

RECUPERACION DE CAJAS DE CAMIONES.

Las cajas de los "camiones fuera de carretera" son fácilmente recuperables mediante proceso de soldadura, debido a las cargas de choque a que se someten al recibir el material, la estructura de la caja se deforma y la lámina o plancha de acero que la recubre se dobla o se rompe. La recuperación consiste básicamente de calentamiento de elementos deformados y trabajo mediante una prensa hidráulica para devolverle su forma original. Puede reforzarse por medio de perfiles o segmentos de lámina para proporcionar mayor resistencia a la deformación.

Existen pequeñas piezas que son recuperables mediante los procedimientos señalados al principio del capítulo, pero su número es tan grande que impide la descripción detallada de los procesos adecuados y que ocuparían un gran espacio, -- repitiendo en la mayor parte de las veces los procesos tecnológicos ya mencionados.

CORDON DE SOLDADURA

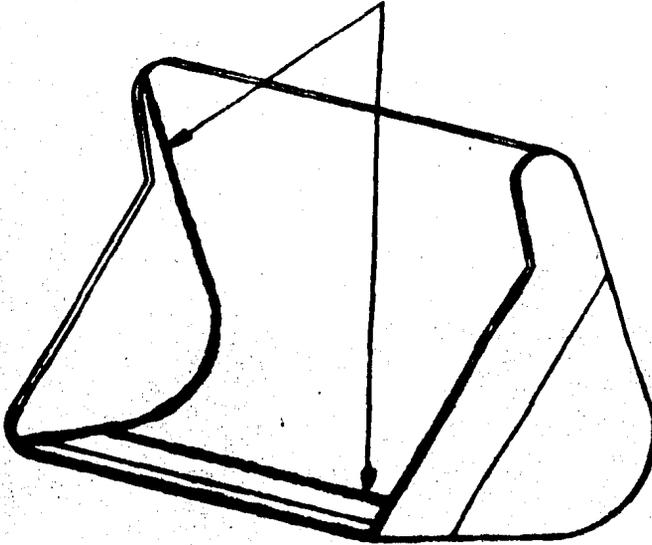


FIG. 8.3.- Recuperación de un cucharón mediante el refuerzo con cordones de soldadura.

CONCLUSIONES

Se ha establecido que el desarrollo de nuestras grandes ciudades y el comfort - que el hombre disfruta en la actualidad en estas metrópolis, no sería posible - sin la utilización de los modernos dispositivos que facilitan sus actividades. En el ramo de la construcción tanto de vías de comunicación como de factorías, y casas habitación, se requiere del uso de maquinaria especializada para lograr rápidos avances en la conclusión de estas obras.

Es a todas luces conocido que nuestro país se encuentra en una situación financiera poco solvente y que la deuda al exterior se ha incrementado en proporción alarmante en el último sexenio, por lo que se hace necesario reorientar nuestra economía hacia la fabricación de bienes de capital. Como se menciona en el capítulo correspondiente, la gran mayoría de los equipos utilizados en la industria de la construcción son de importación y las partes de repuesto tienen que solicitarse al extranjero, aumentando los costos de operación y posesión para el contratista de obra, además que cada año se incrementa el costo de adquisición de las diversas máquinas utilizadas en la construcción, como se puede ver en la gráfica que indica el comportamiento de estos costos através del tiempo.

Es entonces necesario y plenamente justificado la reconstrucción de la maquinaria para construcción por las ventajas que esta ofrece y las cuales se mencionan en el último capítulo del trabajo.

Aón cuando se han demostrado las ventajas económicas que reportan las actividades derivadas de la reconstrucción, existen en realidad pocas empresas que se dedican a ella, debido básicamente a los modelos establecidos por países industrializados en cuanto al desecho de los equipos en cuanto se ha depreciado totalmente y llegado al final de su vida útil, pero considerando también las innovaciones o nuevos dispositivos de las modernas máquinas haciendo parecer como obsoletas a las de modelos más antiguos. Pero lo anterior puede reargumentarse con el hecho de adaptar nuevos dispositivos a estas últimas con el fin de

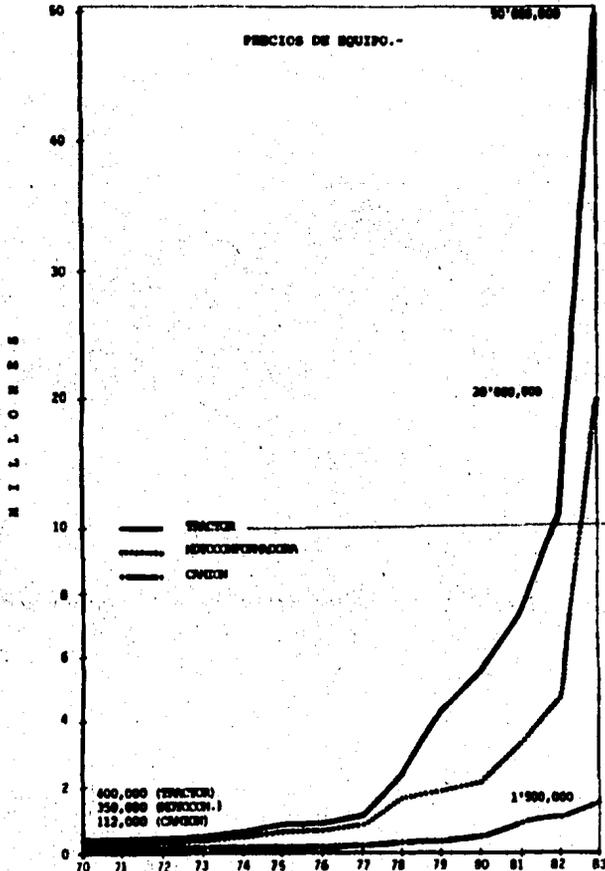
hacerlas competitivas en cuanto a su función y esto se logra al efectuar investigaciones relativas a los mecanismos que devolverían a los equipos reconstruidos sus características originales y en muchas ocasiones, superiores a estas. - Un caso palpable que demuestra la posibilidad de dotar de características superiores a las de diseño original a un equipo de construcción es el hecho realizado en el parque de maquinaria de la SAHOP, ubicado en Mazatlán, Sinaloa, en el cual a un tornatractor cuyos equipos se controlan por medio de cables y poleas (vertedor, desgarrador), se sustituyeron estos sistemas mecánicos por un sistema hidráulico, como los que poseen los nuevos tractores, para el control de dichos equipos.

Tomando como base los ahorros obtenidos en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, en la reconstrucción de maquinaria para la construcción y en la experiencia acumulada através de muchos años por técnicos e ingenieros en materia de mantenimiento y reparación de este tipo de equipos, así como el incesante incremento de los precios de adquisición de los diferentes tipos de maquinaria para la construcción, y las piezas de repuesto, especialmente las de importación, se justifica la elaboración de un proyecto para la instalación de una planta industrial que se dedique a estas actividades.

En particular, en la Dirección General de Maquinaria y Transportes de la SAHOP, existe un diseño para la construcción de un taller de reconstrucción de equipos de construcción, tomando como punto de partida los aspectos mencionados en el párrafo anterior. El diseño está dividido en tres fases:

- a).- Diseño básico del taller de reconstrucción, la selección y definición del equipo, definición de la distribución general y específica (layouts), estimación de los costos de inversión, plantilla de personal y evaluación de un programa para construcción.
- b).- Desarrollo de la ingeniería de detalle para el taller de reconstrucción y el desarrollo de la ingeniería del producto requerida para establecer procedimientos de mantenimiento y reconstrucción apropiadas.

c).- Definición de procedimientos detallados de reconstrucción y el establecimiento de un sistema codificado para clasificación de los componentes usados en los equipos y maquinaria.



El inicio de los trabajos de la primera fase se llevó a cabo a partir de 1982, los cuales incluyen:

a).- Ingeniería básica del centro de reconstrucción.

b).- Selección del equipo.

c).- Estimaciones de costos de operación y construcción de ese centro, así como un programa para llevar a cabo su construcción.

Del punto A los talleres de reconstrucción incluyen las siguientes áreas:

1.- Motores.

2.- Chassis.

3.- Transmisiones.

4.- Sistemas de inyección diesel.

5.- Sistemas hidráulicos.

6.- Ejes.

7.- Sistemas eléctricos.

8.- Cucharones.

9.- Máquinas - herramientas.

10.-Pailería.

11.- Hojalatería.

12.- Pintura.

13.- Mantenimiento Industrial.

Que son en sí , la esencia de la planta de reconstrucción de maquinaria pesada.

BIBLIOGRAFIA

REVISTAS :

- Leonard E. Samuels. Los mecanismos del mecanizado por Abrasión. Scientific American, Prensa Científica S.A. 1979 .
- Lartigue, Barcelata. Perspectivas de la Industria de la Construcción en las áreas de contratación, financiamiento, inflación, seguridad social y aspectos fiscales. ONIC . 1983.
- Dirección General de Maquinaria y Transportes. Programa de Reconstrucción de la maquinaria para la construcción. S.A.H.O.P. 1979.

LIBROS:

- La soldadura y sus aplicaciones, Rossi. Edit. Reverté .1941.
- Internal Combustion Engines. Maleev, Mc. Graw Hill Book Co. 1945.
- Motores de Combustión Interna, análisis y aplicaciones. Obert. International Text Books Co. 1973.
- Moving The Heart. Nichols Jr. North Castle Books. 1955.
- Procesos De Fabricación. Begeman, Amstead. CECSA. 1979.
- Caterpillar Performance Handbook. Caterpillar Tractor Co. 1981
- Machine Design. Paul O. Black , O. Eugene Adams.Mc. Graw Hill Kogakusha. 1955.
- Material Science for Engineers, Van Vlack. Addison-Wesley Publishing Company. 1974