

6
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
CUAUTITLAN**



V N A M

**“ INSTALACION, OPERACION Y MANTENIMIENTO DE UN
DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY PARA PRUEBAS
EN UN MOTOR A GASOLINA ”**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A N :

SERGIO AVALOS ZAVALA

PEDRO R. PONCE MENDEZ

ASESOR: ING. FILIBERTO LEYVA PIÑA

COASESOR: ING. D. GABRIEL LOPEZ VIDAL

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.

I N D I C E

INTRODUCCION.....	PAG. 1
-------------------	--------

TEMA I FUNDAMENTOS BASICOS

Conceptos Básicos.....	4
Motores de Combustión Interna (Gasolina).....	8
Sistemas de un Motor de Combustión Interna.....	14
Dispositivos Anticontaminantes.....	23
Breve Estudio de Gasolinas.....	27
Conceptos sobre Motores de Combustión Interna.....	32
Rendimientos.....	38
Pruebas Principales en Motores.....	42
Dinamómetro.....	47
Brazo de Palanca.....	51
Control de la Exactitud en las Mediciones.....	52
Características del Motor y Dinamómetro.....	54

TEMA II ENSAMBLE E INSTALACION DEL DINAMOMETRO.

Campo de Aplicación del Dinamómetro de Corrientes de Eddy.....	56
Descripción del Diseño y Funcionamiento del Dinamómetro de Corrientes de Eddy.....	57
Medición de la Velocidad y Torque.....	63
Límite del Rango de Funcionamiento.....	64
Ensamble e Instalación	
Base.....	67
Abastecimiento del Agua de Enfriamiento.....	67
Cálculo del Consumo de Agua.....	72
Montaje del Soporte del Estator.....	79
Gabinete de Control de Bancos de Prueba de Motores.....	89
Módulos de Medición.....	90
Conexiones Eléctricas.....	96
Banco de Pruebas.....	98

TEMA III
ENSAMBLE DEL MOTOR AL DINAMOMETRO.

Ensamble.....	100
Posibilidades de Instalación.....	102
Acoplamiento entre Motor y Dinamómetro.....	107
Balaceo de Cuerpos Rígidos (Norma ISO 1940).....	117
Selección de la Flecha de Acoplamiento.....	124
Condiciones requeridas para el Cuarto de Pruebas.....	133

TEMA IV
PROCEDIMIENTOS DE OPERACION PARA PRUEBAS DE MOTORES

Sistema de Control.....	144
Selección de los Modos de Operación del Dinamómetro de Corrientes de Eddy.....	156
Modos de Operación Posibles del Sistema.....	161
Calibración del Dinamómetro.....	161
Resumen de los Puntos Principales Para la Instalación, Cali- bración y Operación del Sistema Dinamómetro-Motor.....	165
Pruebas Realizadas en el Sistema Instalado Dinamómetro-Motor.....	167

TEMA V
REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD

Conceptos de Seguridad Industrial.....	199
Seguridad en la Operación de Dinamómetros de Corrientes de Eddy.....	202

TEMA VI
MANTENIMIENTO

Instrucciones de Limpieza del Banco de Pruebas.....	211
Limpieza del Dinamómetro de Corrientes de Eddy.....	212
Instrucciones de Lubricación para dinamómetros de Corrientes de Eddy.....	221
Componentes del Dinamómetro de Corrientes de Eddy Modelo E2-330.....	224

Componentes de la Celda de Carga del Dinamómetro.....	228
Mantenimiento General.....	230
CONCLUSIONES.....	231
BIBLIOGRAFIA.....	232

INTRODUCCION

En nuestros días uno de los problemas más graves a que se enfrenta la humanidad es el de la contaminación atmosférica. En las ciudades más importantes del mundo esto es causado principalmente por las industrias y los vehículos automotores. Es de suma importancia el tratar de resolver el problema de la contaminación vehicular y para ello se realizan pruebas en motores de combustión interna auxiliándose de dinamómetros de banco con el fin de aumentar su rendimiento y disminuir los gases contaminantes que producen, así como analizar diferentes tipos de gasolinas y aditivos para cumplir con este fin.

Los dinamómetros de banco mediante métodos de pruebas establecidos internacionalmente simulan las condiciones de funcionamiento normal de un motor de combustión interna. En este trabajo se intenta destacar la importancia de los dinamómetros de banco, en especial del Dinamómetro de Corrientes de Eddy (Corrientes Parásitas) para la realización de pruebas de combustibles en un motor a gasolina, las cuales se realizaron en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), asimismo se lleva a cabo un análisis general de su instalación, operación y mantenimiento.

En el primer tema se hace una compilación de los conceptos básicos de la teoría de los motores de combustión interna para poder tener una idea general de lo que son estos, así como de su composición y parámetros de medición más importantes que se pueden obtener de la realización de pruebas.

También se desarrolla un estudio básico de la gasolina (tipos, componentes principales, etc.) y en lo que se refiere a la contaminación se hace mención del dispositivo principal para contrarrestarla (convertidor catalítico).

En lo que respecta a las pruebas en motores de banco se mencionan algunas variantes de como llevarlas a cabo al igual que de los componentes necesarios para hacerlas, en el sistema

presentado en este trabajo se hace uso de un motor a gasolina marca General Motors V8-350 y de un dinamómetro de Corrientes de Eddy marca Schenck E2-330 del cual se darán los conceptos básicos de funcionamiento y características generales de éste ya acoplado al motor en prueba.

En el segundo tema se desarrolla la descripción del ensamble e instalación del dinamómetro tomando en cuenta varios parámetros como son abastecimiento de agua de enfriamiento, selección de la base adecuada para su montaje, así como la instalación del gabinete de los módulos de control del equipo.

Se hace también la descripción del diseño del dinamómetro y sus características de funcionamiento.

En el tema III se hace referencia al ensamble del motor al dinamómetro involucrando todos los requerimientos necesarios para que el sistema simule las condiciones de funcionamiento reales del motor (sistema de combustible, ventilación, enfriamiento, escape y de encendido).

En el tema IV se hace una descripción del sistema de control del dinamómetro así como de sus modos de operación. Se presentan los pasos a seguir y los resultados obtenidos durante la primera calibración del dinamómetro.

Se menciona un resumen de los puntos principales a seguir durante la instalación, calibración y operación del sistema dinamómetro-motor.

En este tema también se presentan los resultados obtenidos durante pruebas de consumo de combustible y del índice de requerimiento de octano (ORI) para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor al utilizar diferentes mezclas de gasolinas bases.

En el tema V se mencionan algunos conceptos sobre seguridad industrial y además lo relativo a la seguridad en la operación del dinamómetro de Corrientes de Eddy.

En el tema VI se indican las instrucciones principales para el mantenimiento del dinamómetro (limpieza, lubricación) además del mantenimiento del cuarto de pruebas y del motor.

Se anexan las listas de partes del dinamómetro y de la celda de carga del mismo para tener el conocimiento de los componentes internos.

Esto es a grandes rasgos el contenido del trabajo que a continuación se presenta.

T E M A I FUNDAMENTOS BASICOS.

CONCEPTOS BASICOS.

Para adentrarnos de lleno al estudio de los dinamómetros y su relación con los motores de combustión interna es necesario describir los conceptos de algunas de las variables más utilizadas y así comprender mejor el contenido de este trabajo.

a).- Desplazamiento.

Es la distancia dirigida en la que el punto se ha movido sobre una trayectoria geométrica, a partir de un origen conveniente. Se trata de un vector, que tiene tanto magnitud como dirección y que está sujeto a todas las leyes y características que se le atribuyen a los vectores.

b).- Velocidad.

La velocidad de un punto es la razón del desplazamiento, con respecto al tiempo, o sea, $v = ds / dt$.

c).- Desplazamiento angular.

Es el cambio en la posición angular de una línea dada, según se mida a partir de una línea conveniente de referencia.

d).- Velocidad angular.

Se define como la razón de cambio del desplazamiento angular con respecto al tiempo $\omega = d\theta/dt$. La velocidad angular también puede tener componentes con respecto a cualquiera de los tres ejes ortogonales.

e).- Par.

Dos fuerzas de igual magnitud que actúan en sentidos opuestos sobre rectas paralelas forman un par.

"Un par no puede ser reducido a una sola fuerza".

Se pueden desplazar las fuerzas que forman un par y se puede

modificar su magnitud y su dirección siempre que se conserven paralelas entre sí, que se mantengan en el mismo plano original o en uno paralelo a él, que el producto de una de las fuerzas por la distancia entre las dos paralelas sea constante y que el sentido de rotación permanezca invariable.

f).- Momento.

Un esfuerzo giratorio constituye lo que se denomina momento, el cual es el producto de la longitud del brazo del momento (m) por la fuerza útil (kg) tangente en el extremo de dicho brazo. El momento es una importante característica de un motor y, como quiera que es independiente de la velocidad, determina lo que hay que construir en la transmisión entre el motor y las ruedas motoras, para poder ceder a éstas ruedas el esfuerzo giratorio que interese. Por ejemplo, el momento de arranque (Par de arranque) del motor de un automóvil es cero, y es preciso desconectar el motor de su carga, por medio de un embrague, para poderlo poner en marcha sirviéndose de un motor de arranque independiente.

g).- Potencia.

Es la tasa o razón con la cual se realiza un trabajo; también es el número de unidades de trabajo efectuadas por unidad de tiempo. Es la velocidad con la cual se hace un trabajo.

h).- Trabajo.

Es una forma de energía y se define por el producto de una fuerza por la longitud de un camino en la dirección de dicha fuerza a lo largo del cual ésta actúa.

Ahora se determinan algunas de las unidades fundamentales de las variables anteriormente descritas para su adecuado uso dependiendo del sistema utilizado (SI o Sistema Inglés).

UNIDADES DE VOLUMEN.

$$1 \text{ in}^3 = 1.6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$1 \text{ in}^3 = 1.6387 \times 10^1 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 6.1023 \times 10^{-2} \text{ in}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 = 1.0 \times 10^{-3} \text{ lt}$$

$$1 \text{ in}^3 = 5.7870 \times 10^{-4} \text{ ft}^3$$

UNIDADES DE VELOCIDAD.

$$m/s = 3.8 \text{ Km/hr}$$

$$m/s = 196.85 \text{ ft/min}$$

$$m/s = 2.237 \text{ Mi/hr}$$

$$\text{Km/hr} = 0.6214 \text{ Mi/hr}$$

UNIDADES DE VELOCIDAD ANGULAR.

$$\text{Rad/s} = 0.55 \text{ Rev/min}$$

$$\text{Rev/min} = 0.1047 \text{ Rad/s}$$

UNIDADES DE TRABAJO O ENERGIA.

$$J \text{ o Nm} = 0.10197 \text{ Kg}_f \text{ m}$$

$$J = 0.7376 \text{ ft lb}_f$$

$$J = 2.778 \times 10^{-7} \text{ KW hr}$$

$$J = 3.777 \times 10^{-7} \text{ CV hr}$$

$$J = 3.725 \times 10^{-7} \text{ HP hr}$$

$$J = 2.388 \times 10^{-4} \text{ Kcal}$$

$$\text{Cal} = 4.187 \text{ J}$$

$$\text{Kcal} = 426.9 \text{ Kg}_f \text{ m}$$

$$\text{BTU} = 778.2 \text{ ft lb}_f$$

UNIDADES DE TEMPERATURA.

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8$$

$$^{\circ}\text{F} = 1.8 ^{\circ}\text{C} + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 459.67$$

$$^{\circ}\text{R} = 1.8 ^{\circ}\text{K}$$

UNIDADES DE TORQUE.

$$1 \text{ lb ft} = 1.3825 \times 10^{-1} \text{ Kg m}$$

$$1 \text{ lb ft} = 1.3558 \text{ N m.}$$

$$\text{N m} = 1.0197 \times 10^{-1} \text{ Kg m}$$

$$\text{N m} = 7.3576 \times 10^{-1} \text{ lb ft}$$

UNIDADES DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE:

lt/Km = 4.2513×10^{-1} Gal/Mi

Gal/Mi = 2.35221 lt/Km

UNIDADES DE POTENCIA.

HP = 0.7457 KW CV = 0.1757 kcal/s

HP = 1.014 CV CV = 0.6971 BTU/s

HP = 76.04 Kg_f m/s CV = 0.7355 KW

HP = 550 ft lb/s CV = 0.9863 HP

HP = 0.1781 Kcal/s CV = 75 Kg_f m/s

HP = 0.7068 BTU/s CV = 542.5 ft lb/s

UNIDADES DE FUERZA.

N = 2.2481×10^{-1} lb

lb = 4.4482 N

lb = 4.53589 Kg

Kg = 2.2046 lb

Kg = 9.81 N

UNIDADES DE FLUJO.

cm³/s = 3.5315×10^{-5} ft³/s

m³/hr = 2.6419×10^2 Gal/hr

m³/hr = 1.0×10^3 lt/hr

Gal/hr = 1.05148 cm³/s

Gal/hr = 3.7853 lt/hr

A continuación se hace mención de algunas definiciones comúnmente utilizadas dentro del ámbito de los motores de combustión interna:

Punto Muerto Superior (PMS).- Es la posición del pistón próxima a la culata.

Punto Muerto Inferior (PMI).- Es la posición más alejada de la culata.

Carrera.- Comprende la distancia entre el PMS y el PMI, es igual, salvo raras excepciones, al doble del radio de la manivela del eje

del cigüeñal. Se expresa generalmente en mm.

La parte superior del cilindro está cerrada por la culata. El volumen comprendido en el cilindro entre la culata y el pistón representa la cámara de combustión, en la cual se quema la mezcla de aire y combustible, es decir, el fluido activo.

Volumen Total del Cilindro (V_1). - Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el PMI (cm^3).

Volumen de la Cámara de Combustión (V_2). - Es el espacio comprendido entre la culata y el pistón cuando éste se halla en el PMS (cm^3).

Cilindrada ($V_1 - V_2$). - Es la generada por los pistones en su movimiento alternativo desde el PMS hasta el PMI (cm^3).

Relación Volumétrica de Compresión (rc). - Se entiende por tal la que hay entre el volumen total del cilindro V_1 y el volumen de la cámara de combustión V_2 . En general, es llamada Relación de Compresión ($rc = V_1/V_2$).

MOTORES DE COMBUSTION INTERNA (GASOLINA).

Un motor de C.I. consta en esencia de un cilindro, un émbolo y una manivela. El combustible se quema dentro del cilindro y al expandirse los productos gaseosos de la combustión se realiza trabajo; el movimiento rotatorio se consigue por medio de la manivela.

Ciclos Mecánicos.

Ciclo es una serie de operaciones después de las cuales el aparato, o substancias, vuelven periódicamente a un determinado estado o configuración.

En los motores de C.I. el ciclo mecánico puede completarse con una revolución (Ciclo de 2 tiempos), o en dos revoluciones (Ciclo de 4 tiempos). En los motores del Ciclo Otto, el combustible y el aire se mezclan en un carburador y la mezcla explota mediante una chispa.

Los ciclos en los motores de combustión interna nos ayudan a mostrar los efectos de los cambios en las condiciones de operación, para indicar el rendimiento máximo, así como para comparar un tipo de motor con otro, ya que los motores de C.I. no cumplen con un ciclo termodinámico (para que suceda esto el fluido operante de un sistema experimenta un cierto número de procesos y eventualmente regresa a su estado inicial, lo cual no ocurre con los motores de C.I.).

En un motor de combustión interna el calor producido por la combustión de la gasolina se convierte en energía motriz dentro del motor. Los pistones, las bielas y el cigüeñal son las partes del motor que convierten la energía calorífica en energía motriz mediante lo que se conoce como un ciclo de cuatro tiempos, los cuales son los siguientes:

Admisión. - En el motor de ignición por chispa, el pistón en la carrera hacia el punto muerto inferior crea una admisión del fluido en el cilindro, desde el instante en que se abre la válvula de admisión, esto se hace antes de iniciarse la carrera; mientras que la admisión de la mezcla finaliza en el instante en que se cierra la válvula de admisión, y esto se realiza después de haberse efectuado la carrera. Durante la admisión en el interior del cilindro, desciende la presión, debido a que el aire y la mezcla de combustible encuentran resistencia en los conductos de admisión (filtro de aire, carburador, válvula de estrangulamiento, válvula de admisión, etc.) que originan pérdidas de presión. Ello origina la llamada depresión en la admisión, la cual resulta más intensa al aumentar la velocidad del gas, a consecuencia de la resistencia que el fluido debe vencer a su paso por dichos conductos.

El movimiento de las válvulas al comenzar la abertura y al cerrarse debe ser lento, debido a que se producen grandes cargas dinámicas que pueden ocasionar roturas en los elementos del mecanismo de distribución de los gases.

En el motor de 4 tiempos para automóvil la válvula de escape comienza a cerrarse cuando el cigüeñal gira de 2 a 25 grados después del P.M.S.; la abertura de la válvula de admisión se efectúa cuando faltan de 5 a 20 grados de giro del cigüeñal para llegar al P.M.S.

Compresión. - A partir del instante en que se cierra la válvula de admisión en el motor de cuatro tiempos, durante la carrera de retorno del pistón hacia el P.M.S., en la cámara de combustión tiene lugar el proceso de compresión, en el cual la carga es comprimida hasta un valor máximo, que se alcanza al final de dicha carrera. En este instante, el volumen de la carga queda reducido a una fracción del volumen que tenía al principio de la carrera; esta fracción es la inversa de la relación volumétrica de compresión.

Durante la compresión aumenta la temperatura y la presión de la carga. Sus valores finales dependen de la relación de compresión que, al aumentar, eleva la eficiencia del ciclo y mejora el aprovechamiento del calor.

En el motor de carburador la mezcla de trabajo se inflama por medio de una chispa eléctrica, una vez inflamada la mezcla, la llama producida por la chispa eléctrica se propaga rápidamente (a 30-50 mm/seg) por todo el volumen de la cámara de combustión.

Teniendo en cuenta que la combustión requiere un cierto tiempo para realizarse y que el aprovechamiento de calor se consiga, la mezcla debe quemarse mientras el pistón esté cerca del P.M.S. al comienzo de la expansión, y esto ocurre, cuando la mezcla se inflama con anticipación (avance del encendido), es decir, antes de que el pistón llegue al P.M.S. En estas condiciones la combustión se efectúa con desprendimiento intenso de calor en el tramo correspondiente al giro del cigüeñal, desde 10-15 grados antes del P.M.S. hasta 15-20 grados después de dicho

punto.

En el período de la compresión, cuando la temperatura en las paredes del cilindro, de la culata del mismo y de la cabeza del pistón es mayor que la de la carga, esta última se calienta. A medida de que el pistón se va acercando al P.M.S. la carga se comprime cada vez más y la diferencia entre su temperatura y la temperatura medida de las superficies anteriores disminuye. En un instante determinado las temperaturas de la carga y una de estas superficies se igualan. Y al seguirse moviendo el pistón hacia el P.M.S. cuando la temperatura de la carga es mayor que la de las superficies, cambia la dirección del flujo calorífico y empiezan a calentarse las superficies que comprimen la carga.

Expansión.- A diferencia del ciclo teórico, donde se supone que la expansión se efectúa sin intercambio de calor con el medio exterior, en realidad los productos de la combustión se expanden a alta temperatura y ceden parte de su calor al medio circundante a través de la culata, de las paredes de los cilindros y de las cabezas de los pistones. Como resultado de esto los productos de la combustión se enfrían.

Con el encendido un poco antes de terminar la fase de compresión se inicia la combustión, la cual origina una elevación de temperatura y presión. La combustión finaliza cuando el pistón ha recorrido ya una parte de la carrera.

En el proceso de la combustión la energía química del combustible se transforma en térmica. Esta transformación se realiza durante cierto tiempo en que el pistón se halla cerca del P.M.S. La actividad del proceso de la combustión depende de un gran número de factores y, ante todo, del procedimiento de formación de la mezcla y de la inflamación del combustible.

Una vez determinada la combustión se lleva a cabo la expansión. El volumen aumenta y la presión experimenta un descenso ocasionado, en parte, por la transmisión de calor a las paredes del cilindro. La expansión debería prolongarse cuando fuera posible para aprovechar al máximo la fase útil, es decir, hasta la proximidad del P.M.I., pero, en la práctica, para facilitar la

expulsión de los gases, se interrumpe ésta con la abertura (anticipada con respecto al P.M.I.) de la válvula de escape.

Por lo tanto, la expansión se realiza con absorción y desprendimiento simultáneo de calor.

Escape. - El barrido de los gases quemados comienza en cuanto se abre la válvula de escape, en este instante la presión dentro del cilindro es mucho más elevada que la atmosférica, por lo que los gases de escape salen de él a gran velocidad, igual a 600-700 m/seg. En este primer periodo de la fase en que transcurre casi a volumen constante (escape espontáneo), la presión desciende con rapidez, y cuando se inicia la carrera de escape, es poco superior a la atmosférica, con tendencia a descender aun más durante la primera parte de esta carrera. Los gases quemados son expulsados por el pistón que se desplaza hacia el P.M.S. Este periodo transcurre con presión ligeramente superior a la atmosférica (sobrepresión en el escape) por la resistencia que han de vencer los gases al atravesar la válvula y los conductos de escape, y representan, por consiguiente, trabajo pasivo. El pistón no puede, sin embargo, expulsar todos los gases, porque una parte de ellos lo ocupa la cámara de combustión. Al final de la carrera de escape, la presión tiene todavía un valor ligeramente superior a la atmosférica, mientras tanto, ha comenzado la abertura de la válvula de admisión y cuando se encuentra ya totalmente abierta y ofrece en este punto la sección máxima de paso para la nueva fase de admisión. Comienza así un nuevo ciclo, que se repetirá con regularidad.

Los gases quemados salen del cilindro del motor a gran velocidad, produciendo un ruido agudo. Para disminuir este ruido se montan silenciadores en el tubo de escape. Estos silenciadores aumentan un poco más la resistencia del sistema de escape, por lo que la presión en el cilindro se eleva en este periodo.

En estas condiciones aumenta la cantidad de gases residuales que quedan en el cilindro y el coeficiente de llenado disminuye.

Por esta razón, el silenciador debe tener una estructura que permita amortiguar la resistencia en el sistema de escape.

En la figura 1.1 se muestra el ciclo de cuatro tiempos de un motor de combustión interna.

El ciclo de cuatro tiempos

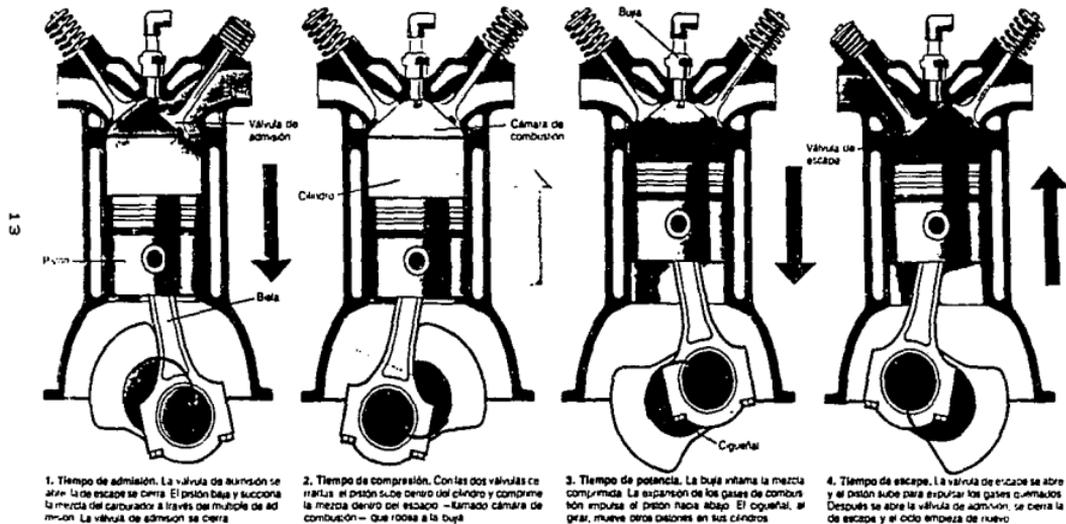


FIGURA 1.1 CICLO DE CUATRO TIEMPOS.

(Fig. 1.1 tomada de En Marcha, Selecciones Reader's Digest).

SISTEMAS DE UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA.

Sistema de Encendido.

El sistema de encendido está formado, por lo general, de un acumulador de 12 V, una bobina de inducción y un distribuidor de alta tensión, o bien, de un magneto de alta tensión con su distribuidor. En la actualidad se emplean dispositivos electrónicos para interrumpir la corriente primaria en lugar de un interruptor de contacto.

En los motores en línea, el orden usual de encendido es 1,3,4,2 o 1,2,4,3 para cuatro cilindros; 1,5,3,6,2,4 (en los motores de automóviles americanos) o 1,4,2,6,3,5 para seis cilindros en línea; 1,6,5,4,3,2 para motores V8. Es común el procedimiento, para los motores V8, de numerar los cilindros de adelante hacia atrás, con los números pares en la bancada izquierda, vistos desde el sitio del conductor. En este arreglo, es típico el orden de encendido siguiente, 1,8,4,3,6,5,7,2. En motores radiales el orden de encendido se efectúa considerando un cilindro sí y otro no; en un motor de nueve cilindros en fila sencilla, el orden deberá ser entonces el siguiente, 1,3,5,7,9,2,4,6,8.

La separación en la punta de las bujías varía dentro de un intervalo que va desde 0.5 hasta 2.0 mm (0.020 a 0.080 pulg.). En las separaciones más pequeñas, se requieren de 4,000 a 8,000 V, en tanto que para las más grandes el voltaje requerido varía de 10,000 a 34,000 V.

En general las bujías, se colocan cerca de la válvula de escape (el punto más caliente), de tal manera que la llama avanza hacia la parte más fría de la cámara de combustión. Esto permite tener relaciones de compresión más altas, sin detonación en la combustión. La operación del motor con estrangulamiento parcial puede necesitar un ligero cambio en la colocación para suministrar la mezcla de combustible a las bujías. En los motores que tienen una relación de compresión menor a la óptima, la ubicación de las bujías puede encontrarse al centro, localización con que por lo

regular se obtiene un tiempo mínimo de combustión. El encendido dual (dos bujías colocadas una frente a la otra) también reduce el tiempo de la combustión y da por resultado un ligero aumento en la eficiencia (en general menos del 1% en comparación con el encendido sencillo con un avance de chispa óptimo.

Ya que se requiere un tiempo apreciable para que se efectúe la combustión, el avance de la chispa debe distribuir el proceso de la misma antes y después del punto superior para lograr la máxima potencia. El avance óptimo de la chispa depende en forma principal de la mezcla aire-combustible, de la cantidad residual de gas, de los requisitos que existan sobre el control de las emisiones, del diseño de la cámara de combustión, de la turbulencia, de la velocidad del motor, del número de bujías y de su colocación. La relación aire-combustible para obtener la máxima potencia requiere el mínimo avance de la chispa. Los motores de baja velocidad necesitan de 10 a 20 grados (recorrido del cigüeñal) de avance de la chispa, y en motores de altas velocidades el requerimiento es de 30 a 40 grados.

En la mayoría de los motores para automóviles el avance de la chispa se controla en forma automática por la velocidad del motor y el vacío del múltiple de admisión; el aumento de estas dos características provocan el aumento independiente del avance de la chispa.

Sistema de Enfriamiento.

Los cilindros de los motores se deben enfriar para mantener una película de lubricante sobre las paredes del cilindro y otras superficies deslizantes; también se deben de enfriar las culatas, los émbolos y las válvulas de escape para impedir la detonación durante la combustión o la destrucción de éstas partes provocada por un calentamiento excesivo. Debe enfriarse el lubricante, para que mantenga una viscosidad adecuada en condiciones de operación.

Por lo general, se emplean sistemas de enfriamiento tanto de agua como de aire; pero como los émbolos, las válvulas de escape y los lubricantes son pequeños, en comparación con el motor o

desarrollan poco trabajo, es suficiente el enfriamiento por contacto con otras partes del motor o con el lubricante que se encuentra entre ellos y no requieren de sistemas exclusivos.

a).- Enfriamiento por agua.

El calor que absorbe el agua de enfriamiento en los cilindros y en las culatas varía de 20 a 35% en los motores de automóvil pudiendo alcanzar hasta un 40% cuando la carga es de un tercio.

Esta pérdida disminuye entre 20 y 30% de su valor, si se incrementa la velocidad de 1,000 a 3,000 rpm. En realidad, estos valores indican una pérdida de calor de la potencia al freno.

Los émbolos de los motores pequeños se enfrían por transmisión de calor con las paredes del cilindro y con el lubricante, en algunos casos se dirige una cantidad apreciable de aceite contra la culata del émbolo para conservarla dentro de un intervalo de temperaturas adecuado.

Por lo regular el agua de enfriamiento es alimentada al interior y exterior de los émbolos por medio de juntas giratorias o conexiones telescópicas especiales para agua. Para conservar en los grandes motores las camisas de los émbolos llenas de agua, se debe tener ésta bajo una presión de 415 a 552 KPa (60 a 80 lb/pulg²). Para las otras camisas, es suficiente una presión de 69 a 104 KPa (10 a 15 lb/pulg²); por tanto, pueden emplearse dos sistemas de enfriamiento con diferente presión cada uno, o bien, reducir el paso de entrada (estrangular) del agua a las otras camisas. No se deben emplear válvulas en el lado de descarga de las camisas; aun con la elevada presión del agua de la camisa, se tendrá un golpe de ariete, a menos que se restrinja el área de descarga a alrededor del 20% del área de admisión. El promedio de la distribución del agua a las diversas camisas es más o menos el siguiente: 60% a la camisa del cilindro y 40% a la camisa de la culata, cuando el émbolo no es enfriado; 50% a la camisa del cilindro; 25% a la camisa de la culata y 25% al émbolo y vástago del mismo cuando éste es enfriado.

Puede no existir la recirculación en el sistema de enfriamiento, en cuyo caso es alimentado con agua fría, que pasa a

través de la camisa de agua y después se desecha. Para una elevación de temperatura de 32 °C (90 °F), en los motores grandes, se deben alimentar de 7.6 a 15.2 lt de agua (2 a 4 gal) por bhp/h.

En algunos motores la temperatura de la descarga del agua se debe mantener tan baja como 40 °C (120 °F), los cuales si se conservan temperaturas altas a la entrada, pueden aumentar la cantidad de agua necesaria hasta 38.1 lt (10 gal) por bhp/h. Se hace circular el agua con una velocidad de 85 a 190 lt (25 a 50 gal) por bhp/h con un aumento en la temperatura de 5.6 a 11.2 °C (10 a 20 °F), mientras se encuentra circulando por la camisa de agua.

Puede usarse la circulación natural (termosifón), con velocidades bajas, que requieren de conexiones grandes, si el agua forma un circuito cerrado. En este caso, el agua caliente se eleva en la camisa del motor, pasa al radiador donde es enfriada, y desciende y fluye de nuevo a la camisa del motor.

b). - Enfriamiento por aire.

Los motores industriales pequeños, los de motocicleta, los de algunos vehículos y muchos de los que se emplean en los aviones, se enfrían por aire. Este tipo de enfriamiento elimina la necesidad de emplear agua u otro medio refrigerante líquido, las camisas de agua, las bombas, los radiadores y las conexiones para el agua, pero requiere que se modifique la construcción de los cilindros, tener aletas, placas de desviación y, en algunos casos, sopladores. La relación de compresión admisible y la potencia producida por los motores de aviones enfriados por aire dependen de la eficacia del enfriamiento de las culatas de los cilindros, las válvulas de escape y los asientos.

Las aletas largas (25 a 50 mm (1 a 2 pulg) según las dimensiones del cilindro) con espacios muy cerrados (2.5 a 5 mm (0.10 a 0.20 pulg)), con placas desviadoras que dirijan el aire con alta velocidad a las zonas calientes, han hecho posible la producción de altas potencias en los motores para aviones a expensas de la considerable resistencia o arrastre del aire. El diseño apropiado de los conductos de enfriamiento permite emplear

el calor absorbido por el aire para obtener el efecto chorro, con lo cual se reduce el arrastre.

c). - Enfriamiento del aceite.

La cortadura de las diversas películas de aceite debida a las partes en movimiento y al contacto con las partes calientes del motor, dan lugar a una elevación de la temperatura del aceite, que cesa cuando se establece el equilibrio entre la energía absorbida y la energía cedida por él; ésta última transmitida al entrar en contacto con partes más frías. En los motores de alto rendimiento se requieren enfriadores de aceite para conservar la temperatura del aceite a 94 °C. (200°F), o por debajo de este valor. En los días calientes es común que la temperatura de los motores de automóvil se eleve hasta 121 °C (250 °F). Una temperatura de 150 °C (300 °F) se considera demasiado alta, en forma particular para los aceites que se descomponen muy rápido en condiciones que provocan las temperaturas altas en ellos. La temperatura adecuada del aceite se mantiene al hacerlo circular a través de un radiador o enfriador hasta un colector de aceite y de allí de nuevo a través del motor. El aceite de la transmisión también se enfría por medio de placas enfriadoras, que se fijan en los extremos de los tanques de los radiadores, o bien, con radiadores separados.

Sistema de Lubricación.

Generalidades.

Para que un motor de combustión interna desarrolle un trabajo satisfactorio, es vital disponer de un aceite lubricante adecuado, con lo cual se evita el desgaste excesivo y la acumulación de depósitos, así como también se elimina el calor de las áreas de concentración relativa de altas temperaturas dentro del motor.

La mayoría de los aceites de motor están compuestos de aceites básicos y aditivos. Los aceites básicos, por lo general, son de origen mineral, aun cuando algunos son sintéticos. Los aditivos químicos se agregan a los aceites para motor según fórmulas que permiten obtener las características adecuadas para

el funcionamiento, las cuales no tienen los aceites básicos solos.

a).- Propiedades físicas.

El comportamiento de un aceite para motor, se ve afectado por sus propiedades físicas y químicas. La viscosidad es la propiedad física más importante; debe ser bastante baja a bajas temperaturas para permitir que el cigüeñal gire y que el motor arranque; debe ser bastante alta a altas temperaturas para dar una película de aceite adecuada a las superficies de rozamiento. También se requiere una viscosidad suficientemente alta para ayudar a evitar el excesivo consumo del aceite a altas temperaturas. Otra propiedad física que afecta el consumo es la volatilidad; si esta es muy grande, puede presentarse un consumo inusitadamente elevado. Tanto la viscosidad como la volatilidad ejercen una gran influencia para la selección de los aceites básicos. También la viscosidad puede modificarse por medio de aditivos.

Los aditivos químicos cumplen también con otras funciones en un aceite para automóvil; por ejemplo, por medio de inhibidores de la oxidación, reducen ésta, así como la degradación térmica, la cual puede dar lugar a que el barniz se emplome, a que existan depósitos de lodos y a un excesivo espesamiento del aceite. Los aditivos detergentes-dispersantes forman suspensiones con los productos insolubles formados durante la operación del motor, lo cual significa que pueden separarse del motor en el momento en que se drena el aceite usado; las sustancias que evitan el desgaste son una buena ayuda para preservar las superficies que están sujetas a fricción, en especial aquellas que se encuentran en los límites de la lubricación; los agentes antiespumantes evitan la formación de espuma y de burbujas de aire y, en consecuencia, protegen contra sus efectos adversos sobre la presión de aceite y de la transmisión de calor; por último, los agentes inhibidores de polvo impiden la formación de productos corrosivos sobre las superficies ferrosas y reducen el desgaste por corrosión.

b).- Clasificación SAE.

La Society of Automotive Engineer establece la clasificación de los aceites para motor en dos grupos generales, el primero en base a la viscosidad y el segundo conforme a su funcionamiento. En el primer grupo, la viscosidad se mide tanto a -18°C (0°F), como a 98.9°C (210°F); así, los números de viscosidad SAE 5W y SAE 10W y 20W, están calculados en relación con -18°C , en tanto que SAE 20, 30, 40, y 50 se miden con respecto a 98.9°C . Los aceites multigrado, como SAE 5W-20 y SAE 10W-30, son aquellos cuyas características de viscosidad satisfacen las necesidades de ambas temperaturas.

La clasificación del segundo grupo ya mencionado incluye los aceites de motor que se encuentra dentro de un intervalo de calidad en el funcionamiento que va desde un aceite mineral puro, al que se le han agregado elementos en pequeñas cantidades para mejorar su punto de fluidez o de congelamiento o depresores de espuma, hasta aquellos que se requieren para los vehículos de pasajeros que trabajan en condiciones muy severas y camiones de trabajo pesado que no operan en las carreteras de alta velocidad.

Los aceites para servicio en motores de gasolina se designan con las letras SD y SE y los que se emplean en motores diesel y de gasolina de trabajo pesado con las letras CC y CD. El comportamiento de estos aceites se evalúa en motores de prueba tanto de un cilindro como de varios. Entre los factores que se consideran están incluidos los siguientes: polvo, desgaste, formación de depósitos, consumo y grado de espesamiento del aceite.

Sistema de Combustible.

El sistema de combustible empieza en el cuello del tanque de la gasolina y termina en las válvulas de admisión de la cabeza, en donde la mezcla vaporizada de aire y gasolina entra a las cámaras de combustión del motor. La bomba de la gasolina lleva el combustible líquido, a través de varios filtros, desde el tanque hasta el carburador, donde se mezcla con el aire y se pulveriza, y

al entrar al vacío parcial del múltiple de admisión empieza a evaporarse.

La gasolina líquida no arde. Cuando parece que un charco de gasolina se está quemando, en realidad son los vapores que despiden los que están en llamas; por ello, para obtener la máxima potencia del motor y el mayor rendimiento de la gasolina, además de reducir los contaminantes que produce la combustión incompleta, es necesario que la gasolina se vaporice al máximo antes de llegar a las cámaras de combustión.

En la mayoría de los motores, para facilitar la vaporización, parte del calor del sistema de escape llega al filtro del aire y al múltiple de admisión.

Cuando se comprime cualquier gas, incluso el aire, aumenta su temperatura. Así, cuando se comprime la mezcla de aire y gasolina, aumenta la temperatura en el cilindro y se logra la vaporización total de la gasolina.

Los vehículos actuales cuentan con un sistema de control para retener los vapores de la gasolina. Estos vapores pasan por un conducto a un depósito (cánister) con carbón activado que los retiene, y al iniciar la marcha los envía al motor, donde se queman.

La alimentación de la gasolina al motor es realizada mediante un carburador o en los modelos más recientes mediante un inyector de combustible.

Sistema de Escape.

El sistema de escape de los automóviles descarga los gases calientes y venenosos del motor a la atmósfera. Este sistema también reduce el ruido de la combustión y, en estos tiempos está adaptado con un convertidor catalítico en el que los contaminantes del escape se transforman por reacción química en sustancias menos tóxicas.

Los gases quemados son expulsados con gran fuerza de la cámara de combustión y las ondas de choque supersónicas a alta presión que generan, rebotan en el múltiple de escape varios miles

de veces por minuto.

El mofle o silenciador absorbe estas ondas de presión y reduce el ruido al nivel permitido. En el caso de los mofles con empaque de fibra de vidrio, el nivel de ruido que producen queda apenas dentro de los límites legales. En cambio, los desviadores y las cámaras de expansión del mofle común permiten que los gases de combustión se expandan y disminuyan su velocidad, lo que reduce mucho la presión y el ruido. Algunos automóviles tienen dos mofles, montados uno detrás del otro. El segundo, llamado resonador, absorbe las frecuencias de ruido que el primero no eliminó.

El agua de los caminos corroee la parte exterior del sistema de escape. El agua y los vapores ácidos de la combustión corroen la parte interna, pero cuando el sistema de escape está muy caliente, estos vapores salen por el tubo de cola y causan un daño mínimo. Como el sistema de escape se calienta del motor hacia atrás, los componentes más alejados del motor son los que se corroen antes. En un automóvil que sólo se usa para recorridos cortos el mofle se corroerá más rápidamente, y habrá que cambiarlo con más frecuencia que el de un automóvil que se usa para recorridos largos. Los componentes de acero inoxidable son los que duran más, pero son muy caros. Los recubiertos con aluminio son más baratos que los de acero inoxidable y duran más que los de acero sin recubrir.

En el caso de que el sistema de escape esté deteriorado y haya fugas estas no producen mucho ruido pero despiden monóxido de carbono, gas sin color ni olor que produce dolores de cabeza, disminución de visibilidad, sueño, reflejos lentos, náuseas, inconsciencia e incluso la muerte.

Las fallas del motor se pueden detectar al observar y escuchar el sistema de escape; un tono irregular puede deberse a defectos de encendido o a un mal ajuste del carburador. El humo negro en el escape indica una mezcla de gasolina demasiado rica o fallas en el sistema de inyección de aire. La salida de humo azul intenso cuando se acelera el automóvil revela que pasa aceite a la cámara de combustión porque las guías de las válvulas o los

anillos del pistón están gastados. El humo en el escape puede deberse también a que las mangueras de vacío succionan el líquido de los frenos o el de la transmisión automática hacia el múltiple de admisión, desde el reforzador de frenos o desde el modulador de la transmisión. El humo blanco indica fuga del líquido de enfriamiento.

DISPOSITIVOS ANTICONTAMINANTES.

Los motores modernos tienen dispositivos anticontaminantes que reducen la formación o la emisión de tres sustancias tóxicas.

Los hidrocarburos (HC), que son restos de gasolina sin quemar, se evaporan en el cárter o en el sistema de combustible; también los hay en el sistema de escape.

El monóxido de carbono (CO) se forma cuando la combustión de la gasolina es incompleta por falta de oxígeno (mezcla muy rica).

Los óxidos de nitrógeno (NOx) se forman en la cámara de combustión cuando las temperaturas máximas son lo bastante elevadas para permitir que se combinen el oxígeno y el nitrógeno del aire. Los cuales al ser mezclados en la atmósfera y en presencia de hidrocarburos con luz ultravioleta dan origen a el smog.

Es difícil disminuir la formación de estos tres contaminantes a la vez: las altas temperaturas de combustión que disminuyen la formación de HC aumentan la formación de NOx. Así pues, se han hecho estudios para atacar este problema de varias maneras. Cuando es factible, se hacen modificaciones en las partes internas del motor. Se reduce la relación de compresión para disminuir las temperaturas máximas. Se rediseñan las cámaras de combustión para eliminar rinconcitos que puedan ahogar la flama y hacer que quede gasolina sin quemar. Se modifica el árbol de levas para que cierre antes la válvula de escape, de modo que parte de los gases de escape se quede en el cilindro y se mezcle con la gasolina que entra, lo que diluye la mezcla y reduce las temperaturas de combustión. Este efecto es más marcado cuando el motor está

funcionando en marcha mínima o parcialmente acelerado. A velocidades más altas los gases de escape salen tan rápidamente que aunque la válvula cierre antes no los puede detener, por lo que se utiliza un sistema externo que recircula los gases de escape y diluye la mezcla que entra a los cilindros.

Convertidor Catalítico.

El convertidor catalítico (figura I.20) es el principal dispositivo anticontaminante. Un panel de monolito impregnado de alúmina de metales nobles Pt, Pd y Ro (catalizador) provoca una reacción química que convierte los gases de escape en sustancias inofensivas. Los primeros convertidores catalíticos tenían un panel de cerámica cubierto de platino o unas cuentas de óxido de aluminio cubiertas de platino. Estos dispositivos convierten los HC y el CO en vapor de agua y bióxido de carbono. El oxígeno que necesitan estos catalizadores de oxidación para funcionar bien se introduce al sistema de escape mediante una bomba de aire o una válvula de aspiración de aire.

Los convertidores actuales cumplen con dos funciones: la sección frontal, llamada catalizador de triple acción, convierte los HC, el CO y los NOx en agua, bióxido de carbono y nitrógeno.

Trabaja adecuadamente cuando la mezcla es químicamente correcta, es decir, cuando la proporción de aire combustible (relación estequiométrica) que se quema en los cilindros es de 14.6:1.

La parte posterior es un catalizador de oxidación que reduce aun más los restantes HC y CO. Es el único control efectivo en ciertas condiciones llamadas de circuito abierto, cuando la mezcla no es estequiométrica.

La bomba de aire suministra para oxidar la gasolina que ha quedado sin quemar en el escape caliente y para suministrar el oxígeno que necesita el convertidor catalítico de oxidación. Una bomba accionada por una banda envía el aire, primero a la válvula desviadora (también llamada de derivación de aire) y luego, a través de una válvula de retención, al múltiple de inyección.

En algunos motores, el aire pasa por los conductos internos de la cabeza.

Si el aire se bombea en la tubería, va hacia el múltiple de escape. En algunos vehículos, el aire se inyecta en un punto único, cercano a un convertidor de oxidación.

En los catalizadores de triple acción, el aire se inyecta en el múltiple de escape cuando el motor está frío; luego, por medio de una válvula desviadora, se descarga en una entrada que hay entre el catalizador de triple acción y el de oxidación. En un motor caliente, al desviar el aire también se reduce la temperatura de escape para mantener baja la formación de NOx.

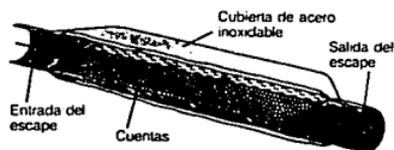
No conviene inyectar aire en el múltiple de escape cuando una desaceleración brusca enriquece momentáneamente la mezcla y pasa mucha gasolina sin quemar al sistema de escape, porque provoca fuertes contraexplosiones. Para evitarlas, la válvula desviadora (movida por la gran cantidad de vacío que se produjo en la desaceleración) jala el diafragma para descargar el aire a la atmósfera. Entonces, una pequeña parte de los gases que no se quemaron escapan a la atmósfera.

Si un sistema de escape no requiere mucho aire, se puede usar sólo una válvula de aspiración.

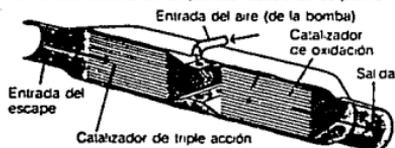
Existen básicamente tres tipos de catalizadores:

- 1.- El Catalizador Convencional de Oxidación (COCO), que contiene platino (Pt) y paladio (Pd), es efectivo para propiciar las reacciones de oxidación de HC y CO.
- 2.- El catalizador de tres vías (TWC), que contiene platino (Pt) y rodio (Rh) o paladio (Pd), no solamente es efectivo para propiciar las reacciones de oxidación de HC y CO, sino que también favorece las reacciones de reducción del NOx.
- 3.- El catalizador Light Off (LOC) es un convertidor con base sencilla. Está colocado en serie con el ensamble del convertidor catalítico principal de COC y/o TWC. Este convertidor está diseñado para realizar la función específica del control de emisiones de escape durante el calentamiento del motor cuando el convertidor principal no está aun a la temperatura requerida para la eficiencia máxima. El LOC está diseñado para operar de manera

efectiva en condiciones ambientales de alta temperatura que existen cerca del borde del múltiple. El LOC fué diseñado con un efecto mínimo de hundimiento del calor, por lo tanto proporciona un mínimo de retraso en el calentamiento del convertidor catalítico principal.



Los catalizadores de oxidación que se usaban antes estaban llenos de cuentas de cerámica cubiertas de platino que convierten los HC y el CO en H_2O y CO_2 . Otros catalizadores tenían panales recubiertos de platino.



El catalizador de triple acción tiene un panel recubierto con tres metales: platino, paladio y rodio. El rodio reduce los NO_x cuando la proporción aire-gasolina es correcta. Cuando esta proporción no es de 14.6:1, el catalizador de oxidación sigue reduciendo las emisiones de HC y CO.

FIGURA I.2 CONVERTIDOR CATALITICO.

(Fig. I.2 tomada de En Marcha, Selecciones del Reader's Digest).

BREVE ESTUDIO DE GASOLINAS.

La gasolina, que es una mezcla de hidrocarburos, principalmente de octano y heptano, debe tener el grado de vaporización necesario para arrancar el motor en un día frío; ese grado, sin embargo, no debe ser muy alto, porque se forman bolsas de vapor cuando el motor está caliente. Si el motor se para cuando está muy caliente o si no lo puede arrancar después de unos minutos de haberlo parado, espere a que se enfríe. Luego, trate de arrancarlo nuevamente.

En las zonas de clima muy frío la humedad que hay en el tanque se condensa y puede llegar a congelarse en el conducto de la gasolina y obstruirlo. También puede llegar a congelarse en la garganta y en el papalote del acelerador y hace que el motor se jalonee o se pare. Es conveniente, por tanto, tener siempre el tanque de la gasolina lo más lleno posible para evitar la condensación, y usar un anticongelante para gasolina.

El número de Octano indica la capacidad de una mezcla de gasolina para evitar el cascabeleo. Este se produce cuando la gasolina se inflama espontáneamente por la compresión y no por la chispa de las bujías. La mezcla de gasolina tiene número de octano 90 cuando contiene 90% de octano y 10% de heptano.

Hay dos métodos para medir el octanaje de la gasolina: el método Motor (para el cual se utiliza un motor especial) y el Research (que se hace en el laboratorio). Una misma muestra de gasolina analizada tiene un octanaje aproximadamente 8 puntos mayor en el método Research que en el método Motor. En muchos de los manuales de propietario se indica el número de octano Research (RON) de la gasolina que debe usar el motor. El número octano que se indica en las bombas de gasolina es un promedio de los octanajes Research y Motor.

Para obtener el número octano Research aproximado hay que aumentar 4 puntos a ese promedio.

Como el octanaje de la gasolina destilada del petróleo crudo es muy bajo, se aumenta con tratamientos químicos muy costosos, como la reformación catalítica, o añadiéndole algunos compuestos

como el tetraetilo de plomo, procedimiento acostumbrado hasta mediados de los años 70's. Sin embargo, el plomo ensucia los convertidores catalíticos que tienen la mayoría de los automóviles modernos para controlar la contaminación, y por eso ha sido reemplazado por otros productos químicos que aumentan el octanaje, como el alcohol butílico terciario, MTBE, ETB y TAME entre otros.

Las necesidades de octanaje del motor varían a lo largo de su vida: el motor nuevo necesita mayor octanaje que el usado porque tiene una relación de compresión alta al estarse formando depósitos en la cámara de combustión; como el motor usado tiene una relación menor porque los asientos de las válvulas y los anillos del pistón están gastados, requiere menor octanaje.

La gasolina destila, aproximadamente, dentro de un intervalo de 100 a 400 °F. Las gasolinas comerciales son, en general, mezclas de gasolinas de destilación directa, de desintegración, reformadas y naturales.

La gasolina de Destilación Directa se recupera del petróleo crudo por destilación simple y contiene una proporción grande de hidrocarburos normales de la serie parafínica. Su número de octano con frecuencia es demasiado bajo para utilizarse en los motores modernos; se mezcla con otros productos para mejorar sus propiedades de combustión.

La gasolina de Desintegración se fabrica calentando las fracciones de destilación del petróleo crudo, o residuos, a presión, o calentándolos con presión o sin ella en presencia de un catalizador. Los hidrocarburos más pesados se desintegran o disocian en moléculas más pequeñas, algunas de las cuales destilan en el intervalo de la gasolina. El octanaje es, en general, superior al de la gasolina de destilación directa.

La gasolina Reformada se fabrica haciendo pasar las fracciones de la gasolina sobre catalizadores, de tal forma que los hidrocarburos de bajo octanaje se vuelvan a disponer molecularmente para formar hidrocarburos de octanaje alto. Muchos catalizadores emplean platino y otros metales, soportados sobre alúmina y/o sílice.

La gasolina Natural se obtiene del gas natural, licuando los elementos constitutivos que hierven en el intervalo de la gasolina, ya sea por compresión y enfriamiento o por absorción en aceite. La gasolina natural es demasiado volátil para el uso general, pero pueden conseguirse características apropiadas por destilación o por mezcla. Con frecuencia se mezcla con gasolinas menos volátiles para mejorar sus características.

La Hidrogenación Catalítica se emplea ampliamente para mejorar la gasolina y los productos de desintegración por mezclado o refinación posterior. La hidrogenación aumenta el octanaje, elimina azufre y nitrógeno e incrementa la estabilidad en el almacenamiento.

Propiedades y Especificaciones para Motores de Gasolina.

Las especificaciones para la gasolina de la norma ASTM D439 prevén cinco clases de gasolinas volátiles y seis niveles de comportamiento antidetonante. Los requerimientos detallados para la gasolina y los índices de comportamiento antidetonante se muestran en las tablas I.1 y I.2 respectivamente. Las gasolinas de clase A tienen baja volatilidad para minimizar las bolsas del vapor resultante de la evaporación excesiva durante el tiempo cálido. La clase E es una gasolina de volatilidad elevada, que permite arrancar fácilmente los motores durante el invierno. Las otras clases son de volatilidad intermedia. La norma D439 incluye una sección que indica la clase de volatilidad que debe emplearse en cada estado de los Estados Unidos para cada mes. Tomando en consideración también la altitud.

Prueba	Clase de volatilidad					Método ASTM
	A	B	C	D	E	
Temperatura de destilación, °F con respecto al porcentaje de evaporación:						D86
10, máxima	158	149	140	131	122	
50, mínima	170	170	170	170	170	
50, máxima	250	245	240	235	230	
90, máxima	374	374	365	365	365	
Punto final, máximo	437	437	437	437	437	
Residuo, máximo	2	2	2	2	2	
Temperatura de prueba para relación vapor/líquido de 20, °F, máxima	140	133	124	116	105	D2533
Presión de vapor, máxima, lb/pulg ²	9.0	10.0	11.5	13.5	14.5	D323
Contenido de plomo, g/galón, máximo:						
Sin plomo	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	D2547
Bajo contenido de plomo	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	D2547
Tradicional	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	D526
Corrosión, máxima	No. 1	No. 1	No. 1	No. 1	No. 1	D130
Goma, máximo, mg/100 ml	5	5	5	5	5	D381
Azufre, máximo, % en peso	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	D1266

TABLA I.1 ESPECIFICACIONES DE LA GASOLINA (ASTM D439).

(Tabla I.1 tomada de Manual del Ingeniero Mecánico, Marks).

Designación de la gasolina antidetonante	Índice antidetonante (octano), mínimo, la mitad de la suma del número de octanos de investigación (RON) y el número de octanos del motor (MON): (RON + MON)/2	Aplicación
1	Menos de 87	Para automóviles con necesidades antidetonantes pequeñas.
2	87	Satisface las necesidades antidetonantes para la mayoría de los automóviles modelos 1971 y posteriores.
3	89	Para la mayor parte de los modelos 1970 y anteriores, diseñados para operar con gasolina "regular" y para los modelos 1971 y posteriores, que requieren un comportamiento más antidetonante que el previsto en la designación 2.
4	91.5	Designación "intermedia" (o "mid-premium"), que satisface las necesidades más altas de los diseños para operar con "regular".
5	94	Para la mayoría de los modelos 1970 y anteriores con motores de elevada relación de compresión, diseñados para utilizar gasolina "premium" y para modelos posteriores con motores de relación de compresión elevada.
6	97.5	Para automóviles con motores de relación de compresión elevada, diseñados para emplear gasolina "premium", pero con requerimientos de comportamiento antidetonante más riguroso que los de la designación 5.

TABLA 1.2 REQUERIMIENTOS ANTIDETONANTES DE LA GASOLINA.

(Tabla 1.2 tomada de Manual del Ingeniero Mecánico, Marks).

CONCEPTOS SOBRE MOTORES DE COMBUSTION INTERNA.

Potencia Indicada de un Motor.

La potencia desarrollada en el interior de un cilindro no se recoge íntegramente en el eje del motor, ya que parte de ella es absorbida por las resistencias pasivas, por tanto, podemos distinguir tres clases de potencias diferentes: La potencia indicada (W_i), la potencia absorbida por las resistencias pasivas (W_p) y la potencia efectiva en el eje del motor (W_e), de donde:

$$W_i = W_p + W_e$$

La potencia indicada puede calcularse partiendo del ciclo indicado cuya área representa el trabajo realizado por el gas en el interior del cilindro durante el ciclo, mientras que la potencia efectiva se obtiene mediante el trabajo con un freno en el eje del motor. La potencia absorbida por las resistencias pasivas se mide en general haciendo girar el motor sin encenderlo, por medio de una fuente de potencia externa. (El dinamómetro).

El término potencia indicada (W_i) surge al utilizar un aparato registrador del diagrama para medir la potencia desarrollada dentro del cilindro de un motor. En realidad es una expresión de la potencia cedida por el medio al pistón.

$$W_i = b_{mep} S A n / K$$

donde:

b_{mep} es la presión media efectiva, KPa (lb/pulg²). La presión media efectiva es igual que el trabajo real, dividido entre el desplazamiento volumétrico.

S = es la carrera, m (pies).

A = área total del émbolo, m² (pulg²).

n = número de ciclos completos por minuto.

K = 0.4566 (33,000).

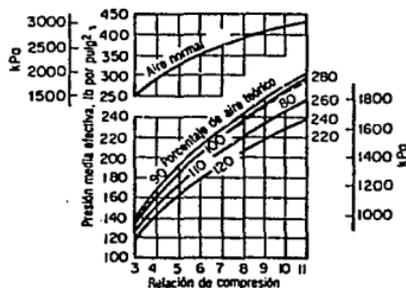


FIGURA I.3 PRESION MEDIA EFECTIVA PARA UN MOTOR CON CICLO OTTO.

Potencia Efectiva o Potencia al Freno.

La potencia efectiva es aquella que puede obtenerse en el cigüeñal del motor y puede aprovecharse para accionar cualquier máquina, es decir, es la potencia que genera el par disponible en el eje del motor. Esta potencia puede calcularse, midiendo con un freno, que aplicado al eje del motor, se opone al par motor y permite medir el trabajo de dicho eje.

El freno permite medir su momento frenante, conociendo éste y el número de revoluciones del motor, es posible calcular la potencia efectiva.

El freno de Prony es uno de los tipos de frenos empleados para calcular la potencia efectiva de los motores. La figura I.4 nos representa esquemáticamente este tipo de freno; el cual consta de una rueda de radio r , unida al eje del motor, la cual está abrazada por las zapatas regulables de un freno, un brazo de longitud R , conectado finalmente al freno, puede moverse a discreción dentro de cierto ángulo, y lleva colgando de su extremo libre, un peso F . Cuando el eje del motor gira, el rozamiento de la rueda con las zapatas del freno genera un momento que tiende a hacer girar el brazo, el cual es mantenido en

(Fig. I.3 tomada de Manual del Ingeniero Mecánico, Marks).

equilibrio por dicho freno, a causa del peso aplicado en el extremo del brazo.

Un punto cualquiera situado en la periferia de la rueda unida al eje motor realiza, durante cada revolución de éste, un recorrido igual a $2\pi r$ y, así, el trabajo de la fuerza tangencial de rozamiento f viene dada por $2\pi r f$, pero el producto de $r f$ no es sino el momento aplicado al freno del eje del motor, momento que, está equilibrado por el correspondiente a RF , producido por el peso colocado en el extremo del brazo.

Por tanto, el trabajo absorbido por el freno en cada revolución del eje motor vale :

$$2\pi RF$$

y la potencia efectiva

$$W_e = 2\pi R F n$$

expresando n en r.p.m. y F en kg. R en m. y la potencia efectiva en HP vendrá dada por :

$$W_e = \frac{2\pi R F n}{76.60} = \frac{2\pi}{4500} R F n$$

Sabiendo que:

$$76 \text{ Kg m/s} = 1 \text{ HP}$$

En la práctica se elige, para simplificar el cálculo, la longitud R del brazo de modo que su valor aplicado es multiplicado por la constante $2\pi / 4500$ resulta un número redondo.

El producto, llamado par motor, se expresa en Kg-m y significa el momento de torsión del eje del cigüeñal.

El par motor representa la capacidad del motor para producir trabajo mientras que la potencia es la medida de la cantidad de trabajo realizado por el motor en un determinado tiempo.

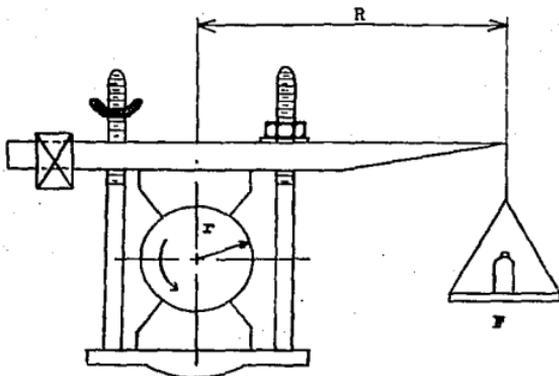


FIGURA I.4 FRENO PRONY.

Potencia Absorbida por las Resistencias Pasivas.

La potencia absorbida por las resistencias pasivas es la diferencia entre la potencia indicada y la potencia efectiva.

$$W_p = W_e - W_i$$

Esta potencia es utilizada para vencer los rozamientos entre las partes mecánicas en movimiento, para efectuar el trabajo de compresión de la mezcla, así como, para accionar los diferentes mecanismos auxiliares.

Dada la diversidad de las pérdidas por rozamiento y las alteraciones de su valor, varían el funcionamiento del motor, la potencia absorbida por rozamiento es difícil de medir con exactitud, pero puede obtenerse su valor calculando el valor de la potencia efectiva, y de la potencia indicada y restándolas, pero

este procedimiento es demasiado largo y complejo. Dando así paso para calcular la potencia absorbida por otros métodos más sencillos y convenientes. Se mide la potencia efectiva con un freno dinamométrico, después se suspende el suministro de gasolina, se corta el encendido del motor y se usa el dinamómetro para arrastrarlo en las condiciones más próximas a las anteriores.

La potencia desarrollada por el freno dinamométrico usado como motor eléctrico es la potencia perdida en rozamiento.

Después de conocer la potencia indicada y la potencia efectiva, se puede conocer fácilmente el rendimiento mecánico (η_m) del motor:

$$\eta_m = \frac{W_e}{W_i}$$

que es el índice de importancia de la potencia perdida en las resistencias pasivas.

La pérdida de potencia accionada por los rozamientos es, en parte, proporcional a la velocidad de rotación del motor y, para la parte remanente, aproximadamente proporcional al cuadrado de dicha velocidad.

La pérdida de trabajo de compresión depende de las acciones de paso de los conductos y de las válvulas. Las pérdidas debidas al rozamiento dependen de la naturaleza y magnitud de la superficie de los cojinetes, así como del tipo de lubricante, del juego existente entre las partes en movimiento, etc.

De la potencia total perdida, en condiciones de plena carga, aproximadamente un 80% se debe al rozamiento del pistón y de los cojinetes de biela; un 25% al trabajo de compresión, y el resto, al rozamiento de los demás cojinetes y el accionamiento de los accesorios auxiliares.

El valor del rendimiento mecánico total (η_m) con el máximo par varía de un 80% al 90%, en general, para un motor de automóvil que tiene a plena carga un rendimiento mecánico de 80%, este resulta igual al 55% cuando el par disminuye a un 30% de su valor máximo.

Cuando la potencia efectiva es cero, se anula también el rendimiento mecánico, ya que toda la potencia suministrada por el motor se consume por las resistencias pasivas. Para cada grado de admisión de la mezcla se establece un régimen de revoluciones (mezcla en vacío), que la potencia absorbida por los rozamientos esté en equilibrio con la potencia indicada, en tal caso, el motor consigue tan solo moverse así mismo.

Presión Media Efectiva.

Es la presión teórica constante que imaginariamente se ejerce durante cada carrera de potencia del motor para producir una potencia igual a la del freno.

b_{mep} = presión media efectiva al freno (Kg_f/cm^2 o lb/in^2).

A = área de la cara del émbolo (cm^2 o in^2).

S = longitud de la carrera (cm o in).

n = rpm.

N = No. de revoluciones necesarias por cada carrera de potencia producida por cilindro; 2 para un motor con ciclo de 4 carreras y 1 para un motor con ciclo de 2 carreras.

D = desplazamiento total del émbolo (cm^3 o in^3).

$(b_{mep}) \times CA \times S \times N \text{ cil.} \times (n/N)$	Trabajo por minuto.
$Kg/cm^2 (cm^2/emb. \times cm/carr. \times N \text{ cil.}) (carr./min)$	[Kg m por min.]
$b_{mep} (D/100) (n/N)$	[Kg m por min.]

HP métrico = 4500 Kg m/min

$$b_{mep} = \frac{(bHP) \times 4500 \times 100 \text{ N}}{DN}$$

Con N = 2 para el ciclo de 4 carreras.

$$b_{mep} = \frac{bHP \times 900,000}{DN}$$

$$bHP = \frac{bmep \cdot SAn}{4500 \times 100} \cdot \frac{N.cil}{N}$$

$$bHP = \frac{bmep \cdot SAn}{33,000 \times 12} \cdot \frac{N.cil}{N}$$

Los instrumentos destinados a trazar los diagramas de las relaciones reales entre la presión y el volumen existente dentro del cilindro de un motor se denominan registradores de diagramas.

Las superficies de trabajo de los diagramas se miden generalmente mediante dispositivos integradores conocidos con el nombre de planímetros polares. Este aparato cuando está bien construido y ajustado y se maneja de forma adecuada, da rápidamente el área de las superficies con suficiente exactitud.

Conocida el área de un diagrama, puede determinarse la altura u ordenada media (CO) dividiendo dicha área, expresada en cm^2 , por la longitud máxima, en cm, del diagrama.

La presión media efectiva reinante en el interior del cilindro de un motor es igual al producto de la ordenada media (CO) del diagrama por la escala (CE) del muelle utilizado al sacar el diagrama.

$$bmep = O \times E \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

RENDIMIENTOS.

El rendimiento térmico ideal η_e es la relación entre el trabajo medio por el área del ciclo ideal y el equivalente en trabajo del calor introducido en el ciclo.

En el ciclo Otto el rendimiento térmico es el siguiente:

$$\eta_e = 1 - \frac{1}{(rc)^{0.4}}$$

en donde rc es igual a la relación de compresión $rc = V_1/V_2$, donde V_1 es el volumen total del cilindro y V_2 es igual al volumen de la

cámara de combustión.

También expresa la fracción o porcentaje del calor suministrado que se convierte en potencia (desarrollada) indicada, en los cilindros del motor.

$$\eta_e = \frac{642 \times \text{potencia indicada (HP)}}{m_f \times H_f}$$

en donde:

m_f = combustible suministrado por hora, en m^3 para combustibles gaseosos; kilogramo para combustibles líquidos.

H_f = potencia calorífica superior del combustible suministrado, Kcal/ m^3 o Kcal/kg, según convenga.

642 = equivalente de 1 HPh, Kcal.

El rendimiento térmico en el freno, η_b , indica la fracción o porcentaje del calor suministrado realmente útil en el eje del motor

$$\eta_b = \frac{642 \times \text{Potencia al freno (HP)}}{m_f \times H_f}$$

teniendo los símbolos los mismos significados que arriba.

Los rendimientos indicados por el análisis en que se considera el aire normal son bastante más altos que los que pueden obtenerse en realidad, porque en éste tienen un papel principal los calores específicos variables, la disociación y las pérdidas de tiempo y calor. En el análisis con aire completo se toman en consideración las propiedades variables de la mezcla aire combustible y la disociación de los productos de la combustión y se tienen como resultados valores más bajos de los rendimientos, pero más reales (ver fig. I.5).

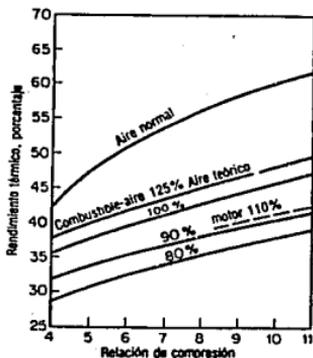


FIGURA I.5 RENDIMIENTOS TÉRMICOS PARA UN MOTOR CON CICLO OTTO.

El análisis del ciclo real incluye, en suma, las pérdidas de calor y fugas, con lo cual resulta un rendimiento térmico con un valor aproximado del 80% del que se determina en el análisis del ciclo con aire completo.

Si se aumenta la relación de compresión y la relación aire-combustible, aumenta también el rendimiento térmico del ciclo de Otto. La presión media efectiva depende de la carga del motor y del rendimiento térmico, estos dos valores dependen a su vez de la relación de compresión y del aire y del combustible suministrados. (Ver figura I.3).

El rendimiento mecánico η_m es la relación entre el trabajo útil medido en el eje del motor y el trabajo indicado. Tiene el trabajo absorbido por los componentes principales los cuales sufren un rozamiento, estos son: pistones, anillos, pernos, etc., así como también los componentes auxiliares, que son el grupo de elementos que cumplen con funciones secundarias como son: los componentes de la distribución, la bomba de aceite, la bomba de agua, etc. El rendimiento mecánico disminuye no solo al aumentar

(Fig. I.5 tomada de Manual del Ingeniero Mecánico, Marks).

la velocidad media del pistón, sino también al disminuir la cilindrada unitaria de cada cilindro. El rendimiento mecánico, generalmente, está comprendido entre el 80% y el 90%, los valores más bajos se refieren a motores rápidos y de cilindrada pequeña.

El rendimiento total (η_T). Es la relación entre el trabajo útil en el eje del motor y el equivalente a la energía calorífica del combustible consumido; por tanto, es igual al producto del rendimiento térmico por el mecánico, esto es:

$$\eta_T = \eta_i = \eta_t \eta_m$$

Sabemos que la potencia de un CV = 75 Kg m / seg; o sea, 1CVh = 270,000 Kg m. Si designamos al consumo de combustible específico como C_s (g/CVh) y por H_f al poder calorífico del combustible (Cal/Kg), el trabajo equivalente al consumo de combustible por CVh está dado en Kgm por:

$$Q = C_s \frac{H_f}{1000} \times 427$$

donde Q es el calor introducido al motor por el combustible.

Entonces:

$$\eta = \frac{J_i}{Q} = \frac{270000 \times 1000}{C_s H_f 427}$$

$$\eta = \frac{632000}{C_s H_f}$$

donde J_i es el trabajo útil del ciclo.

Rendimiento volumétrico (η_v). Es la relación del volumen de aire (para los motores que trabajan con combustible líquido), o de la carga alimentada (para los motores de gas) realmente admitidos, medidos a presión y temperaturas atmosféricas, en relación con el volumen de la cilindrada. Las elevadas temperaturas del múltiple y del cilindro así como la resistencia que ofrece a la circulación, disminuyen el rendimiento volumétrico. Los rendimientos en los

motores de automóvil disminuyen en forma apreciable, cuando las velocidades del émbolo exceden de 6.1 a 8.1 m/s (1200 a 1600 pie/min), llegando hasta un valor aproximado del 60% con las velocidades tope de 12.7 a 16.3 m/s (2500 a 3200 pie/min). Estos valores varían apreciablemente con el tiempo de regulación de las válvulas.

$$\eta_v = v_a / v_t = m_a / m_t$$

donde:

m_a = peso real de aire introducido, kg.

m_t = peso de aire libre equivalente al desplazamiento del pistón, en kg.

PRUEBAS PRINCIPALES EN MOTORES.

Los dos ensayos que suelen efectuarse con los motores son: (1) velocidad variable con carga variable, y (2) velocidad constante con carga variable. El primer caso se presenta en los motores de automóviles, máquinas de ferrocarril y tractores; el segundo, en los que accionan generadores de corriente alterna.

Al realizar los ensayos lo que interesa determinar son la potencia y el rendimiento para los valores de velocidad y carga previstos. La determinación de las potencias indicadas, al freno y de rozamientos, así como el rendimiento mecánico, se lleva a cabo de la manera antes mencionada.

Cuando se efectúan las pruebas de un motor, generalmente se requieren los siguientes datos:

1.- Consumo de combustible. El peso o volumen de combustible empleado se determina por el período de tiempo que dura el ensayo, en las condiciones de carga y velocidad previstas.

2.- Densidad del combustible. La densidad A.P.I. de los hidrocarburos líquidos se toma como una medida de la densidad y potencia calorífica del combustible (ver tabla I.3).

PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS

Nombre	Fórmula	Temperatura °C			Densidad		Puntos de ebullición (°C)			Calor latente en kcal por kg	Valores de octano	Número de octano		Peso molecular
		Fusión	Ebullición	TAI(°)	Esp. rel.	API	en vapor		De la mezcla por kg			Normal	Rico	
							Superior por kg	Inferior por kg						
Gas	Metano	-162	-161	730	0,424	202,8	13,248	11,971	774	120	100	100	16,0	
	Etileno	-172	-88	645	0,548	194,0	12,644	11,445	221	87	104	100	30,0	
	Propano	-188	-42	424	0,583	142,0	12,037	11,119	234	83	100	100	44,0	
	Gas LP	-134	-50	316	0,579	116,0	11,232	10,996	244	81	82	100	44,1	
	Butano	-138	26	400	0,553	84,0	11,721	10,853	248	80	81	83	58,1	
Parafinas saturadas	C ₅ H ₁₂	-91	99	478	0,544	75,5	11,823	10,782	257	73	0	0	100,2	
	C ₆ H ₁₄	-95	81	...	0,590	...	...	10,810	...	68	...	100	100,2
	C ₇ H ₁₆	-187	90	722	0,559	73,5	11,423	10,642	250	71	100	100	126,7	
	C ₈ H ₁₈	-90	174	463	0,730	62,3	11,444	10,569	250	60	...	...	142,7
	C ₉ H ₂₀	-119	315	...	0,748	57,5	11,416	10,501	262	59	...	...	170,5
Fuel oil	C ₁₀ H ₂₂	10	330	...	0,774	51,5	11,244	10,592	262	...	100	...	215,6	
	C ₁₁ H ₂₄	27	307	...	0,782	49,5	11,223	10,581	266	...	...	...	245,6
	C ₁₂ H ₂₆	-106	-57	...	0,81	102,0	11,066	10,806	259	...	85	...	281,1	
	C ₁₃ H ₂₈	-184	-8	...	0,825	...	11,519	10,719	263	...	82	84	341,1	
	C ₁₄ H ₃₀	-120	63	...	0,875	74,0	10,582	9,887	254	92	84,1	...	361,1	
Nafteos saturados	C ₁₅ H ₃₂	94	49	...	0,748	46,7	10,422	9,715	237	...	82	100	>180	
	C ₁₆ H ₃₄	4	80	...	0,773	51,0	10,292	9,623	237	96	77	84	390	
Aromáticos	Benceno	6	80	730	0,88	29,0	10,028	9,549	261	94	110	85	>180	
	Tolueno	-86	110	811	0,87	31,0	10,106	9,599	261	96	104	85	>180	
	Xileno	-75	140	...	0,86	31,0	10,277	9,722	268	90	100	...	104,2	
Alcoholes	Metanol	-87	66	...	0,792	48,4	5,428	5,022	301	278	90	<75	>180	
	Etilalcohol	-117	78	...	0,785	47,1	7,099	6,446	258	220	99	<75	>180	
Tetraetil-plomo	C ₄ H ₁₀ Pb	-126	182	...	1,623	...	...	...	...	...	...	...	...
	Hidrógeno (gas)	H ₂	...	...	...	...	...	2,388	...	...	...	...	2,0
Aguas	H ₂ O	0	100	...	0,998	...	...	0	...	...	...	...	18,0
Carbón sólido	C	...	...	...	...	...	...	8,110	...	...	...	...	12,0
Carbón (sólido)	C	-90	43-143	...	...	...	...	10,845	...	...	160	78	93
Oxido de carbono	CO	-191	808	...	...	...	...	2,111	...	...	...	...	28,0

(1) A volumen constante, a 25° C y a una presión de 1,033 kg por cm² (presión absoluta).
 (2) La temperatura de autoignición (TAI) es según temperatura a la cual el combustible a presión ambiente sin accerarle ninguna llama o chispa.
 (3) Aproximada.
 (4) Sin tetraetil-plomo.

TABLA I.3 PROPIEDADES DE LOS HIDROCARBUROS.

- 3.- Velocidad del motor.
- 4.- Carga útil o pár desarrollado.
- 5.- Temperatura del refrigerante dentro y fuera del motor.
- 6.- Temperatura del aceite lubricante.
- 7.- Contrapresión de escape.
- 8.- Densidad del aire. La presión barométrica y las temperaturas de los termómetros (bulbos) seco y húmedo correspondientes al aire son valores que es preciso conocer para reducir los resultados a las condiciones normales.

(Tabla I.3 tomada de Energía Mediante Vapor, Aire o Gas, Severns).

El par y la potencia indicada varían en razón directa con la presión barométrica, e inversamente con la raíz cuadrada de la temperatura absoluta. Por esta razón un motor trabajando al nivel del mar tiene ventaja sobre otro idéntico que no funciona sobre el nivel del mar, debido a la mayor densidad del oxígeno.

Análogamente, un motor que aspire aire fresco, tiene mayor capacidad para quemar combustible y producir presiones efectivas medias elevadas y, como consecuencia, desarrolla más potencia. El factor de corrección para las condiciones que no sean las normales es:

$$r = \frac{B_{std.}}{B_{dry.}} \left(\frac{T_{obs.}}{T_{std.}} \right)^{1/2}$$

En donde:

$T_{obs.}$ = temperatura absoluta del aire observada en el carburador, °C

$B_{std.}$ = 760 mm Hg.

$B_{dry.}$ = $B_{obs.} - P_v$, mm Hg.

$B_{obs.}$ = presión barométrica observada, mm Hg.

p_v = presión del vapor de agua = $p_w - \frac{B_{obs.}(t_d - t_w)}{1500}$, mm Hg.

p_w = presión del vapor de agua a t_w , de las tablas de vapor, mm Hg.

t_d = temperatura del termómetro seco, °C.

t_w = temperatura del termómetro húmedo, °C.

La corrección se aplica a los valores indicados de la potencia, par y presión media efectiva de los motores Otto cuando éstos trabajan con el acelerador a fondo (máxima abertura de la válvula reguladora de la cantidad de mezcla).

Cuando el efecto del vapor de agua es despreciable, entonces

$$B_{dry.} = B_{obs.}$$

Otros términos que se calculan usualmente en los motores son:
 (1) presión efectiva media al freno; (2) potencia consumida en fricción; (3) rendimiento mecánico; (4) rendimiento térmico

indicado; (5) rendimiento térmico en el freno, y (6) rendimiento volumétrico.

Presión efectiva media al freno es la presión efectiva media que actuando sobre el pistón desarrollará la potencia equivalente a la potencia al freno; se calcula mediante la fórmula.

$$bmep = \frac{\text{Potencia al freno} \times 4560}{S \times A \times N} \quad (\text{kg/cm}^2)$$

en donde:

S= longitud de la carrera en m.

A= Área de la sección recta del cilindro, en cm^2 .

N= Número de impulsos energéticos por minuto.

Potencia al freno expresada en HP.

La presión efectiva media al freno proporciona un medio seguro para comparar motores, y se emplea como tal con preferencia a la presión efectiva media indicada. Debido a los factores variables que influyen en la combustión, tales como la cantidad de gases quemados dejados en el cilindro, y la relación aire-combustible, los ciclos sucesivos de un motor de combustión interna pueden variar considerablemente. Esta variación, sin embargo, queda eliminada en la presión efectiva media basada en la potencia al freno (ver figs. I.6 y I.7).

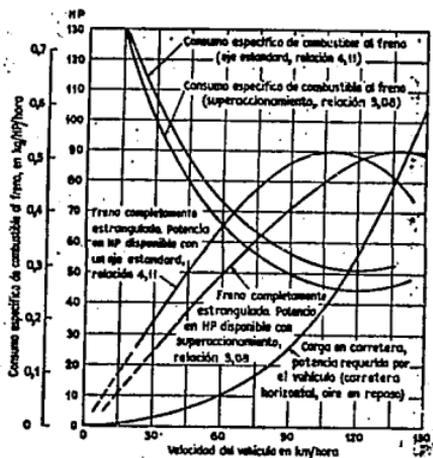
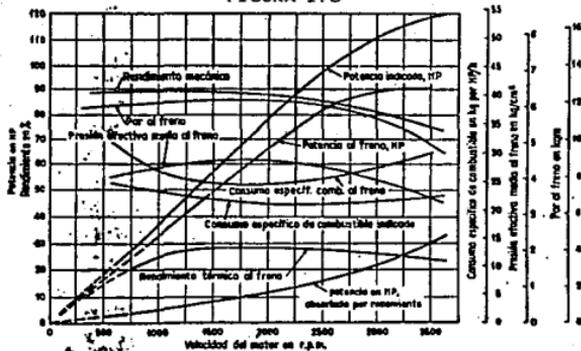


FIGURA I. 6



FIGURAS I. 6 y I. 7 CURVAS DE FUNCIONAMIENTO CORRESPONDIENTES A UN MOTOR DE SEIS CILINDROS MODERNO.

(Figs. I.6 y I.7 tomadas de Energia Mediante Vapor, Aire o Gas, Severns).

DINAMOMETRO.

Tipos y Principio de Funcionamiento.

Actualmente y para los efectos de prueba en el desarrollo de motores de combustión interna, dinamómetro es aquel equipo capaz de cuantificar la potencia entregada por el motor, así como determinar las condiciones físicas durante la operación del mismo.

El principio de operación de éstos es cuantificar el par o momento torsional por medio de un dispositivo consistente de un brazo de palanca y un instrumento medidor de cargas. Los cambios que se dan de denominación obedecen al sistema de acoplamiento entre el elemento dinámico y el dispositivo de medición, a continuación se mencionan los tipos más comunes de dinamómetros:

- a).- Freno Prony.
- b).- Dinamómetro Eléctrico (C.A. y C.D.).
- c).- Dinamómetro Hidráulico.
- d).- Dinamómetro de Corrientes Parásitas (EDDY).

a).- Dinamómetro mecánico o freno de Prony.

En este dinamómetro el acoplamiento se logra a través de un tambor o cilindro, y una zapata que permite establecer la relativa rigidez entre la unidad motriz y el dispositivo medidor.

Este sistema presenta una eficiencia considerablemente baja debido a que gran parte de la energía mecánica se transforma en energía calorífica al inducir fricción en el mismo sistema.

b).- Dinamómetro eléctrico.

Utilizando el principio fundamental de los motores y generadores eléctricos, los dinamómetros de este tipo se clasifican en dos:

-Dinamómetro de corriente alterna.

En este tipo de dinamómetro la potencia es absorbida por la fuerza que es requerida para mover un material conductor a través de un campo magnético.

Este dinamómetro funciona en forma similar a un simple freno eléctrico, esto es, está constituido por una carcasa en cuya pared interior se encuentran localizadas bobinas de campo, consta además de un rotor de material conductor, el cual es acoplado por medio de una flecha a la unidad motriz en prueba, si durante el funcionamiento del motor las bobinas son energizadas, éstas producirán un campo magnético que se opondrá a la libre rotación con lo cual la carcasa ofrecerá la reacción correspondiente sobre los brazos de palanca, puesto que ésta tiene movimiento radial libre sobre la misma línea de centros del rotor.

La acción de los brazos de palanca del dinamómetro de corriente alterna descansa sobre un mecanismo de relevo, el cual actúa sobre un diafragma neumático que envía la señal a un torquímetro que se encuentra localizado en la consola de control.

La potencia entregada por el motor de prueba es absorbida por el efecto de frenado, y transformada en energía calorífica, para lo cual el dinamómetro posee un sistema de enfriamiento por baño de agua que disipa esta energía.

-Dinamómetro de corriente directa.

Básicamente este dinamómetro consiste de un motor Shunt de voltaje variable, el cual puede trabajar como motor y como generador a cualquier velocidad dentro del rango que su resistencia mecánica y eléctrica lo permitan.

Este dinamómetro es capaz de entregar y absorber energía del motor de prueba, la que fácilmente puede ser medida utilizando el mecanismo de relevo que actúa de acuerdo al sentido de la reacción de la carcasa, cuando ésta es energizada, ya sea para trabajar como motor, o como generador.

De lo anterior se puede observar que la potencia entregada por el motor de prueba es aprovechada en forma de energía eléctrica cuando el dinamómetro se comporta como generador y visceversa, la energía eléctrica aplicada al dinamómetro cuando éste actúa como motor es transformada en energía mecánica para motorizar la unidad que se encuentre en prueba.

Tanto el dinamómetro de corriente alterna como el de corriente directa, funcionan con el mismo principio para transmitir el par motor al instrumento de medición y este consiste en la reacción que se provoca en la propia carcasa del dinamómetro, la cual se encuentra libremente y montada sobre baleros, lo que permite el desplazamiento angular y la acción directa sobre el mecanismo de medición.

La diferencia principal de estos dinamómetros con respecto a los descritos anteriormente, estriba en que las pérdidas de energía en el sistema de acoplamiento son absorbidas de una fuente de energía externa con lo cual no se altera la energía entregada por el motor de prueba. Por otra parte las pérdidas en el dispositivo mecánico de medición son constantes, por lo que fácilmente pueden ser compensadas.

c.- Dinamómetro Hidráulico.

Cuando se usa el dinamómetro hidráulico como máquina de carga la energía mecánica emitida por el motor en la flecha es convertida directamente en energía térmica. El calor es sacado por el flujo del agua dentro del dinamómetro.

d.- Dinamómetro de Corrientes Parásitas (Eddy).

Cuando se carga al motor con un dinamómetro de Corrientes Parásitas la energía mecánica del motor es convertida primero en energía eléctrica (Corriente de Eddy). Posteriormente, las corrientes parásitas son inducidas en el estator del dinamómetro, por ejemplo dentro de las cámaras de enfriamiento. Durante ese proceso la energía eléctrica es convertida en energía térmica. El calor es sacado por medio del flujo de agua dentro de las cámaras de enfriamiento.

En el presente trabajo se hará referencia a la instalación, operación y mantenimiento de este último tipo de dinamómetro descrito.

Los parámetros característicos de un motor son velocidad y torque o velocidad y potencia. La potencia se calcula de los parámetros de las condiciones medidas del dinamómetro.

La velocidad es medida por generadores analógicos o digitales y será indicada en un modo similar a su medición. Estos son usados como transductores, los cuales son ajustados vía discos dentados a la flecha del dinamómetro.

Por otro lado el torque absorbido por el dinamómetro es medido en tal forma que el estator suspendido en una base está soportado por medio de un brazo de palanca a la celda de carga (ver fig. I.8).

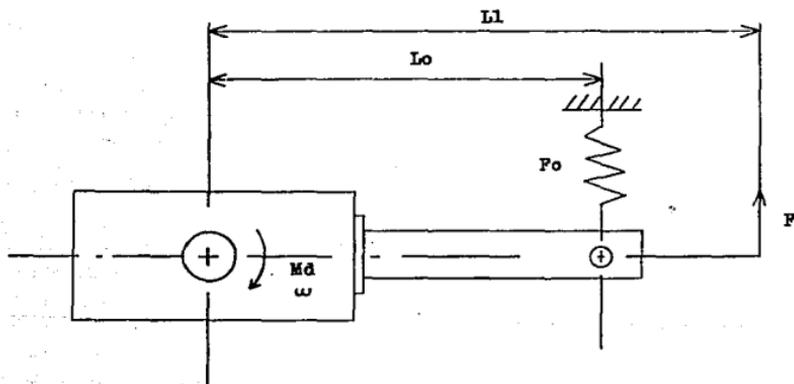


FIGURA I.8 BRAZO DE PALANCA TEORICO.

BRAZO DE PALANCA.

El brazo de palanca teórico (L_1) en un sistema de medición de carga es aquel en el cual el torque siendo absorbido por el dinamómetro genera la carga desplegada.

Para eficiencia funcional y razones de diseño, el brazo de palanca L_0 visible o real difiere del brazo teórico L_1 (del centro del dinamómetro hasta la celda de carga).

Por medio de amplificación mecánica o eléctrica se tomará L_1 . La proporción correcta hasta lo mostrado para el torque absorbido se fija durante la calibración.

Ejemplo:

La carga está indicada en Newtons. La potencia debe ser calculada a partir de la carga y la velocidad, la cual está indicada en min^{-1} . Calcular la longitud del brazo de palanca teórico.

$$W = Md \times \omega$$

donde:

$$Md = F \times L_1$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi n \quad (\text{1/s})$$

$$W = F \times L_1 \cdot 2\pi n \quad (\text{Nm/s}) = (\text{J/s}) = \text{Watts}$$

$$W = F \times L_1 \cdot \frac{2\pi n}{1000} \quad (\text{KW s/ s}) \quad ; \quad 1 \text{ min} = 60\text{seg.}$$

$$W = F \times L_1 \cdot \frac{2\pi n (1)}{1000(60)} \quad (\text{KW}) \quad n = \text{min}^{-1}$$

$$W = F \times L_1 \cdot \frac{\pi n (1)}{1000(30)}$$

$$W = \frac{F n}{10,000} L_1 (\pi/3)$$

Para un simple cálculo del brazo de palanca se tiene:

$$(\pi/3) \approx 1$$

$$L_1 = \frac{3}{\pi} = 0.95493 \text{ m} \approx 0.955 \text{ m}$$

Entonces:

$$W = \frac{F \times n}{10,000} \quad \text{CKWD}$$

La conversión de la fuerza indicada F (ND) a Md (Nm) es $0.955 \times F$.

CONTROL DE LA EXACTITUD EN LAS MEDICIONES.

Por lo general, los dinamómetros están equipados con un armazón montado en una base y un sistema de medición de carga. Con la ayuda de las palancas de calibración y las charolas de pesas, (las cuales están balanceadas por pesas estándar y están conectadas a ambos lados) puede revisarse la medición de la carga tanto estática como dinámicamente. Se deben conocer los torques que serán aplicados y determinados por la longitud de la palanca y los pesos colocados en las charolas (ver fig. I.9).

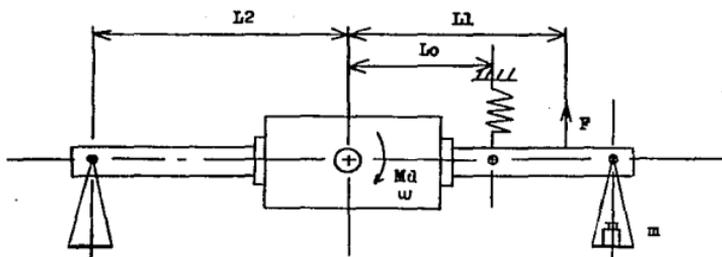


FIGURA I.9 CONTROL DE LA EXACTITUD EN LAS MEDICIONES.

donde:

$$F \times L_1 = m g L_2$$

F = carga indicada. (ND)

F_o = carga registrada por la celda de carga. (ND)

L_o = brazo de palanca visible desde el exterior. (m)

L₁ = brazo de palanca teórico. (m)

L₂ = palanca de calibración. (m)

m = masa. (Kg)

g = aceleración de la gravedad. (m/s²)

Longitud de la palanca de calibración L₂.

Al igual que el brazo de palanca L_o, la longitud de la palanca de calibración L₂ debe ser lo más exacta posible.

La indicación de la fuerza F_n de acuerdo a la fórmula de potencia es:

$$W = \frac{F \cdot n}{10,000}$$

$$\frac{\text{Indicación}}{\text{Peso de la charola}} = \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ kg.}}$$

$$L_2 = \frac{F \cdot L_1}{mg} = \frac{10 \times 0.05493}{1 \times 9.80665} = 0.07376 \text{ m} = 0.074 \text{ m}$$

La indicación del torque Md (Nm) de acuerdo a la fórmula de potencia es:

$$W_{kw} = \frac{Md \cdot n}{6549.3}$$

$$\frac{\text{Indicación}}{\text{Peso en la charola}} = \frac{10 \text{ Nm}}{1 \text{ kg}}$$

$$L_2 = \frac{Md \cdot L_1}{mg} = \frac{10 \times 1.000}{1 \times 9.80665} = 1.01972 \text{ m} = 1.02 \text{ m}$$

CARACTERISTICAS DEL MOTOR Y DINAMOMETRO.

Los rasgos distintivos de un motor son su velocidad y su torque y el producto de los dos, la potencia.

$$W = Md \times v$$

Las características de velocidad / torque muestran, por ejemplo, como cambia la velocidad del motor en función de la carga cuando la posición del acelerador se mantiene constante. Esta característica también es referida como "Característica Natural", (ver figs I.10 y I.11).

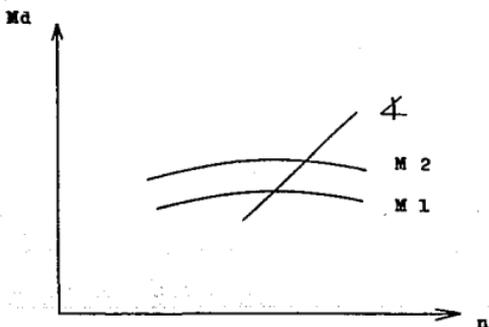


FIGURA I.10 CURVA CARACTERISTICA PAR-REVOLUCIONES DE UN MOTOR CON CICLO OTTO.

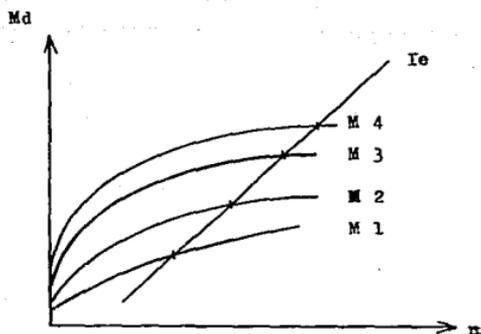


FIGURA I.11 CURVA CARACTERISTICA PAR-REVOLUCIONES DE UN DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY CON I CONSTANTE.

T E M A II ENSAMBLE E INSTALACION DEL DINAMOMETRO.

CAMPO DE APLICACION DEL DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY.

Hacia el final de los años 50's la necesidad de incrementar la automatización de los procedimientos de pruebas de motores llevó al desarrollo de los dinamómetros de corrientes de Eddy.

Debido a los excelentes controles de fallas y la capacidad de mantenimiento, el ajuste de carga con un alto grado de precisión, los dinamómetros de corrientes de Eddy son adecuados particularmente para desarrollo y pruebas.

El rango de velocidad y el corto tiempo de respuesta durante la señal de comando cambia con la potencia disponible, lo cual es un requisito ideal para:

- Desarrollo y prueba de todos los tipos de máquinas motrices.
- Pruebas de control de calidad, aflojamiento y de resistencia de motores de combustión interna.
- Pruebas de carburadores, bombas de inyección, sistemas de ignición, controladores, pistones y juntas.
- Pruebas de combustibles y lubricantes en motores.
- Pruebas de engranes en vehículos, ejes traseros y arreglos completos en la transmisión.
- Simulación de resistencia vehicular.

En el presente trabajo nos avocaremos al estudio de un dinamómetro de corrientes parásitas (Eddy) existente en el mercado con la tecnología más avanzada en la actualidad.

A continuación se darán las especificaciones de dicha máquina:

MODELO DE DINAMOMETRO	E2-330 marca Schenck.
TORQUE NOMINAL (Nm)	900
VELOCIDAD MAX. (rpm)	8000
POTENCIA NOMINAL (KW)	330

PESO DEL ACOPLAMIENTO PROPORCIONAL	
MAXIMO A LA VELOCIDAD MAX. APROX. (Kg)	8
PESO APROX. (Kg)	440

DESCRIPCION DEL DISEÑO Y FUNCIONAMIENTO DEL DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY.

Este tipo de dinamómetros convierten la energía mecánica del motor de pruebas en calor a través de la energía eléctrica.

El calor es disipado por el agua de enfriamiento, la cual no tiene influencia en el procedimiento de frenado.

El dinamómetro consiste de los cuatro componentes siguientes:

- 1.- Cubierta del dinamómetro.
- 2.- Base de la máquina.
- 3.- Dispositivo medidor de torque.
- 4.- Unidad de control.

La cubierta del dinamómetro está soportada en la base de la máquina, las líneas de abastecimiento son colocadas también en dicha base.

La unidad de control incorpora el equipo eléctrico para controlar el dinamómetro. Las figuras II.1, II.2 y II.3 muestran el prototipo de un dinamómetro de Corrientes de Eddy modelo E2-330 durante pruebas de resistencia.

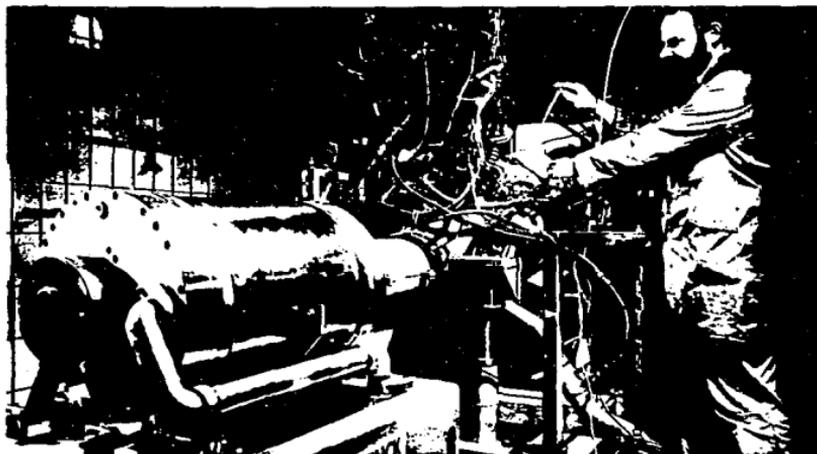


FIGURA II.1. DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY MODELO E2-330.

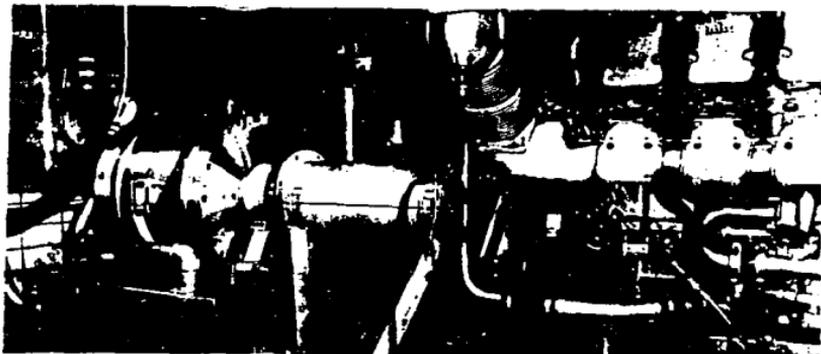


FIGURA II.2. DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY MODELO E2-330.

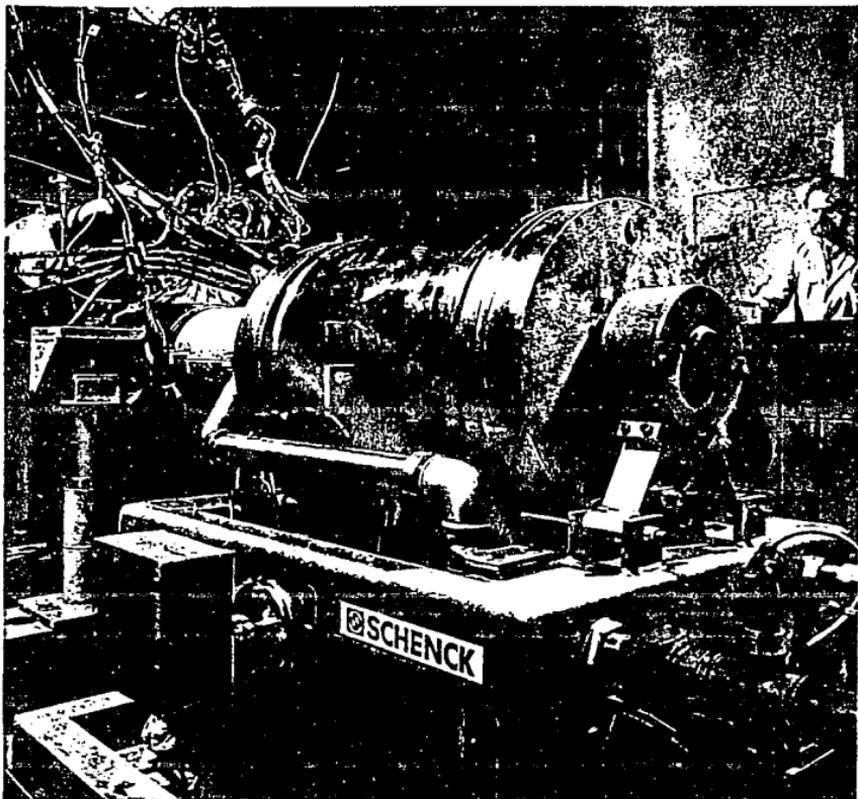


FIGURA II.3 DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY MODELO E2-330.

(Figs. II.1, II.2 y II.3 tomadas de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

Dinamómetro de Rotor Doble.

La potencia nominal es duplicada por la instalación de dos rotores (cuatro mitades de rotor) y dos bobinas de excitación detrás de un alojamiento (ver fig. II.4).

El rotor está diseñado de forma cilíndrica. Las mitades del rotor (1) y (2) están provistas cada una de 18 dientes en su circunferencia. Las mitades están montadas en una flecha continua antimagnética (3) la cual está soportada en una muesca con rodamientos de bolas.

La brida de acoplamiento (4) en el lado conductor está conectada a la flecha por medio de una unión hidráulica.

El rodamiento opuesto al lado conductor está diseñado como rodamiento fijo; el rodamiento del lado conductor puede ser trasladado al sitio exterior.

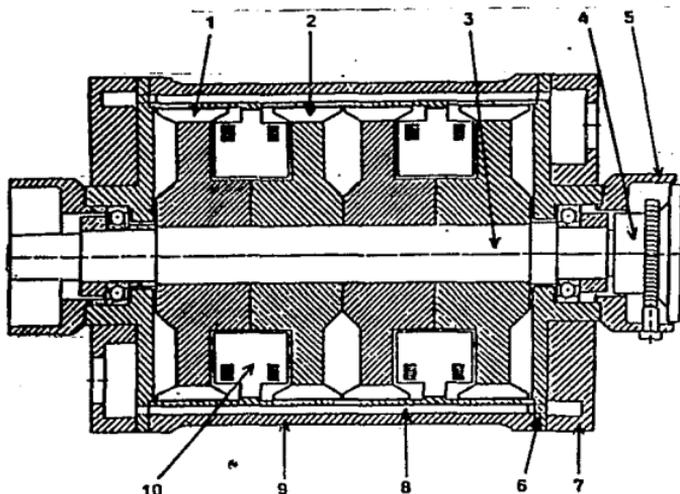


FIGURA II.4 DINAMOMETRO DE ROTOR DOBLE.

- 1,2.- Mitades del rotor.
- 3.- Flecha.
- 4.- Brida de acoplamiento.
- 5.- Soportes flexibles.
- 6.- Placa de base.
- 7.- Cámara del distribuidor (entrada y salida).
- 8.- Cubierta de enfriamiento.
- 9.- Alojamiento anular.
- 10.- Bobina excitadora.

El soporte del alojamiento está compuesto principalmente de la cubierta de enfriamiento y partes a los lados izquierdo y derecho con soportes tipo flexible (5) atornillados sobre la misma. Las partes laterales están formadas por placas de base (6) con sitio para rodamientos y cámara de distribución de entrada y salida de agua (7), respectivamente.

Las camisas de enfriamiento consisten de la cubierta de enfriamiento interior (8) formada por ductos dispuestos en dirección axial y el alojamiento anular exterior (9). El alojamiento anular es contraído sobre la cubierta de enfriamiento.

La bobina excitadora (10) se encuentra entre las mitades del rotor, es devanada concéntricamente y atornillada dentro de la cubierta de enfriamiento.

Principio de Funcionamiento.

Con los dinamómetros de Corrientes de Eddy la energía mecánica de una muestra de prueba es convertida en su interior en energía térmica por medio de energía eléctrica. El calor es absorbido por medio del agua de enfriamiento. Esta como se mencionó anteriormente no interviene en el proceso de frenado.

El frenado se efectúa al girar un rotor en un campo magnético, dicho rotor está dentado en su circunferencia.

(Fig. II.4 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

El campo magnético es obtenido en dirección vertical a la dirección del devanado de la bobina excitadora tan pronto como flujos de corriente directa pasan a través de la bobina de excitación. Las líneas del campo magnético son cerradas por medio de la cubierta de enfriamiento y los discos del rotor.

La densidad magnética de las líneas de campo se concentran en los espacios que existen entre los dientes del rotor y la pared interna de la cubierta de enfriamiento.

Cuando gira el rotor se generan corrientes de Eddy en la pared interna de la cubierta de enfriamiento. Los campos magnéticos de las corrientes de Eddy obstruyen el movimiento del rotor como una función de la velocidad hasta los valores máximos del rango de potencia (ver figura II. 5).

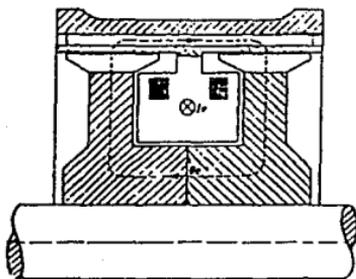


FIGURA II.5 GENERACION DE LAS CORRIENTES DE EDDY.

(Fig. II.5 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

MEDICION DE LA VELOCIDAD Y TORQUE.

Medición de la Velocidad.

La velocidad es registrada por medio de una rueda dentada de 60 polos en la brida de acoplamiento y una velocidad mejorada en la chumacera de la brida del cojinete (ver fig.II.6).

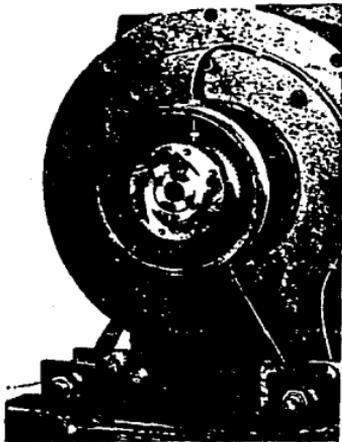


FIGURA II.6 DISPOSITIVO DE LA MEDICION DE VELOCIDAD.

Medición del Torque.

El alojamiento del dinamómetro está colocado en los soportes flexibles. La celda de carga del soporte está colocada horizontalmente bajo el dinamómetro y está conectada con el alojamiento vía una forma en V conectada a una palanca (ver fig II.7).

Este arreglo ayuda a minimizar errores de torque causados por una tensión de la palanca de conexión debidos a calentamiento arriba del alojamiento y para evitar errores de torque que resulten de calentamientos arriba de la chumacera de la brida del cojinete y de los soportes flexibles.

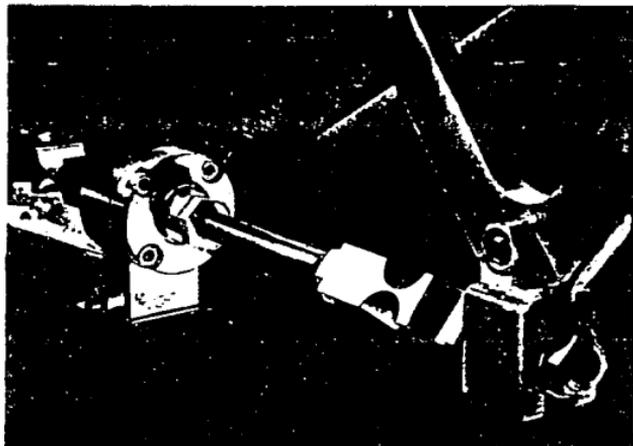


FIGURA II.7 DISPOSITIVO DE MEDICION DE TORQUE.

LIMITE DEL RANGO DE FUNCIONAMIENTO.

Por razones técnicas y físicas, el rango de potencia se limita para los siguientes puntos:

- a.- Es determinado por la corriente máxima de excitación.

(Figs. II.6 y II.7 tomadas de Eddy Current Dynamometer Series E, for Engine Testing, Schenck).

- b. - Define el límite superior del rango de medición del sistema de medición de fuerza conectado al dinamómetro. Este punto está limitado por el esfuerzo de torsión de la flecha.
- c. - Representa la potencia indicada del dinamómetro, determinada por los factores térmicos.
- d. - Resulta de la velocidad máxima que puede resistir el rotor debido al esfuerzo y con un factor de seguridad adecuado.
- e. - Muestra la potencia en vacío del dinamómetro. Debido a que dicha potencia es extremadamente baja a altas velocidades, un dinamómetro puede ser usado para probar ya sea motores que realicen su máxima potencia a bajas velocidades, así como motores que realicen una potencia máxima relativamente baja a altas velocidades.

Las limitantes b, c y d son "limitantes fijas" y no deben ser excedidas.

Las limitantes a y e son "variables", y pueden ser diferentes para los dinamómetros del mismo modelo.

Sin embargo, la gráfica de la marcha en vacío no deberá sobrepasar la limitante "e" mostrada en el diagrama, y la gráfica de la máxima corriente de excitación no deberá estar por debajo de la línea en el diagrama (ver fig. II.8).

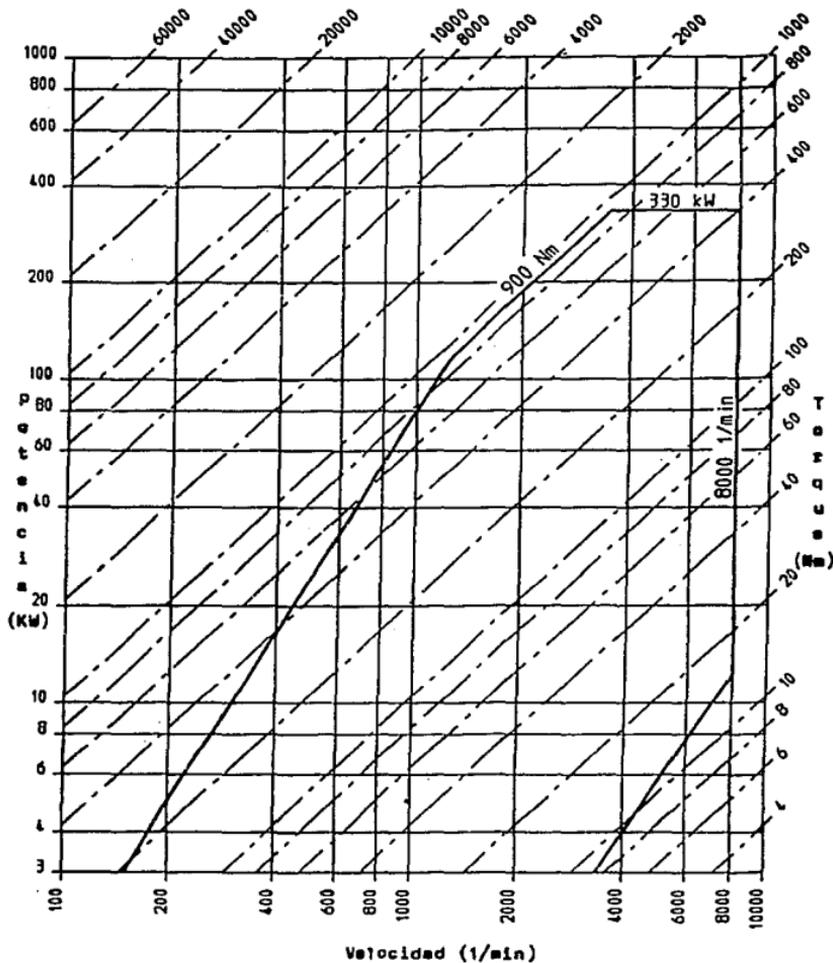


FIGURA II.8 GRAFICA DE POTENCIA, TORQUE Y VELOCIDAD DEL DINAMOMETRO E2-330.

ENSAMBLE E INSTALACION.

BASE.

Todos los dinamómetros disponen en su parte inferior de una estructura maquinada que puede montarse en rieles, en placas ranuradas o en una base de concreto.

Para el montaje en una base de concreto, el dinamómetro debe ser colocado en una base preparada apropiadamente de acuerdo al nivel de agua, debe enterrarse y anclarse con pernos y taquetes de expansión.

Los siguientes torques se aplican a los pernos:

M 20 = 145 Nm.

M 24 = 265 Nm.

M 30 = 265 Nm.

ABASTECIMIENTO DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

El calor de las corrientes de Eddy es disipado por agua de enfriamiento. Para este propósito 80 ductos de enfriamiento con sección transversal cuadrada ordenados en paralelo al eje son distribuidos uniformemente por toda la circunferencia de la cubierta de enfriamiento. Cada 5 ductos se combinan para formar trayectorias de enfriamiento tipo serpiente (Ver figura II.9).

De este modo una razón de flujo en los ductos de enfriamiento, la cual es adecuada para un enfriamiento efectivo, es conseguida aún con una diferencia máxima de temperatura entre el agua de enfriamiento a la entrada y la salida.

La carga térmica generada por las corrientes de Eddy en la cubierta de enfriamiento es aproximadamente de 100 W/cm^2 .

Con el fin de garantizar un enfriamiento uniforme en toda la cubierta de enfriamiento dando cargas extremadamente altas, el sistema de ductos de agua sobre la cámara de distribución excéntrica está diseñado de tal forma que la resistencia al flujo sea idéntica para cada una de las trayectorias en la cubierta de enfriamiento.

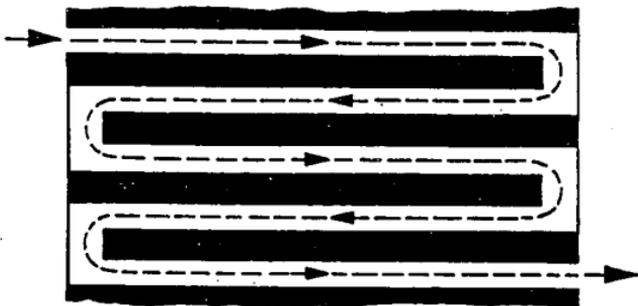


FIGURA II.9 TRAYECTORIAS DE ENFRIAMIENTO.

Esto es logrado por el hecho que el agua de enfriamiento dentro y fuera está conectada a la sección transversal máxima de la entrada y salida tipo espiral del alojamiento desplazada una de otra 180° . De este modo la resistencia de cada trayectoria de enfriamiento es idéntica para el punto de acceso dentro del dinamómetro al punto de salida del mismo.

Para la salida libre del agua en el dinamómetro los conductos deben ser colocados con suficiente pendiente para disponer de un reflujos en los tanques de recolección.

Para la conexión a un circuito de enfriamiento cerrado no debe excederse la contrapresión admisible en el conducto de salida.

Antes de la conexión al dinamómetro, el sistema de tuberías debe ser lavado cuidadosamente para remover partículas extrañas.

(Fig.II.9 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

Esto se aplica igualmente a los conductos de agua de enfriamiento nuevos como a los reacondicionados.

Los diámetros nominales de los conductos de entrada y salida (medidas n y r) se muestran en la hoja de dimensiones del dinamómetro modelo E2-330 (ver fig.II.10).

La cantidad de agua y presión requeridas en la entrada del dinamómetro depende de la diferencia de temperatura ΔT entre el agua de enfriamiento de entrada y salida.

La Tabla II.1 de la descripción funcional muestra los valores que se deben considerar.

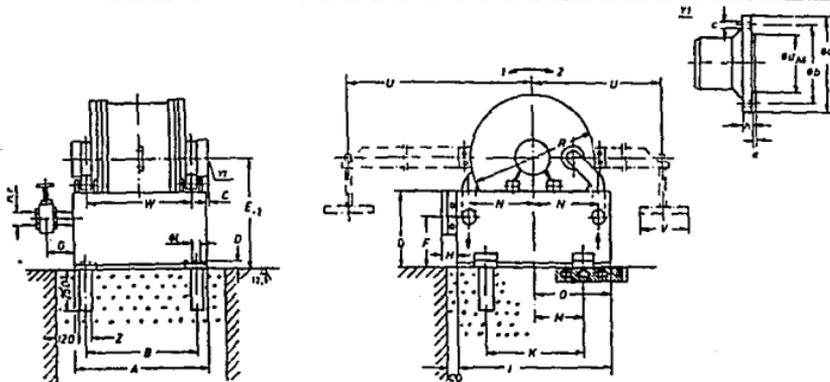
PARAMETROS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.	Rango de temperatura Tr (°C)				
	15	20	30	40	50
Caida de presión en el dinamómetro y controlador de flujo P (bar).	3.5	2.2	1.2	0.7	0.5
Presión admisible en la línea de descarga Pg (bar).	0.5	1.8	2.8	3.3	3.5
Proporción de flujo del agua de enfriamiento V (m ³ /hr).	10	14	0.5	7.1	5.6

TABLA II.1 PARAMETROS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Un dinamómetro de corrientes de Eddy en diseño estándar está adaptado para una condición directa a un sistema de enfriamiento cerrado. Sin embargo, el dinamómetro también puede ser operado con una salida libre de agua de enfriamiento. En la salida del agua se controlan la razón de temperatura y el flujo de agua.

Size E	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	Q	R	U	V	W	Z	a	b	c	d	e	h	n	r	kg
E2-180	694	624	-60	21	498	255	320	70	540	375	27	187,5	157,5	270	315	310	1020	200	524	100	120	301,5	301,5	75	2	10	1"	1"	220
E2-300	620	750	-30	21	550	255	400	70	680	500	27	250	225	360	312	420	1020	300	686	100	150	330	330	90	2	15	1 1/4"	1 1/4"	600
E 90	538	468	-38	21	498	255	320	70	540	375	27	187,5	157,5	270	315	310	1020	200	372	100	120	301,5	301,5	75	2	10	1"	1"	200
E 550	1000	900	-32	21	800				1050	750	27	375		525	403	765	1020	400		100	225	196		140	3	23	2 1/2"	2 1/2"	2100

70



Dimension sheet
Eddy Current Dynamometer
Serie E

FIGURA II.10 HOJA DE DIMENSIONES DEL DINAMOMETRO E2-330.

(Fig. II.10 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service
Training PRL, Schenck).

Tan pronto como la cantidad de agua que fluye a través del dinamómetro sea menor que el 25% de la cantidad requerida para la operación de llenado o si la temperatura de salida excede los 70 °C (180 °F), entonces la excitación del dinamómetro será interrumpida. Simultáneamente se dispone de contactos de seguridad para el paro del motor.

El rango de temperatura "Tr" por el cual el agua de enfriamiento se calienta en el dinamómetro es decisivo para la presión requerida del agua enfrente del dinamómetro y para la proporción del flujo de agua.

La temperatura del agua de salida en el dinamómetro no debe exceder los 80 °C (140 °F). La presión en el frente del dinamómetro no debe exceder de 4 bars (57 psi).

Aun en velocidad sin carga sin la bobina de excitación la relación de flujo de agua de enfriamiento debe ser al menos el 25% del volumen requerido para operar a plena carga dado que debe ser extraído el calor originado por el aire arremolinado.

El contador de presión en la línea de descarga del agua de enfriamiento no debe exceder la diferencia entre la presión máxima de operación de 4 bars en la línea de abastecimiento de agua y la caída de presión en el dinamómetro y en el controlador de flujo en el respectivo rango de temperatura "Tr" entre las temperaturas del agua de enfriamiento en la entrada y la salida del dinamómetro.

El dinamómetro está equipado con dos válvulas de cierre y una llave de drenado, esta última sirve para el vaciado del dinamómetro y para quitar los compuestos limpiadores después de haber limpiado la cubierta de enfriamiento.

CALCULO DEL CONSUMO DE AGUA.

DIMENSION S Y UNIDADES TERMODINAMICAS.

SIMBOLO	SIGNIFICADO	UNIDADES SI.
W	Potencia $1 W = J/s$	W , KW
Q	Cantidad de calor	J , KJ
Q	Flujo calorifico $Q = Q/t$	W , J/s
m	Flujo másico $m = m/t$	Kg/s
V	Flujo volumétrico $V = V/t$	m^3/hr
ρ	Densidad de masa	Kg/m^3
C_v	Calor específico	J/Kg K
T_c	Temperatura Celsius	$^{\circ}C$
T_k	Temperatura Kelvin	K
t	Tiempo	s

El consumo del agua de enfriamiento de los dinamómetros de corrientes de Eddy depende solamente de la potencia que será absorbida y en ciertos límites es independiente del tamaño del dinamómetro.

Fórmula del Consumo de Agua.

La cantidad de calor Q , la cual es posible que sea transportada por un medio refrigerante en un intervalo de tiempo es llamada proporción de flujo de calor \dot{Q} y corresponde a la potencia W .

$$\dot{Q} = dQ/dt = Q/\Delta t = W$$

La cantidad de calor es proporcional a:

- 1.- La capacidad de calor específico del medio C_v [J/Kg K].
- 2.- La masa del medio refrigerante m [Kg].
- 3.- La diferencia de la temperatura del agua a la entrada y salida del dinamómetro. ΔT [K].

$$Q = C_v m \Delta T$$

Se calcula la masa:

- 2a.- La densidad de masa del agua ρ [Kg/m³].
- 2b.- El volumen V [m³].

$$\rho = m/V \quad ; \quad m = \rho V$$
$$Q = C_v \rho V \Delta T$$

La proporción de flujo calorífico:

$$\dot{Q} = Q/t = C_v \rho \Delta T V/t = C_v \rho V \Delta T = W$$

Despejando el flujo volumétrico:

$$\dot{V} = \frac{W}{C_v \rho \Delta T}$$

Para el agua:

$$\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$$
$$C_v = 4.19 \frac{\text{KJ}}{\text{Kg K}} = 1 \text{ KCal/Kg K}$$

Las siguientes unidades se utilizan para las cantidades:

$$W \text{ en KW}$$
$$V \text{ en m}^3/\text{hr} \quad \text{y} \quad T \text{ en } ^\circ\text{C o K}$$

Análisis dimensional del flujo volumétrico \dot{V} .

$$\dot{V} = \frac{W}{C_v \rho \Delta T} = \frac{1 \text{ KW}}{(4.19 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K})(1000 \text{ Kg/m}^3)(^\circ\text{K})}$$

$$\dot{V} = \frac{1 \text{ KJ/s}}{(4190 \text{ KJ/Kg } ^\circ\text{K})(\text{Kg/m}^3)(^\circ\text{K})} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$$\dot{V} = \frac{1}{4190} \frac{W}{\Delta T} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

Para convertirlo a m^3/hr se multiplica por 3600,

$$\dot{V} = \frac{1 \times 3600}{4190} \frac{W}{\Delta T}$$

$$\dot{V} = (0.86) \frac{W}{\Delta T} \quad [\text{m}^3/\text{hr}]$$

Datos de operación para un circuito de agua cerrado y flujo abierto.

Consumo de agua: $\dot{V} = (0.86) \frac{\text{Potencia nom.}}{\Delta T} \quad [\text{m}^3/\text{hr}]$

Considerando las lecturas tomadas del sistema:

$$\dot{V} = (0.86) \frac{330}{(313 - 291)} = 12.9 \text{ m}^3/\text{hr}.$$

Se puede apreciar que el valor real obtenido de $12.9 \text{ m}^3/\text{hr}$ está por debajo del valor máximo admisible de $14 \text{ m}^3/\text{hr}$ para una temperatura de 20°C , dado en la Tabla II.1.

Para determinar la presión de agua requerida en la entrada del dinamómetro, se tiene la siguiente ecuación:

$$P = \frac{625}{\Delta T^2} + \Delta P \text{ del controlador de flujo.} \quad [\text{bar}]$$

Considerando la Tabla II.1.

$$\Delta P = 2.2 \text{ bar, para } T = 20^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 22^\circ\text{K, (de lectura)}$$

$$P = \frac{625}{(22)^2} + 2.2 = 3.49 \text{ bar.}$$

Por lo que se tiene que este valor de presión real a la entrada del dinamómetro es inferior a la máxima presión admisible de 4 bar.

El controlador de flujo sirve para regular la entrada de líquidos no agresivos. La presión y temperaturas nominales permisibles van más allá de los requerimientos de los dinamómetros de corrientes de Eddy.

TABLA II.2 DIMENSIONES DEL CONTROLADOR DE FLUJO.

Controlador de flujo	Dimensiones adecuadas	Flujo mínimo
	R= 1.5"	40 l/min

Cabe mencionar que el agua de circuitos de enfriamiento se oxida en la torre de enfriamiento, entonces se incrementa la corrosión en los tubos. Una porción de esos productos de corrosión se da dentro del circuito de agua y por lo tanto dentro del dinamómetro.

El campo magnético del dinamómetro retiene todas las partículas magnetizables en los canales de enfriamiento. La obstrucción de dichos canales interrumpe la disipación de calor del dinamómetro. El sobrecalentamiento puede dañarlo considerablemente.

Con el fin de prevenir que la máquina sea dañada se recomienda conducir el agua de enfriamiento a través de un filtro magnético con tubo cribador. Es conveniente el uso de este tipo de filtro ya que ha demostrado ser el adecuado después de sujetarse a pruebas apropiadas.

Con este dispositivo se garantiza una filtración de partículas menores de 0.001 mm sin pérdida de presión sustancial.

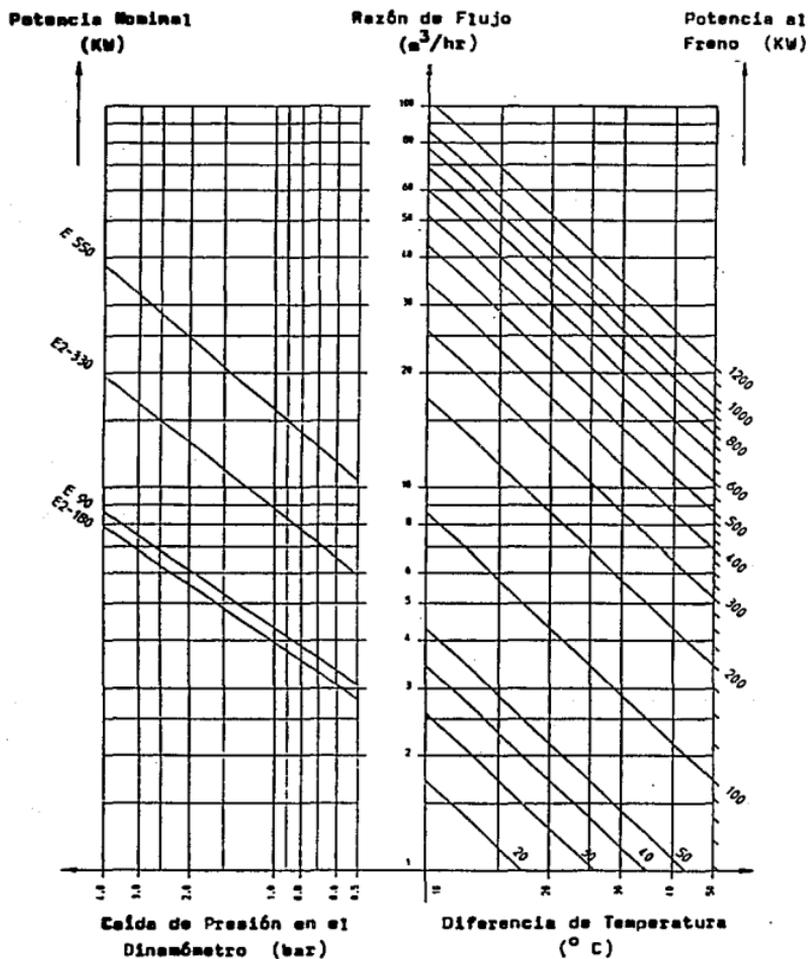


FIGURA II.11 CAIDA DE PRESION Y RELACION DE FLUJO DE DIFERENTES MODELOS DE DINAMOMETROS.

Condiciones de Temperatura.

Cuando el dinamómetro opere a bajas temperaturas deben añadirse agentes anticongelantes. Considerando los siguientes puntos ya que son muy importantes:

- El agente anticongelante (etilén-glicol) para uso en motores de vehículos debe contener aditivos para prevenir la formación de corrosión y espuma.

Dado que los aditivos deben cubrir el electrodo del controlador de flujo con una capa aislante eléctricamente, así como todas las partes del dinamómetro que están en contacto con agua.

- En temperaturas de -25°C , el 40% del volumen del agente anticongelante tiene que ser mezclado con un volumen de 60% de agua de enfriamiento.

- Debido a que la temperatura específica del agente anticongelante es más baja que la del agua, la potencia al freno máxima admisible del dinamómetro es reducida aproximadamente 12% en la misma proporción del flujo medio de enfriamiento.

- Cuando se usa el dinamómetro de corrientes de Eddy dentro de cámaras de enfriamiento se recomienda cambiar el dispositivo para cerrar el circuito de enfriamiento, por lo cual la bomba de enfriamiento y el cambiador de calor tienen que ser instalados en un cuarto a prueba de bajas temperaturas (ver fig. II.12).

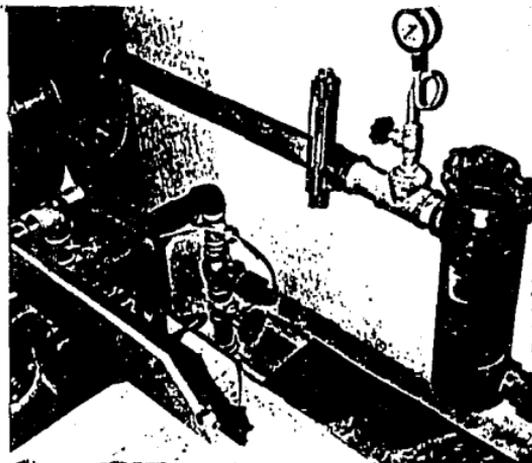


FIGURA II.12 TUBERIA DE ALIMENTACION Y DESCARGA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL DINAMOMETRO E2-330.

MONTAJE DEL SOPORTE DEL ESTATOR.

Todas las máquinas (dinamómetros hidráulicos, de corrientes de Eddy, máquinas de C.D.) tienen un problema en común cuando se mide el funcionamiento, este problema es el montaje del soporte del estator el cual está apoyado por medio de un nivel de conexión en un sistema de medición de fuerza.

La precisión en la medición del torque está determinada esencialmente por la fricción e histéresis del montaje del soporte. Hasta hace unos cuantos años las soluciones conocidas para reducir la fricción y la histéresis eran caras. Sin embargo, en la mayoría de los casos fueron usados cojinetes normales antifricción a pesar de conocer sus desventajas. Con el fin de resolver todos estos problemas se desarrolló un nuevo sistema de Soportes Flexibles.

Este sistema no tiene fricción, una histéresis muy baja y su costo de producción es más bajo que los soportes normales que utilizan cojinetes de antifricción.

Antes de introducirnos al estudio de los Soportes Flexibles se dará una información teórica y una comparación de los sistemas conocidos a la fecha:

Torques y fuerzas que actúan en el montaje del soporte del estator (parte soportada). Ver figura II.13.

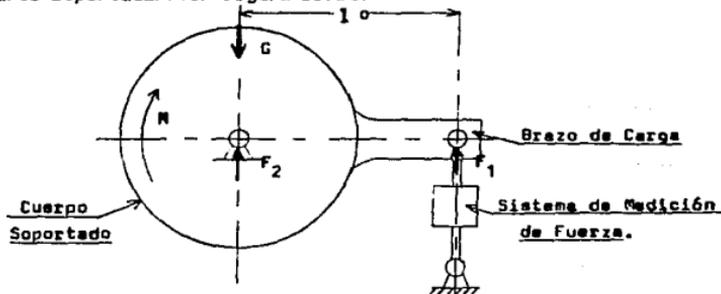


FIGURA II.13 TORQUES Y FUERZAS QUE ACTUAN EN EL MONTAJE DEL SOPORTE DEL ESTATOR.

Fuerzas y Torques en el Estator de un Dinamómetro.

M	Torque absorbido	(Nm).
F ₁	Fuerza en la celda de carga	(N).
F ₂	Fuerza de reacción	(N).
G	Peso de la parte soportada	(Kg).
l _o	Brazo de palanca visible.	(m).

$$F_2 + F_1 - G = 0$$

Fuerza resultante F₂ en el centro de rotación "O".

Celda de carga ajustada a la compresión (torque M en sentido horario como se muestra).

$$\begin{aligned} F_2 + F_1 - G &= 0 \\ M &= F_1 l_o \\ F_1 &= M/l_o \\ F_2 &= G - M/l_o ; \quad F_2 = 0 \text{ cuando } M = l_o \end{aligned}$$

Celda de carga ajustada a tensión (torque M en sentido antihorario).

$$\begin{aligned} F_2 - F_1 - G &= 0 \\ F_1 &= M/l_o \quad \quad \quad F_2 = G + M/l_o \end{aligned}$$

Ejemplo numérico:

M max. = 3000 Nm ; G = 210 Kg.

l_o = 0.3655 m Peso = (210) (9.81) = 2060 N

F₁ max = 8208 N

Torque en sentido horario : F₂ en M max = 6148 N

Torque en sentido antihorario : F₂ en M max = 10268 N

Descripción de los Montajes del Soporte.

1.- Cojinete Antifricción Simple.

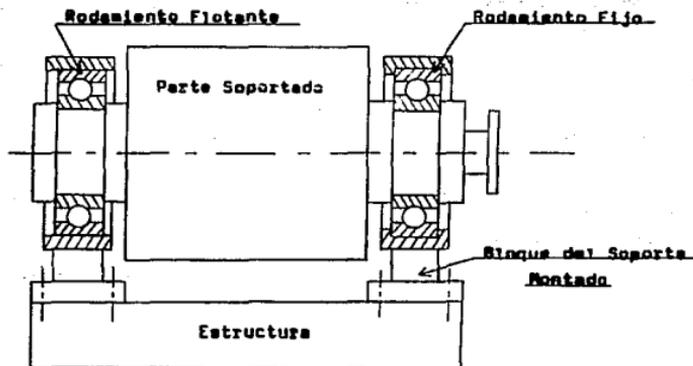


FIGURA II.14 SOPORTE MONTADO EN COJINETES ANTIFRICCION.

Este diseño es usado frecuentemente. La sensibilidad de respuesta está limitada por el momento de fricción de dos rodamientos antifricción. Cuando está nuevo, el momento de fricción es pequeño (aproximadamente 1.5 Nm para un dinamómetro de 700 KW) con una tensión radial en los rodamientos que se incrementará sin control debido al desalineamiento inevitable y por fuerzas axiales que hacen variar el rodamiento flotante a causa de expansiones térmicas.

Con un tiempo de funcionamiento muy grande el momento de fricción puede incrementarse de tal manera que la falla pronosticada para el sistema de medición de carga pueda ser excedida. Esto ocurre debido a las deformaciones duraderas de los

anillos y elementos de antifricción y por la introducción de suciedad y humedad a través de algunas separaciones (no es posible adaptar sellos de contacto para evitar las fallas de fricción).

2.- Cojinetes de Doble Antifricción.

Anillo intermedio accionado por el motor dentado y la banda del ventilador.

El cojinete en el otro lado será conducido en dirección opuesta.

Debido a la continua rotación de los anillos intermedios se evitan daños en los rodamientos y en los elementos de antifricción.

También aquí es posible adaptar solamente empaques que no tengan contacto. El juego radial del soporte montado es dos veces comparado con el cojinete de antifricción simple.

Por razones técnicas y vibratorias este soporte es el menos adecuado.

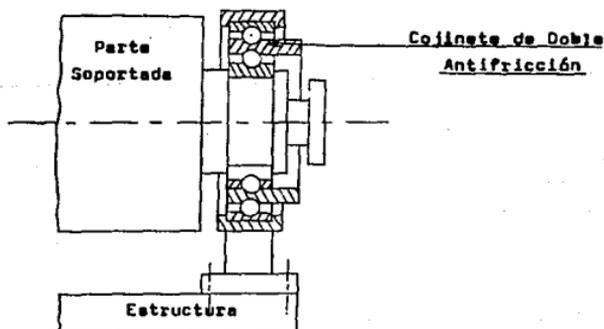


FIGURA II.15 MONTAJE DEL SOPORTE CON ANILLO INTERMEDIO.

3.- Cojinete Hidrostático.

Este tipo de cojinetes nos da una buena solución pero que resulta cara, ya que utilizan empaques sin contacto como en los cojinetes antifricción.

El aceite es introducido a los depósitos a través de la perforación con una presión aproximada de 60 bar (ver fig.II.16).

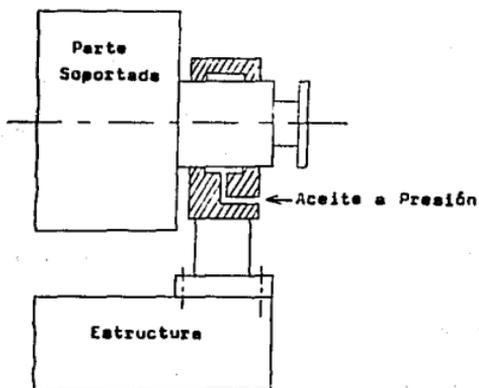


FIGURA II.16 MONTAJE DEL SOPORTE EN COJINETES HIDROSTATICOS.

4.- Suspensión del Cuerpo Apoyado en Celdas de Carga.

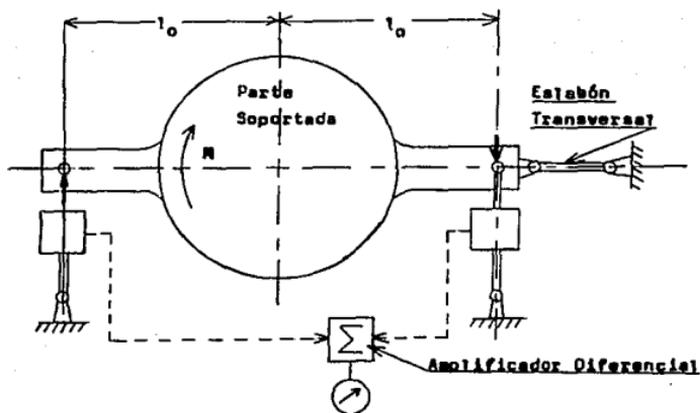


FIGURA II.17 MONTAJE DEL SOPORTE EN CELDAS DE CARGA.

El cuerpo está soportado normalmente por tres celdas de carga y mantenido en su posición por eslabones transversales y longitudinales. Esta solución también es cara y el error esperado es mayor que en el caso de cojinetes hidrostáticos debido a que se usan tres celdas de carga con una sola señal útil y pequeña, y un amplificador diferencial que se adiciona si es necesario.

5. - Suspensión en Soportes Flexibles.

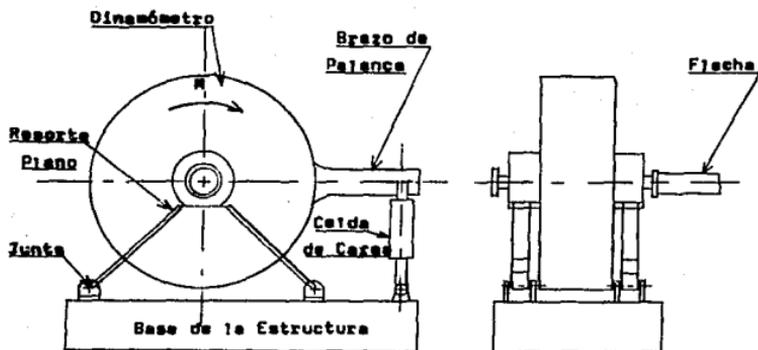


FIGURA II.18 MONTAJE EN SOPORTES FLEXIBLES.

El cuerpo está soportado en ambos lados por un par de resortes de flexión. Los resortes están atornillados al cuerpo y unidos a la base por medio de juntas articuladas (juntas de hule/metal). Si la parte soportada gira como resultado del torque absorbido M , y debido al sistema de medición de fuerza y sus accesorios, los resortes y las juntas articuladas producirán un momento restaurador, M_r , el cual es balanceado durante la calibración.

$$M = F_1 \times l_0 + M_r$$

$$M_r = M_{rf} + M_{rg}$$

M_r = momento restaurador (Nm).

M_{rf} = momento restaurador del resorte (Nm).

M_{rg} = momento restaurador de la junta (Nm).

Ejemplo numérico:

Para $M = 3000 \text{ Nm}$

$$M = 3000 = F_1 l_0 + M_{rf} + M_{rg} = 2974 + 26 + 1 \quad (\text{Nm}).$$

El balanceo durante la calibración significa:

Colocación del amplificador de tal manera que en $F_1 l_0 = 2974 \text{ Nm}$ será indicado 3000.

La combinación de resortes de flexión y juntas de hule/metal aseguran un momento de restauración bajo, junto con un adecuado esfuerzo de torsión. Para el ejemplo dado anteriormente, dicho momento es de sólo 26 Nm en $M_{\text{max}} = 3000 \text{ Nm}$, con los resortes produciendo 26 Nm y las juntas de hule/metal 1 Nm. Los resortes de flexión están prácticamente libres de histéresis, la sensibilidad de respuesta es afectada sólomente por las juntas hule/metálicas, las cuales no están libres de histéresis. Sin embargo, su momento de restauración como se mostró en el ejemplo anterior, es sólomente de 1 Nm, así que la sensibilidad de la respuesta total es mejor que 0.03 %.

Características del Soporte Flexible.

En la Fig.II.19 se muestra un dinamómetro de corrientes de Eddy con soportes flexibles. Este tipo de soportes ofrecen las siguientes ventajas:

- No requiere de mantenimiento.
- Insensibilidad a la humedad y al polvo.
- Deflexión elástica de resortes, sin fricción alguna.
- Mínimo de histéresis entre la carga y descarga del sistema de medición.
- Los amortiguadores de vibración aíslan el dinamómetro de la base y el motor.
- Máxima absorción del ruido derivado del dinamómetro.
- Los soportes flexibles son diseñados para momentos de restauración bajos junto con un adecuado esfuerzo de torsión.

- Los elementos elásticos permiten movimiento axial como resultado de la expansión térmica.
- Los resortes de flexión son cargados con una simple flexión, por lo tanto, tienen una larga vida útil.

Una característica distintiva de los soportes flexibles es la siguiente:

Si el desbalanceo de la flecha de acoplamiento excede el valor máximo especificado, causará vibración en el estator. Si tales vibraciones son notadas en una etapa temprana, la falla puede corregirse mediante el balanceo o reemplazo de la flecha.

En el caso de montaje del soporte en cojinetes de antifricción tales errores de balanceo son detectados frecuentemente hasta que los cojinetes llegan a ser inservibles debido a la deformación de los elementos giratorios y los alojamientos.

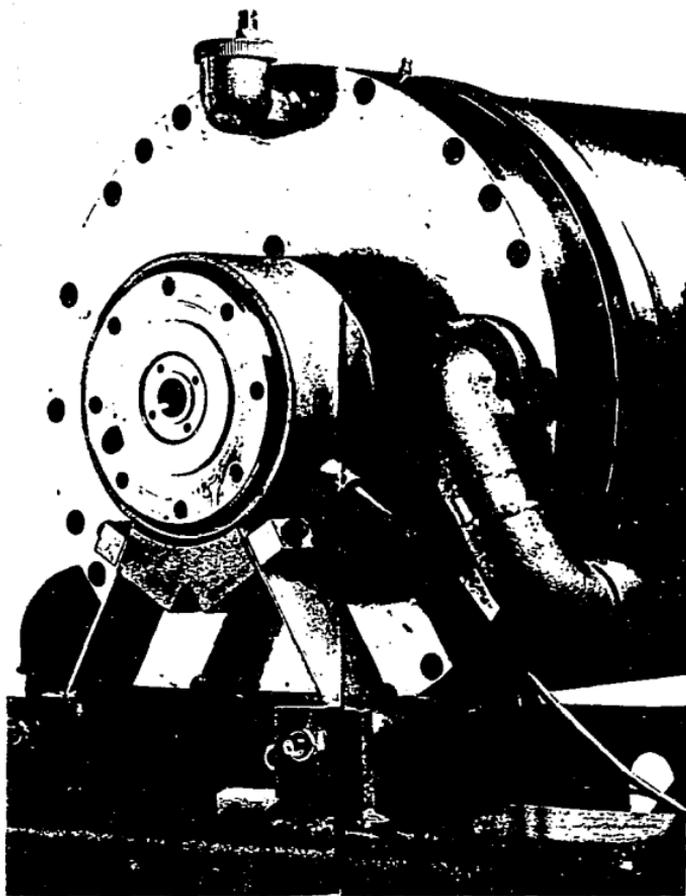


FIGURA II.19 DINAMOMETRO CON SOPORTES FLEXIBLES.

(Fig. II.19 tomada de Eddy Current Dynamometer Series E. for Engine Testing, Schenck).

GABINETE DE CONTROL DE BANCOS DE PRUEBAS DE MOTORES.

Los gabinetes de control, las consolas de instrumentos y los alojamientos son partes componentes de un sistema modular. Es posible configurar la consola de operación de un banco de pruebas de motores para encontrar los requerimientos técnicos y de forma.

Los gabinetes de control se pueden encontrar en dos diseños diferentes:

Gabinete estándar:

Los módulos son instalados en el frente del gabinete, la parte trasera debe estar accesible para operaciones de cableado.

Gabinete de estructuras embisagradas:

Los módulos son instalados en una estructura que puede ser abatible; la parte trasera del gabinete no necesita ser accesible.

El gabinete seleccionado para nuestro propósito es el gabinete estándar el cual en principio consiste de las siguientes partes:

- Un gabinete de módulos de medición de estructura metálica.
- Un tablero de suministro de potencia con clavijas o cables terminales.
- Partes pequeñas, por ejemplo tuercas, tornillos y guías de deslizamiento para instalación de los módulos.
- Láminas para cubrir los huecos.
- Un interruptor principal instalado en el panel frontal con una capacidad de 3x390 V / 25 A.
- Dimensiones aproximadas 60 x 60 x 200 cm.

Si es posible el gabinete no debe ser instalado en el cuarto de pruebas. De otra manera, debe escogerse una posición para prevenirlo de sobrecalentamiento a través de radiación térmica o flujo de calor.

El gabinete debe sujetarse mediante pernos al piso. Los tubos para cablear desde el gabinete al banco de pruebas y desde el

gabinete a la consola de instrumentos deben tener una sección transversal de aproximadamente 100 cm^2 .

Los cables de medición y control serán puestos en tubos conduit por separado.

MODULOS DE MEDICION.

Los módulos de medición principales son tres:

- Unidad de control del dinamómetro.
- Amplificador de potencia.
- Controlador de posición de aceleración.

Unidad de Control del Dinamómetro (Modelo LSG).

Funciones:

- Operación y control del dinamómetro de corrientes de Eddy.
- Procesamiento de señales de torque y velocidad.
- Pantalla digital para velocidad y cinco valores adicionales para seleccionar.
- Cálculo de potencia.

Características y ventajas:

- Determinación de la función por medio de un módulo de software, por ejemplo para el cálculo de potencia.
- Bajo grado de susceptibilidad de interferencia.
- Sistema integrado de medición de fuerza.

Descripción y funcionamiento (ver fig. II.20).

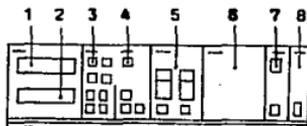


FIGURA II.20 UNIDAD DE CONTROL DEL DINAMOMETRO E2-330.

- 1.- Indicador digital de velocidad.
- 2.- Indicador multifunciones.
- 3.- Teclas metálicas con indicador de estado para valores reales de : Torque; Potencia; Límite de velocidad
Valores de comandos torque/velocidad.
Comando de autocalibración de la posición del motor.
- 4.- Teclas metálicas con indicador de estado para cinco modos de operación:
M = torque constante.
n = velocidad constante.
M(n) = control de la gráfica cuadrática o la gráfica en pendiente con el gradiente ajustable M/n.
"Posición controlada" para el motor en prueba.
- 5.- Valor de comando calibrado y modo de operación.
- 6.- Módulo controlador de torque y velocidad.
- 7.- Monitoreo del valor límite para fallas de funcionamiento y rapidez de operación, potenciómetro para limitación de velocidad.
- 8.- Interruptor principal.

El funcionamiento de cada tecla se verá con más detalle en el Tema IV.

Amplificador de Potencia (Modelo LEW).

Descripción Funcional:

La unidad de potencia se utiliza en los bancos de pruebas de motores y comprende principalmente los siguientes componentes:

- PC LWE V501.
- Módulo de tiristor (rectificación de onda completa), puente completo parcialmente controlado con diodo de recuperación.
- Transformador de corriente.
- Inductancia principal.
- Conductor principal.
- La unidad de energía puede ser operada con 110 V o 220 V.

Controlador de Posición de Aceleración.

El dispositivo regulador de aceleración en la versión "Heavy Duty" es particularmente adecuado para motores a gasolina y diesel con las más grandes demandas de control de fuerza y velocidad.

El dispositivo de regulación está equipado con un controlador analógico y un motor de corriente directa como elemento de control final de la aceleración, el movimiento de salida está en línea recta para tensión y compresión.

El elemento de control final está regulado de manera que la posición seleccionada de la transmisión flexible de potencia permanezca constante.

Este dispositivo consiste de las siguientes partes:

- Controlador de Posición (ver fig. II.21).

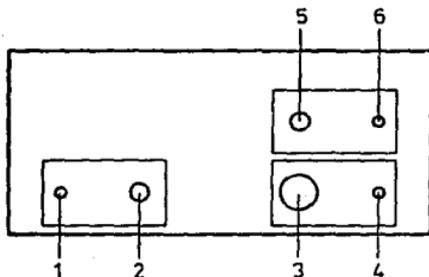


FIGURA II.21 CONTROLADOR DE POSICION.

(Fig. II.21 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

- 1.- Interruptor principal ON/OFF.
- 2.- Lámpara indicadora principal ON.
- 3.- Potenciómetro para selección del valor requerido (interno).
- 4.- Interruptor selector para la elección del valor requerido por el potenciómetro interno (3) o externo.
- 5.- Lámpara indicadora de fallas.
- 6.- Botón de presión para borrar fallas.

El módulo contiene el controlador con control ajustable PID, paquete de potencia para accionamiento y potenciómetro para el ajuste del movimiento del actuador.

Es necesario un juego de cables desde el regulador de posición hasta el accionador del acelerador (longitud 15 m) y el cable principal (longitud 3 m).

- Accionador del Acelerador (Servomotor). Ver fig. II.22.

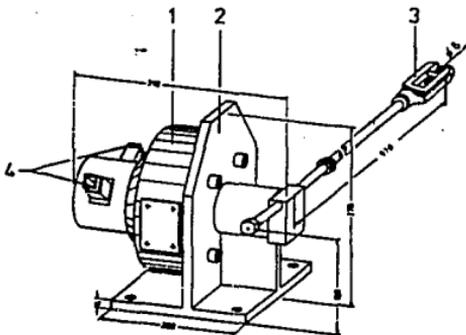


FIGURA II.22 SERVOMOTOR.

(Fig. II.22 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

- 1.- Motor con rotor de disco de corriente directa con transductor de valor real.
- 2.- Soporte de montaje.
- 3.- Control remoto flexible con yugo de conexión para eslabonar la válvula del acelerador o la palanca de la bomba de inyección de la muestra de prueba.
- 4.- Clavijas de conexión para el controlador de posición.

Datos técnicos:

Fuerza controlada: 80 N / 250 N.

Tiempo de regulación en un desplazamiento máximo de 115 mm:

100 ms / 250 ms	(sin carga)
150 ms	(con una carga de 40 N)
400 ms	(con una carga de 125 N)

Nota: Además de los módulos principales anteriormente descritos existen algunos otros adicionales para la realización de diversas pruebas en motores, como son el Medidor de Blow-By, Contador Universal y la Unidad de Control para Medición del Consumo de Combustible.

En la fig. II.23 se muestra la interconexión del dinamómetro y sus módulos principales.

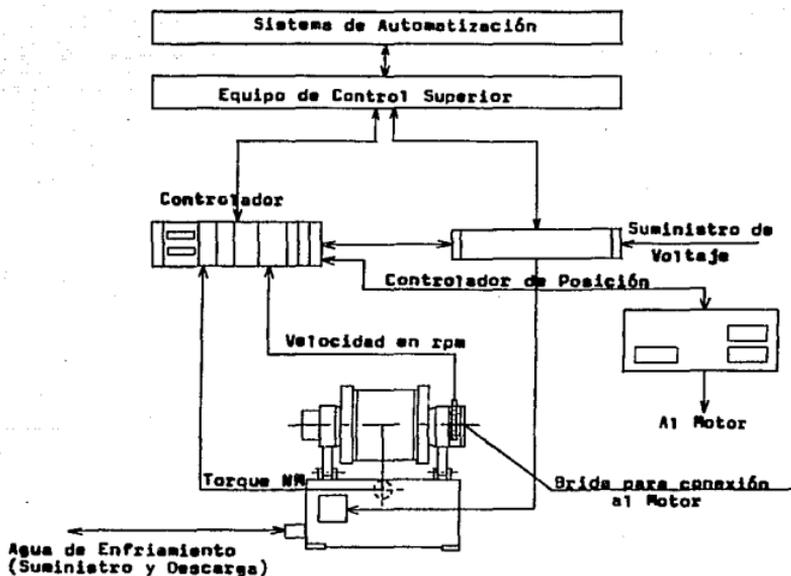


FIGURA II.23 INTERCONEXION DEL DINAMOMETRO Y SUS MODULOS PRINCIPALES.

80

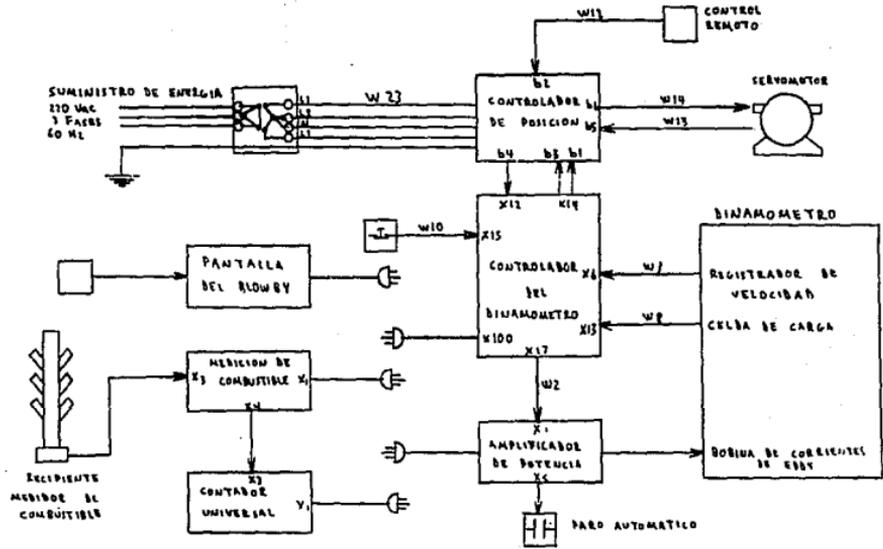


FIGURA II.24 DIAGRAMA ELECTRICO DE LOS MODULOS DE CONTROL DEL DINAMOMETRO.

Conexión Principal.

La unidad de control LSG y el amplificador de potencia LEW están diseñados para conexión trifásica C.A., 220 V, 50 o 60 Hz, 2 A para LSG y 20 A para LEW.

La unidad de control puede ser operada con un voltaje entre 205 y 235 V. Otros valores de voltaje necesitan un transformador externo que es equipo opcional.

Conexión entre la Unidad de Control y el Dinamómetro.

Deben conectarse 3 cables de 15 m de longitud entre la caja terminal en la estructura del dinamómetro y la unidad de control al amplificador de potencia. El suministro de potencia para la bobina excitadora por medio de un cable marcado por W_1 es conectado a la entrada X_2 del amplificador. (Ver fig. II.24).

El registrador de impulsos de velocidad y el voltaje auxiliar para el sistema de monitoreo de agua de enfriamiento serán conectados a la unidad de control por medio del cable W_3 en la entrada X_6 . La celda de carga del dispositivo medidor de torque se conecta por medio del cable W_8 a la entrada X_{13} de la unidad de control.

Accesorios Eléctricos.

Algunas piezas y accesorios son opcionales ya que no están relacionados con el sistema automatizado.

Los siguientes accesorios pueden ser conectados:

- Dispositivo de interrupción.
- Interruptor de paro de emergencia.
- Indicación análoga de torque y velocidad.
- Control remoto a la unidad de control del dinamómetro.
- Control remoto al controlador de posición del motor.
- Controlador del acelerador de la bomba de inyección y carburador.

BANCO DE PRUEBAS.

Ver figura II.25.

Descripción.

El banco de pruebas de motores sirve para examinar y probar máquinas motrices y sus componentes funcionales.

La máquina motriz, por ejemplo un motor de combustión interna es conectada mecánicamente con el dispositivo de carga por medio de una flecha acopladora. De esta forma, el motor puede ser colocado para reproducir exactamente puntos de trabajo por medio del dispositivo de carga. La situación de operación del motor es similar a las condiciones de operación normales.

Bajo esas condiciones muchas inspecciones y mediciones pueden ser efectuadas con el motor en marcha pero son muy complicadas con respecto a las técnicas de medición.

En la práctica, el usuario de un banco de pruebas de motores se interesa en suministrar una velocidad constante al motor de pruebas por medio del dinamómetro.

Esos valores se mantienen constantes con la ayuda de controladores electrónicos.

El tipo de controladores a usarse dependen del modo de operación seleccionado por el dinamómetro. Se pueden seleccionar entre cinco modos diferentes con el fin de controlar el dinamómetro, como se verá en el Tema IV

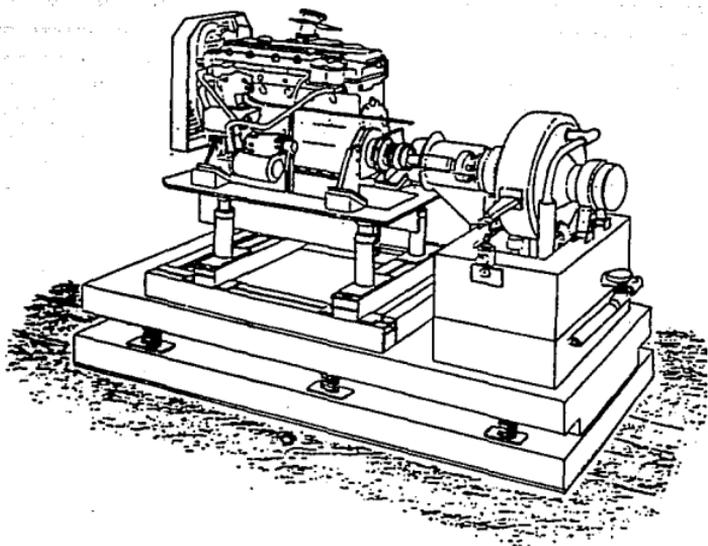


FIGURA II.25 BANCO DE PRUEBAS.

(Fig.II.25 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

T E M A III ENSAMBLE DEL MOTOR AL DINAMOMETRO.

ENSAMBLE.

Motor y Dinamómetro.

En el caso de una instalación inapropiada de las máquinas, los motores y dinamómetros producirán vibraciones mecánicas, las cuales pueden causar daños a las partes del banco de pruebas y además influyen en sus alrededores. Una causa de las vibraciones mecánicas entre otras, son las fuerzas de reacción que surgen de las masas oscilantes transductoras y de las masas (desbalanceadas) de rotación excéntrica en las máquinas. La amplitud y el tiempo de esas fuerzas reaccionarias depende del tipo de máquina (por ejemplo motores embolados a gasolina y diesel, motores eléctricos) y del diseño (por ejemplo el número de cilindros, embrague del cigüeñal, masas no compensadas en el cigüeñal, etc.)

Si fuerzas reaccionarias son establecidas de acuerdo al diseño de la máquina, entonces se reducirán los efectos de vibración en el banco de pruebas y su entorno. Para este propósito la máquina motriz estará soportada de forma flexible en bases especiales con dispositivo de carga o sin él usando elementos amortiguadores.

Las máquinas motrices pueden dividirse en cuatro grupos:

1.- Motores Hidráulicos, Turbinas e Impulsores Eléctricos.

Debido a que las fuerzas de reacción son muy pequeñas existen algunos problemas de instalación con esas máquinas.

El motor y el dinamómetro son instalados ya sea rigidamente o juntos en una base oscilatoria (ver fig. III.1).

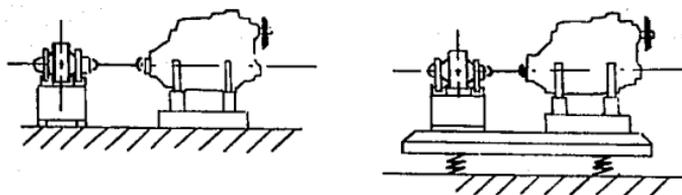


FIGURA III.1

2.-Motores de uno a tres cilindros.

Algunas veces existen problemas de instalación bastante considerables con este tipo de motores debido a sus grandes desbalances y al problema de fluctuación en el torque.

La manera más adecuada de instalación tiene que ser determinada de vez en cuando y si es necesario debe de ser probada.

La siguiente solución ha demostrado su utilidad:

Motor y dinamómetro deben instalarse de forma rígida en una estructura auxiliar flexible y amortiguada, la cual permite al motor moverse alrededor de su eje central (ver fig. III.2).

FIGURA III.2

3.- Motores diesel grandes para barcos.

Debido a su gran peso, los motores diesel grandes que se utilizan para las embarcaciones son generalmente montados de manera rígida en bases de acero y concreto.

El dinamómetro es instalado también rigidamente.

4.- Motores a gasolina y diesel de dos a cuatro tiempos.

Con cuatro o más cilindros en línea, en V o colocados en forma opuesta se recomiendan dos tipos de instalación:

a).-Instalar el dinamómetro rigidamente y el motor de forma flexible (como en el vehículo) en una base ajustada a una vibración baja.

b).-Dinamómetro y motor montados en la misma base ajustada a una vibración baja.

(ver fig III.3).

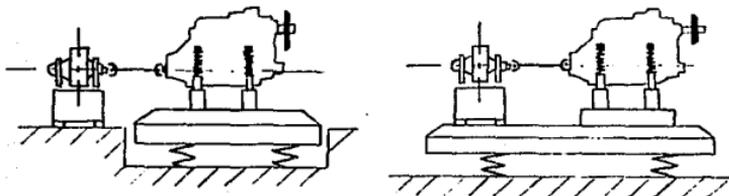


FIGURA III.3

Possibilidades de Instalación.

Para juzgar las diferentes posibilidades de instalación se tomarán como base sólomente los siguientes tipos de motores:

Motores con cuatro o más cilindros.

Motores a gasolina o diesel de dos y cuatro tiempos con disposición de los cilindros en serie, en V u opuestos.

No se tomarán en consideración:

Motores de uno a tres cilindros, motores con pistón rotatorio, motores para competiciones, motores de tanques ni motores de barcos grandes. Tampoco las turbinas de ningún tipo, unidades impulsoras eléctricas ni motores hidráulicos. Existen 7 posibilidades de instalación ya establecidas que conducen a las siguientes notas:

1.- Algunas veces cuando hay diferentes velocidades pueden existir : resonancia, peligro de vibraciones y daño a los componentes, incluyendo el motor de prueba.

2.- Otras veces cuando hay diferentes velocidades pueden existir: resonancia, peligro de vibraciones, daño al motor y también al banco de pruebas.

3.- El dispositivo de medición de fuerza puede ser dañado y entonces la indicación del torque podría falsificarse y podrían ocurrir dificultades en el control.

4.- Las vibraciones del banco de pruebas pueden causar problemas a los alrededores.

5.- Si hay dislocación del cigüeñal durante la operación, puede evitarse observando la divergencia axial admisible de las flechas de conexión.

6.- El banco de pruebas se inclina de acuerdo a la carga del peso del motor.

7.- La base del motor se inclina de acuerdo a la carga del peso del motor.

-Motor y dinamómetro en cimentación rígida.

EVALUACION DE LAS NOTAS.

1	2	3	4	5	6	7
x		x	x			

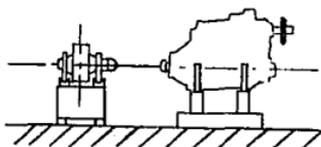


FIGURA III.4

-Motor en base suave en un banco de pruebas rígido, dinamómetro en cimentación rígida.

1	2	3	4	5	6	7
				x	x	

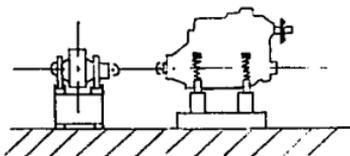


FIGURA III.5

EVALUACION DE LAS NOTAS.

-Motor colocado rígidamente en un banco de pruebas suave y el dinamómetro en una cimentación rígida.

1	2	3	4	5	6	7
	x		x	x		

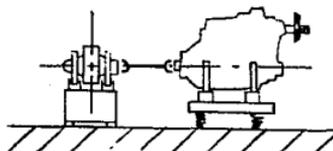


FIGURA III.6

-Motor y dinamómetro rígidos en una cimentación suave.

1	2	3	4	5	6	7
x		x			x	

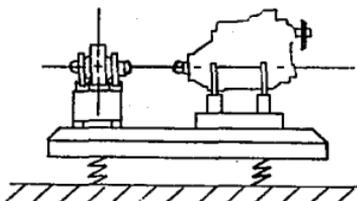


FIGURA III.7

EVALUACION DE LAS NOTAS.

-Motor en base suave, dinamómetro
rígido en una cimentación suave.

1	2	3	4	5	6	7
					x	x

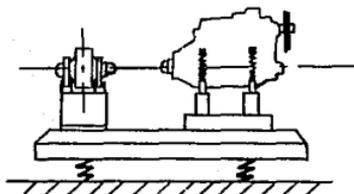


FIGURA III.8

-Banco del motor en una cimentación
suave, motor rígido en el banco del
motor. Dinamómetro rígido en base
suave.

1	2	3	4	5	6	7
	x			x	x	

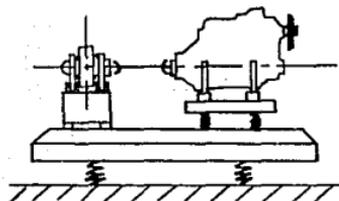


FIGURA III.9

EVALUACION DE LAS NOTAS.

-Motor suave en cimentación suave,
 dinamómetro rígido en base separada.

1	2	3	4	5	6	7
					x	x

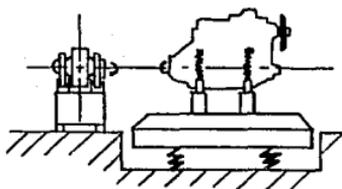


FIGURA III.10

Nota: Esta última posibilidad es la más adecuada para la instalación en la celda de pruebas de que se dispone.

Acoplamiento entre Motor y Dinamómetro.

Normalmente los motores ligeros y de tamaño intermedio son conectados al dinamómetro por medio de una flecha flexible de acoplamiento. Su función no debe ser perturbada por los movimientos relativos causados por la suspensión flexible del motor. Esos movimientos pueden ser bruscos durante la aceleración y desaceleración en motores de combustión con un número pequeño de cilindros. La flecha de acoplamiento también ahorra el alineamiento del banco de pruebas.

Aparte del descentramiento angular y axial, las flechas de acoplamiento tienen que transmitir el torque esperado máximo y deben ser adecuadas para la velocidad máxima del banco de pruebas.

Para la selección de una flecha de acoplamiento adecuada los detalles de catálogo de los fabricantes dan una guía de la desviación axial y el torque. La velocidad máxima indicada en

conexión con un torque máximo corresponde en algunos casos a la velocidad máxima del banco de pruebas. Esto está determinado principalmente por la velocidad torsional crítica de la flecha del dinamómetro.

Para la conexión del motor de prueba al dinamómetro deben usarse sólomente acoplamientos de cardán doble o flechas de acoplamiento. Estas partes de conexión tienen que ser balanceadas de acuerdo a la norma ISO 1940 con un grado de calidad G 6.3 .

El desplazamiento axial admisible del motor de prueba relativo al dinamómetro no debe excederse.

La vida de servicio de las partes en conexión se amplía considerablemente por la precisión del alineamiento del motor de prueba. En rodamientos de agujas para flechas conductoras, sin embargo, un ajuste a cero tiene un efecto adverso.

Dependiendo de la velocidad de operación, los pesos proporcionales admisibles de las flechas de acoplamiento (inclusive discos intermedios y pernos), así como de otras partes de conexión de la brida de acoplamiento del dinamómetro no deben ser excedidos.

Determinación de la Velocidad Crítica n_k .

Si no hay detalles de los pesos permisibles de partes para cierto número de revoluciones, o si se usan discos intermedios para la conexión de las flechas la velocidad crítica puede ser determinada mediante un simple ensayo:

Colocar los claros S, calibrados consecutivamente, comenzando con 0.05 a 0.1 mm. Serán usados con el fin de girar la flecha al número de revoluciones n (ver fig. III.11).

La curva I debe usarse en un desbalanceo residual muy ligero y un buen centramiento. La curva característica II debe usarse en el caso de un desbalanceo muy grande o un centrado menos preciso.

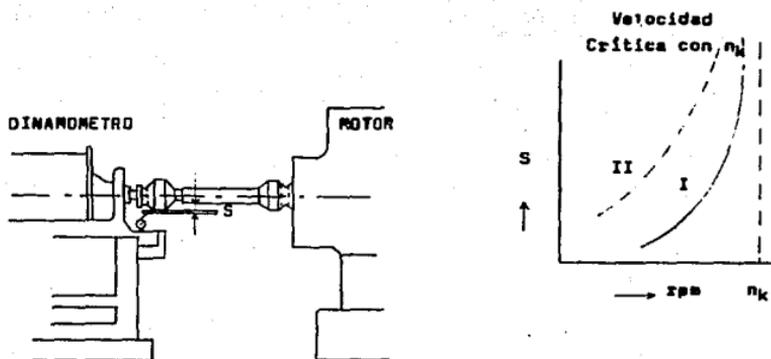


FIGURA III.11 VELOCIDAD CRITICA.

Velocidad Torsional Crítica.

Motor y dinamómetro acoplados representan un sistema de dos masas (ver fig.III.12), el cual será excitado por medio de torques periódicos del motor. La resonancia ocurre cuando coinciden la frecuencia de excitación y la frecuencia natural.

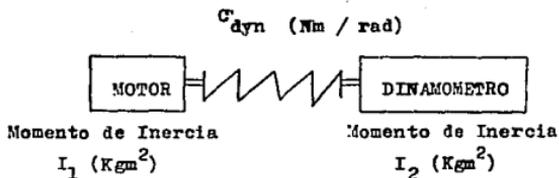


FIGURA III.12

Esta velocidad crítica puede ser calculada de forma aproximada de acuerdo con:

$$n_{kr} = \frac{60}{\pi} \frac{1}{a} \left\{ C_{dín} \frac{I_1 + I_2}{I_1 \times I_2} \right\}^{1/2}$$

donde:

$$a = \begin{cases} 1 \times \text{número de cilindros (para un motor de 4 tiempos).} \\ 2 \times \text{número de cilindros (para un motor de 2 tiempos).} \end{cases}$$

C_{dín} = rigidez torsional dinámica Nm/rad.

C_{est} = rigidez torsional estática Nm/rad.

En el caso de acoplamientos con elementos de goma, si solamente es conocida la rigidez torsional estática, es posible un cálculo aproximado usando C_{dín} = (1.7) (C_{est}) en la fórmula.

I₁ = Momento de inercia del motor (Kgm²).

I₂ = Momento de inercia del dinamómetro (Kgm²).

En el caso de acoplamientos flexibles, por ejemplo aquellos que tienen elementos de goma, la velocidad torsional crítica debe ser menor que la velocidad de arranque del motor. En ningún caso debe estar entre la velocidad de arranque y la de marcha en vacío.

En el caso de acoplamientos rígidos, por ejemplo flechas con acoplamiento de Hooke (acoplamiento de doble articulación), se debe dirigir una operación subcrítica, en donde la velocidad torsional crítica debe ser mayor que la velocidad máxima esperada.

Si no es posible de otra forma, la velocidad torsional crítica estaría situada en el rango entre la velocidad de marcha en vacío y la velocidad máxima esperada después de la verificación mediante el cálculo o prueba de que el torque máximo no pone en peligro alguna pieza en el arreglo conductor durante la velocidad crítica.

Ejemplo:

Motor: 1 cilindro, 4 tiempos, diesel, 22 KW
Velocidad de marcha en vacío 800 rpm.
Velocidad de operación 1000-2500 rpm.
Momento de inercia 2.09 Kgm²

Dinamómetro: Máquina de C.D.
Velocidad 1800-3400 rpm
Momento de inercia 0.48 Kgm²

Acoplamiento: Flecha flexible tamaño 128.3
Torque máximo 680 Nm
Velocidad máxima 5000 rpm
Rigidez torsional dinámica 900 Nm/rad

$$n_{kr} = \frac{60}{\pi} \frac{1}{1} \left\{ (900) \left[\frac{2.09 + 0.48}{2.09 \times 0.48} \right] \right\}^{1/2} = 917 \text{ rpm.}$$

La velocidad torsional crítica está situada entre la velocidad de marcha en vacío y la velocidad de operación más baja. Como esta velocidad tiene que ser utilizada, debe probarse que el torque máximo que aparece no dañe al acoplamiento. El resultado del análisis de vibración torsional se muestra en la fig. III.13.

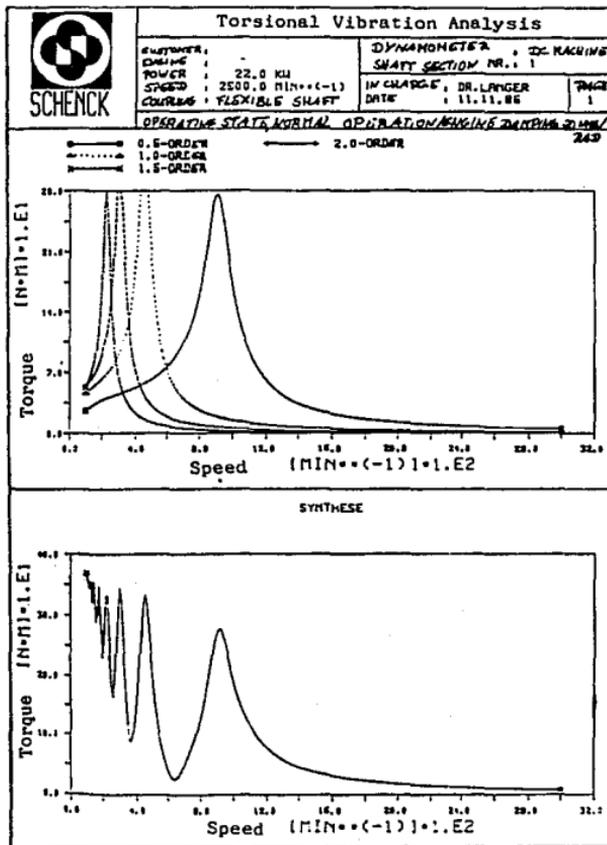


FIGURA III.13 ANALISIS DE UNA VIBRACION TORSIONAL.

(Fig. III.13 Lomada de Eddy Current Dynamometer. Service Training PRL, Schenck).

Notas de un Análisis de la Vibración Torsional para un Banco de Prueba de Motores.

No es suficiente diseñar un acoplamiento entre motor y dinamómetro en relación con su máximo torque y velocidad. Puesto que en un sistema acoplado motor-flecha acopladora-dinamómetro las vibraciones torsionales ocurren por la forma de excitación del motor, la cual podría resultar en una tensión adicional dinámica muy alta que no debe ser justificada.

Sin embargo, es necesario determinar las características de la vibración torsional del sistema (frecuencias naturales, tipos de autovibración, momentos dinámicos, amortiguamiento de acoplamientos elásticos que podrían existir).

Si esas características son conocidas, deben tomarse medidas específicas para eliminar resonancias peligrosas con una tensión adicional dinámica alta o para disminuir sus efectos.

Para seleccionar el acoplamiento correcto es necesario disponer de todos los datos que se tienen en el cuestionario de los motores de prueba. Es importante conocer todos los datos del sistema, los datos del motor así como los del dinamómetro, y los datos de las flechas de acoplamiento.

Hojas de Datos para Análisis Vibracional.

DATOS DE ENTRADA PARA ANALISIS DE VIBRACION TORSIONAL.

FECHA : _____ DEPARTAMENTO _____ HOJA No 1/3

DATOS DEL MOTOR

Fabricante	-----
Motor en línea o .en V	-----
Motor Diesel o Gasolina	-----
No. Total de Cilindros	-----
Ciclo de Trabajo	-----Carrera
Velocidad de Encendido	----- (1/min)
Velocidad Mínima	----- (1/min)
Velocidad de Operación	----- (1/min)
Torque Máximo	----- (Nm)
Potencia de salida	----- (KW)
Presión Media Indicada	----- (KPa)
Diámetro interior	----- (m)
Desplazamiento	----- (m)
Brazo de palanca	----- (m)
Relación varilla de unión - Carrera	-----
Masa oscilante por cilindro	----- (Kg)
Orden de Encendido	-----
Angulo en V	----- (grados)
Momento de inercia del volante del motor.	----- (Kgm ²)
Factor de amortiguamiento	----- (Nms/rad)

AMORTIGUADOR DEL MOTOR

Tipo	-----
Momento de Inercia - Parte primaria	----- (Kgm ²)
Momento de Inercia - Parte secundaria	----- (Kgm ²)
Rigidez Dinámica	----- 10 ⁸ (Nm/rad)
Factor de amortiguamiento.	----- (Nms/rad)

BALANCEO DE CUERPOS RIGIDOS (NORMA ISO 1940).

Efectos del Desbalanceo.

Un desbalanceo en cuerpos rotatorios causa no sólo fuerzas en los cojinetes y bases sino también vibraciones de la máquina. En alguna velocidad dada, ambos efectos dependen esencialmente de las proporciones geométricas y distribución de masas del rotor y la máquina, así como en la rigidez de los cojinetes y sus alojamientos.

En algunos casos el desbalanceo estático es de suma importancia comparado con el desbalanceo de coples, por ejemplo dos desbalanceos (en planos diferentes) en la misma dirección usualmente causan un mayor disturbio que en dos desbalanceos en direcciones opuestas. Similarmente, estos son los casos en los cuales el desbalanceo del acoplamiento es especialmente molesto.

Por ejemplo, considere un rotor donde la distancia entre los cojinetes es más pequeña que la distancia entre los planos de corrección, una situación encontrada en un rotor con discos frontales a ambos extremos.

De esta forma la carga del cojinete debida al desbalanceo en el cople es mayor que la causada por un desbalanceo estático, dado que la suma de los desbalanceos opuestos en los planos de corrección representando el balanceo del cople excedente en cierta fracción del desbalanceo estático asumido que está localizado a la mitad entre los cojinetes. Denotando la distancia del cojinete por "D" y los planos de corrección por "a", entonces, el desbalanceo estático residual permisible es U_R . El desbalanceo residual permisible U_C , formando el desbalanceo del acoplamiento, es reducido a $U_C = U_R D/2a$.

Rotores con un Plano de Corrección.

Para rotores de discos perfilados quizá sea suficiente el uso de un sólo plano de corrección, dado que la distancia del cojinete es suficientemente grande y los giros del disco con desvío axial

suficientemente pequeños. Si estas condiciones son cumplidas deben ser investigadas en cada caso individual. Después en un sólo plano de balanceo tiene que ser probado un número suficiente de rotores de un tipo particular, el momento más grande de desbalanceo residual es determinado y dividido por la distancia entre los cojinetes. Si el desbalanceo encontrado en este modo es aceptable aun en el peor caso, por ejemplo, si estos no son mayores que la mitad del valor recomendado multiplicado por la masa del rotor, entonces se puede suponer, que el balanceo en un sólo plano es suficiente.

Rotores con Dos Planos de Corrección.

Si el rotor no satisface las condiciones establecidas anteriormente para el rotor de disco perfilado, entonces se necesitan dos planos de corrección. Este tipo de balanceo es llamado de dos planos (dinámico) en contraste con el de un sólo plano (estático). Para balanceo de un sólo plano, sólo se requiere el equilibrio estático en alguna posición angular del rotor. Para balanceo de dos planos es necesario que el rotor gire, de otro modo el desbalanceo residual del acoplamiento permanecería indetectado.

En el caso de rotores cuyo centro de gravedad está localizado dentro del medio tercio de la distancia entre los cojinetes, un medio del valor recomendado del desbalanceo residual permisible en la figura (III.14) deberá ser tomado para cada plano de corrección, si dichos planos están equidistantes del centro de gravedad. Para otros rotores, quizá sea necesario prorratear el valor recomendado de acuerdo con la distribución de la masa de los rotores, dado que la parte principal de la masa está situada entre los planos de corrección. En algunos casos la distribución de los valores recomendados debe ser especialmente investigada tomando en cuenta las cargas permisibles en los cojinetes.

Para el acoplamiento entre la flecha del dinamómetro y el volante del motor se utilizó un plato de acoplamiento el cual se balanceó en dos planos de corrección (dinámicamente).

Masa del Rotor y Desbalanceo Residual Permissible.

En general, para mayor masa del rotor, el desbalanceo permisible es más grande, esto es, por lo tanto apropiado para relacionar el desbalanceo residual permisible U para el rotor de masa M . El desbalanceo específico $e=U/M$ es equivalente para el desplazamiento del centro de gravedad donde éste coincida con el plano de desbalanceo estático.

Grados de Calidad de Balanceo.

Cada grado de calidad de balanceo G comprende un rango de desbalanceo residual permisible para un límite superior el cual está dado por cierta magnitud del producto " $e\omega$ " para cero (ver tabla III.13). Trazado contra la máxima velocidad de operación " n ", el límite superior de " e " se muestra en la figura III.14. Los grados principales de calidad de balanceo G están separados uno de otro por un factor de 2.5. En algunos casos quizá sea necesario un grado fino, especialmente cuando es requerido el balanceo de alta precisión.

Los grados de calidad de balanceo están designados de acuerdo al límite superior del producto " $e\omega$ " donde $\omega = 2\pi n / 60 \approx n/10$, para " n " medido en rpm y " ω " en rad/s y el producto " $e\omega$ " está dado en mm/s.

Ejemplo relativo al balanceo del plato de acoplamiento entre la flecha extensible y el volante del motor de nuestro caso:

Para un volante de motor el grado de calidad de balanceo G es 6.3 (de tabla III.13), el valor recomendado $e = 9 \mu\text{m}$ se encuentra si la velocidad máxima de servicio es de 8000 rpm.

Determinación Experimental de la Calidad de Balanceo Requerida.

Con el fin de determinar los valores permisibles del desbalanceo residual son balanceados rotores de un mismo tipo primero para el desbalanceo residual mínimo alcanzado.

Subsecuentemente, desbalanceos artificiales (de masas de prueba) de magnitud incrementada son adheridos a los rotores (bajo condiciones de servicio) hasta que el efecto de los desbalanceos puede ser detectado arriba del nivel de otros disturbios existentes, por ejemplo, esos desbalanceos notables afectan la vibración, la suavidad de la marcha o el funcionamiento de la máquina. En el balanceo de dos planos los efectos difieren de los desbalanceos de una misma fase y los acoplamientos de desbalanceo deben ser considerados.

Grados de Calidad de Balanceo y Tipos de Rotores.

En la tabla siguiente se da una clasificación tentativa de varios tipos de rotores. Ciertos rangos de grados de calidad de balanceo se asocian con varias clases. Los tipos de máquinas motrices, máquinas y rotores encontrados en la tabla son ejemplos basados en la experiencia presente.

TABLA III.1.- GRADOS DE CALIDAD DE BALANCEO PARA VARIOS GRUPOS DE ROTORES RIGIDOS REPRESENTATIVOS.

<p>Grado de calidad de balanceo G 4000 con $e_w = 4000$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cigüeñales de motores diesel marinos lentos montados rígidamente con un número impar de cilindros.
<p>Grado de calidad de balanceo G 250 con $e_w = 250$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cigüeñales de motores diesel rápidos de 4 cilindros montados rígidamente.
<p>Grado de calidad de balanceo G 40 con $e_w = 40$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ruedas de carros, juegos de llantas, flechas conductoras. -Cigüeñales de motores rápidos de 4 ciclos (gasolina o diesel) montados elásticamente con 6 o más cilindros. -Cigüeñales para motores de carros, camiones y locomotoras.
<p>Grado de calidad de balanceo G 18 con $e_w = 18$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Flechas conductoras (propulsoras, cardán) con requerimientos especiales. -Piezas de maquinaria trituradora. -Piezas de maquinaria agrícola. -Componentes individuales de motores (a gasolina o diesel) para carros, camiones y locomotoras. -Cigüeñales de motores con 6 o más cilindros bajo requerimientos especiales.

Tabla III.1 .- (Continuación).

<p>Grado de calidad de balanceo G 6.3 con $e_w = 6.3$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none">-Piezas o máquinas de plantas de proceso.-Engranajes principales de turbinas marinas (servicio mercante).-Tambores centrifugos.-Ventiladores.-Rotores de turbinas de gas de aeroplanos.-Volantes de motores M.-Impulsores de bombas.-Máquinas herramientas y partes de maquinaria general.-Armaduras eléctricas normales.-Componentes individuales de motores bajo requerimientos especiales.
<p>Grado de calidad de balanceo G 2.5 con $e_w = 2.5$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none">-Turbinas de gas y vapor, incluyendo turbinas marinas (servicio mercante).-Rotores rígidos de turbogeneradores.-Rotores.-Turbocompresores.-Conductores de máquinas herramientas.-Armaduras eléctricas medianas y grandes con requerimientos especiales.-Armaduras eléctricas pequeñas.
<p>Grado de calidad de balanceo G 1 con $e_w = 1$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none">-Conductores de grabadoras y fonógrafos.-Conductores de máquinas rectificadoras.-Armaduras eléctricas pequeñas con requerimientos especiales.
<p>Grado de calidad de balanceo G 0.4 con $e_w = 0.4$ mm/s para:</p> <ul style="list-style-type: none">-Ejes, discos y armaduras de rectificadoras de precisión.-Giroscopios.

SELECCION DE LA FLECHA DE ACOPLAMIENTO.

Conexión de Flechas de Acoplamiento.

Sólomente las flechas de conexión que permitan un desplazamiento axial y que puedan reducir variaciones en el torque y la marcha son adecuadas para conectar el motor de prueba y el dinamómetro. Dependiendo del motor de prueba pueden ser usadas "flechas de polea" o flechas conductoras flexibles disponibles comercialmente.

Las flechas conductoras con rodamientos de agujas son adecuadas sólomente para motores con variaciones menores en el torque y la marcha.

Las flechas de polea han sido desarrolladas especialmente para altas velocidades en combinación con grandes torques, en estos casos otras flechas conductoras comerciales no pueden ser usadas. Cada tamaño diferente de flecha corresponde a un tipo particular de dinamómetro de corrientes de Eddy. Las flechas conductoras se conectan por medio de bridas intermedias.

Observaciones importantes:

- 1.- El torque, la velocidad y el ángulo de desplazamiento admisible no deben exceder los valores máximos establecidos.
- 2.- La flecha de conexión y otros elementos que se conectan entre el motor de prueba y el dinamómetro deben ser revisados diariamente, y en los casos donde se tengan nipples para engrasar esto debe hacerse de acuerdo a las instrucciones de lubricación.
- 3.- Durante el montaje de las flechas de acoplamiento con ajuste prolongado deben ser ensambladas correctamente de acuerdo a lo señalado. Los defectos en las flechas o errores en las hojas de balanceo pueden causar daños considerables y accidentes.
- 4.- Como regla general, deben usarse todos los tornillos de conexión aun cuando el torque máximo admisible no sea transmitido.

La calidad de los tornillos no debe ser menor de 10.9. Todos los tornillos de las bridas de la flecha deben ser apretados por medio de torquímetros manteniendo los siguientes valores:

Rosca	M8	M8	M10	M12	M16
Torque de apriete (Nm)	13	32	64	110	275

5.- Dependiendo de la velocidad de operación, el 50% del peso admisible de la flecha de acoplamiento (incluyendo discos intermedios y tornillos) no debe ser excedido por el peso de otros elementos de conexión en las bridas de acoplamiento del dinamómetro.

6.- Todos los elementos rotatorios de conexión que están entre el dinamómetro y el motor de prueba deben adquirirse con un dispositivo de seguridad apropiado de acuerdo a la legislación correspondiente.

7.- Para todos los elementos de conexión accesorios (discos intermedios, coronas dentadas del arrancador, discos de frenado, etc.) debe usarse la calidad de balanceo G 2.5 de acuerdo a ISO 1940. Las restricciones del peso van de acuerdo a la velocidad de operación. El 0.01% del diámetro exterior de los elementos de conexión se admite como una salida radial en el diámetro externo, cuando se ajusta en el centro y como una salida lateral de las áreas frontales cerca del diámetro exterior.

Para garantizar un buen resultado en las pruebas de motores deben tomarse en cuenta los siguientes puntos:

- La velocidad torsional crítica del sistema de dos masas motor-dinamómetro.
- Al usar un cojinete intermedio en la flecha de conexión se tiene un sistema multimasas.
- La frecuencia natural por la flexión de la flecha de acoplamiento.
- Montaje de la flecha de acoplamiento.
- Observar la distancia admisible entre los ejes (S_{max}), ver fig. III.15.

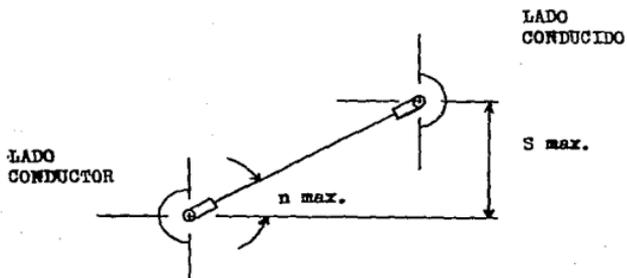


FIGURA III.15

- La masa proporcional de la flecha de acoplamiento para el dinamómetro y el motor no debe ser excedida.
- La flecha de acoplamiento debe balancearse dinámicamente, se recomienda el grado G 6.3.
- La conducta vibracional del "bloque sísmico" (Considerar las 7 frecuencias naturales de las posibilidades de instalación).
- La conducta vibracional del motor en sus bloques silenciadores.

-Las fuerzas y los momentos libres de inercia del motor; los movimientos laterales del motor causan movimientos dinámicos en la flecha de conexión. Estas fuerzas y movimientos causan también carga adicional del "bloque sísmico".

Algunos puntos importantes del diseño de la cimentación son los siguientes:

- Diseño preliminar de la cimentación.
- Determinación de las dimensiones de los muelles.
- Elección de los muelles.
- Cálculo de las 7 frecuencias naturales para la cimentación motor-dinamómetro.
- Cálculo de la intensidad del aislamiento.
- Diseño de dibujos y propuestas constructivas para detalles de la cimentación.

Tipos de Flechas de Acoplamiento.

1.- Flecha Conductora con Rodamientos de Agujas.

Aproximadamente la mitad del peso actúa sobre el extremo de la flecha del dinamómetro. Los discos intermedios o coronas dentadas para arrancadores y otras piezas similares aumentan la carga en el extremo de la flecha.

El momento torsional máximo no debe exceder 1.6 veces el torque indicado. (Ver fig. III.16).

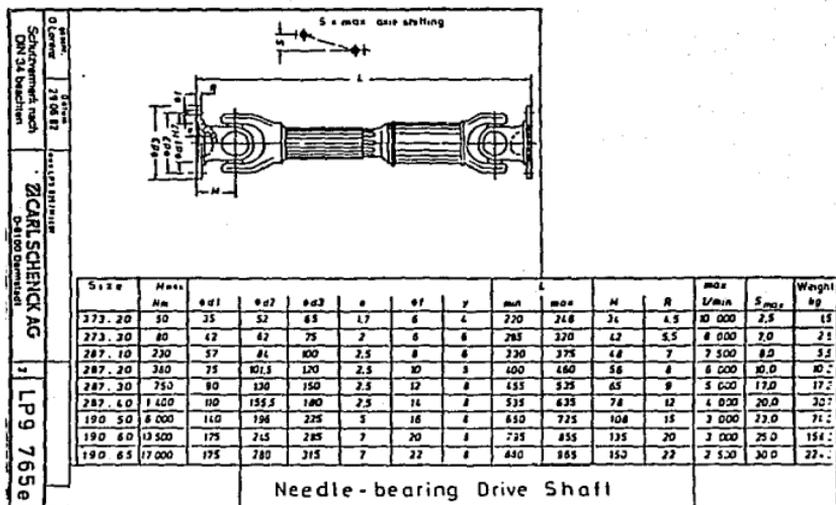


FIGURA III.16 FLECHA CONDUCTORA CON RODAMIENTOS DE AGUJAS.

(Fig. III.16 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

2. - Flecha Conductor Elástica.

En este tipo de flechas el torque dado T max. es el torque de la flecha; debe ser multiplicado por los siguientes factores de operación:

Para motores a gasolina	0.67
Para motores a diesel con 4 cilindros	0.40
Para motores a diesel con 6 o más cilindros	0.50
Para motores a diesel con 3 y 5 cilindros	0.33

Ejemplo:

Se tiene un motor a diesel con 3 cilindros y flecha elástica de tamaño 128.20 . El torque máximo = 390 Nm.

$$390 \times 0.33 = 125 \text{ Nm.}$$

Debido a la poca uniformidad del motor a diesel de tres cilindros, el torque de la flecha elástica no excede de 125 Nm.

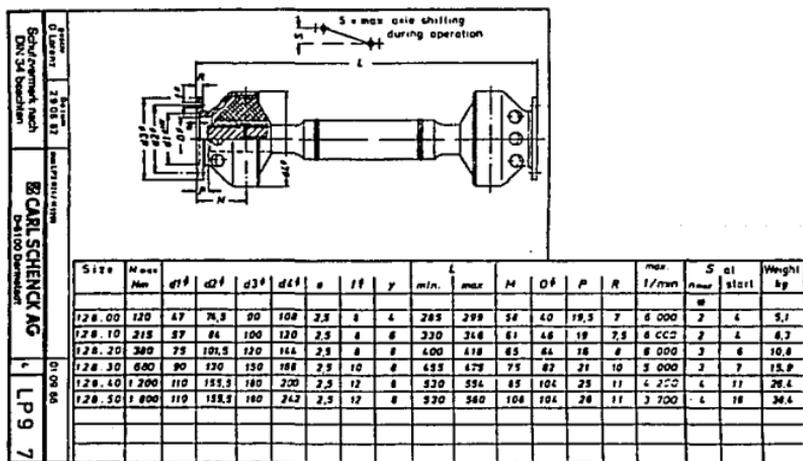


FIGURA III.17 FLECHA CONDUCTORA ELASTICA.

(Fig. III.17 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

3.- Flecha Conductor Extensible.

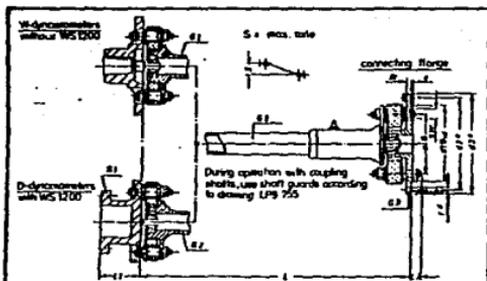
Para nuestra instalación se utilizará una flecha de este tipo (tamaño IV) para llevar a cabo el ensamble motor-dinamómetro porque es la que tiene las características requeridas de velocidad (7500 rpm contra 8000 rpm del dinamómetro) y torque (750 Nm contra 900 Nm del dinamómetro). (ver fig.III.18).

Los siguientes pesos actúan sobre el extremo de la flecha del dinamómetro marca Schenck modelo E 330: G_1 y $1/2 G_2$. (ver fig.III.18).

En las flechas extensibles los discos intermedios o coronas dentadas para arrancadores y otras piezas similares aumentan la carga en el extremo de la flecha.

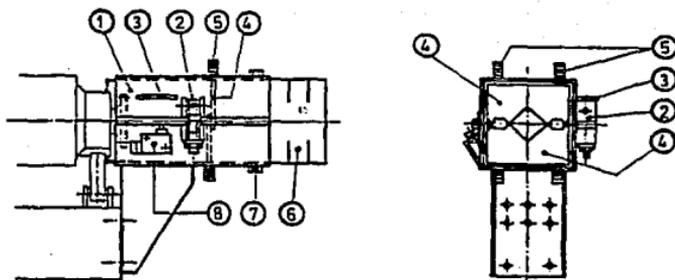
Mantenimiento:

Cuando se opera normalmente debe lubricarse una vez por semana. Cuando es operada de manera continua debe lubricarse como mínimo una vez cada 100 horas de trabajo, de acuerdo a las instrucciones de operación.



S-zp	W	D	D (max.)	W2	V (mm)	W max	L	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24	L25	L26	L27	L28	L29	L30	L31	L32	L33	L34	L35	L36	L37	L38	L39	L40	L41	L42	L43	L44	L45	L46	L47	L48	L49	L50	L51	L52	L53	L54	L55	L56	L57	L58	L59	L60	L61	L62	L63	L64	L65	L66	L67	L68	L69	L70	L71	L72	L73	L74	L75	L76	L77	L78	L79	L80	L81	L82	L83	L84	L85	L86	L87	L88	L89	L90	L91	L92	L93	L94	L95	L96	L97	L98	L99	L100	L101	L102	L103	L104	L105	L106	L107	L108	L109	L110	L111	L112	L113	L114	L115	L116	L117	L118	L119	L120	L121	L122	L123	L124	L125	L126	L127	L128	L129	L130	L131	L132	L133	L134	L135	L136	L137	L138	L139	L140	L141	L142	L143	L144	L145	L146	L147	L148	L149	L150	L151	L152	L153	L154	L155	L156	L157	L158	L159	L160	L161	L162	L163	L164	L165	L166	L167	L168	L169	L170	L171	L172	L173	L174	L175	L176	L177	L178	L179	L180	L181	L182	L183	L184	L185	L186	L187	L188	L189	L190	L191	L192	L193	L194	L195	L196	L197	L198	L199	L200	L201	L202	L203	L204	L205	L206	L207	L208	L209	L210	L211	L212	L213	L214	L215	L216	L217	L218	L219	L220	L221	L222	L223	L224	L225	L226	L227	L228	L229	L230	L231	L232	L233	L234	L235	L236	L237	L238	L239	L240	L241	L242	L243	L244	L245	L246	L247	L248	L249	L250	L251	L252	L253	L254	L255	L256	L257	L258	L259	L260	L261	L262	L263	L264	L265	L266	L267	L268	L269	L270	L271	L272	L273	L274	L275	L276	L277	L278	L279	L280	L281	L282	L283	L284	L285	L286	L287	L288	L289	L290	L291	L292	L293	L294	L295	L296	L297	L298	L299	L300	L301	L302	L303	L304	L305	L306	L307	L308	L309	L310	L311	L312	L313	L314	L315	L316	L317	L318	L319	L320	L321	L322	L323	L324	L325	L326	L327	L328	L329	L330	L331	L332	L333	L334	L335	L336	L337	L338	L339	L340	L341	L342	L343	L344	L345	L346	L347	L348	L349	L350	L351	L352	L353	L354	L355	L356	L357	L358	L359	L360	L361	L362	L363	L364	L365	L366	L367	L368	L369	L370	L371	L372	L373	L374	L375	L376	L377	L378	L379	L380	L381	L382	L383	L384	L385	L386	L387	L388	L389	L390	L391	L392	L393	L394	L395	L396	L397	L398	L399	L400	L401	L402	L403	L404	L405	L406	L407	L408	L409	L410	L411	L412	L413	L414	L415	L416	L417	L418	L419	L420	L421	L422	L423	L424	L425	L426	L427	L428	L429	L430	L431	L432	L433	L434	L435	L436	L437	L438	L439	L440	L441	L442	L443	L444	L445	L446	L447	L448	L449	L450	L451	L452	L453	L454	L455	L456	L457	L458	L459	L460	L461	L462	L463	L464	L465	L466	L467	L468	L469	L470	L471	L472	L473	L474	L475	L476	L477	L478	L479	L480	L481	L482	L483	L484	L485	L486	L487	L488	L489	L490	L491	L492	L493	L494	L495	L496	L497	L498	L499	L500	L501	L502	L503	L504	L505	L506	L507	L508	L509	L510	L511	L512	L513	L514	L515	L516	L517	L518	L519	L520	L521	L522	L523	L524	L525	L526	L527	L528	L529	L530	L531	L532	L533	L534	L535	L536	L537	L538	L539	L540	L541	L542	L543	L544	L545	L546	L547	L548	L549	L550	L551	L552	L553	L554	L555	L556	L557	L558	L559	L560	L561	L562	L563	L564	L565	L566	L567	L568	L569	L570	L571	L572	L573	L574	L575	L576	L577	L578	L579	L580	L581	L582	L583	L584	L585	L586	L587	L588	L589	L590	L591	L592	L593	L594	L595	L596	L597	L598	L599	L600	L601	L602	L603	L604	L605	L606	L607	L608	L609	L610	L611	L612	L613	L614	L615	L616	L617	L618	L619	L620	L621	L622	L623	L624	L625	L626	L627	L628	L629	L630	L631	L632	L633	L634	L635	L636	L637	L638	L639	L640	L641	L642	L643	L644	L645	L646	L647	L648	L649	L650	L651	L652	L653	L654	L655	L656	L657	L658	L659	L660	L661	L662	L663	L664	L665	L666	L667	L668	L669	L670	L671	L672	L673	L674	L675	L676	L677	L678	L679	L680	L681	L682	L683	L684	L685	L686	L687	L688	L689	L690	L691	L692	L693	L694	L695	L696	L697	L698	L699	L700	L701	L702	L703	L704	L705	L706	L707	L708	L709	L710	L711	L712	L713	L714	L715	L716	L717	L718	L719	L720	L721	L722	L723	L724	L725	L726	L727	L728	L729	L730	L731	L732	L733	L734	L735	L736	L737	L738	L739	L740	L741	L742	L743	L744	L745	L746	L747	L748	L749	L750	L751	L752	L753	L754	L755	L756	L757	L758	L759	L760	L761	L762	L763	L764	L765	L766	L767	L768	L769	L770	L771	L772	L773	L774	L775	L776	L777	L778	L779	L780	L781	L782	L783	L784	L785	L786	L787	L788	L789	L790	L791	L792	L793	L794	L795	L796	L797	L798	L799	L800	L801	L802	L803	L804	L805	L806	L807	L808	L809	L810	L811	L812	L813	L814	L815	L816	L817	L818	L819	L820	L821	L822	L823	L824	L825	L826	L827	L828	L829	L830	L831	L832	L833	L834	L835	L836	L837	L838	L839	L840	L841	L842	L843	L844	L845	L846	L847	L848	L849	L850	L851	L852	L853	L854	L855	L856	L857	L858	L859	L860	L861	L862	L863	L864	L865	L866	L867	L868	L869	L870	L871	L872	L873	L874	L875	L876	L877	L878	L879	L880	L881	L882	L883	L884	L885	L886	L887	L888	L889	L890	L891	L892	L893	L894	L895	L896	L897	L898	L899	L900	L901	L902	L903	L904	L905	L906	L907	L908	L909	L910	L911	L912	L913	L914	L915	L916	L917	L918	L919	L920	L921	L922	L923	L924	L925	L926	L927	L928	L929	L930	L931	L932	L933	L934	L935	L936	L937	L938	L939	L940	L
------	---	---	----------	----	--------	-------	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

Guarda de la Flecha.



La guarda de la flecha sirve de protección contra la fractura de la flecha. Va atornillada a la estructura del dinamómetro.

- 1.- Guarda de la flecha, parte superior embisagrada y parte inferior fija.
- 2.- Consistente de sujeción (2), tuerca (2.1) y tornillo (2.2).
- 3.- Empuñadura para abrir y cerrar la parte superior.
- 4.- Suplemento de la protección a la fractura.
- 5.- Tornillo con arandelas de corrección.
- 6.- Extensión.
- 7.- Tornillo.
- 8.- Ensamble del interruptor del límite.

FIGURA III.19 GUARDA DE LA FLECHA DE ACOPLAMIENTO.

(Fig. III.19 tomada de Eddy Current Dynamometer. Service Training PRL, Schenck).

CONDICIONES REQUERIDAS PARA EL CUARTO DE PRUEBAS.

El cuarto de pruebas donde se instalan el dinamómetro y el motor tiene las siguientes características:

- Dimensiones: 4 x 4 x 2.75 m.
- Los muros tienen un espesor de 24 cm.
- Puertas antiexplosión y de absorción de sonido.
- Equipo de seguridad contra incendio (extinguidores).
- Ventana con cristal blindado de 18 mm de espesor.
- Cuenta con un polipasto con capacidad de 2000 kg para el fácil manejo de los motores.
- Iluminación por medio de 6 lámparas de 40 W.
- Una campana conectada al extractor para la salida de gases del escape del motor.
- Un sistema de ventilación para inyección y extracción de aire para evitar que los gases contaminantes fugados permanezcan en la celda.
- Trincheras en el piso para el alojamiento de tubería (combustible y enfriamiento) y tubería conduit para el cableado eléctrico.

A continuación se describirán de manera general los trabajos hechos en el cuarto de pruebas para complementar la instalación del motor al dinamómetro.

Escape.

A la salida de cada múltiple de escape se acopla un tubo flexible (sagra) de 2" de ϕ por medio de bridas y juntas de asbesto para evitar fugas. En cada tubo se adapta un termopozo que servirá como puerto de muestreo para el análisis de los gases. Más adelante los tubos se unen formando uno solo mediante una disposición en "y", en esta sección es posible adaptar un convertidor catalítico por medio de bridas de acoplamiento, con su respectivo termopozo a la salida del convertidor. El tubo termina su extensión acoplándose a una campana extractora por medio de una brida, el extractor arroja los gases a la atmósfera debidamente filtrados.

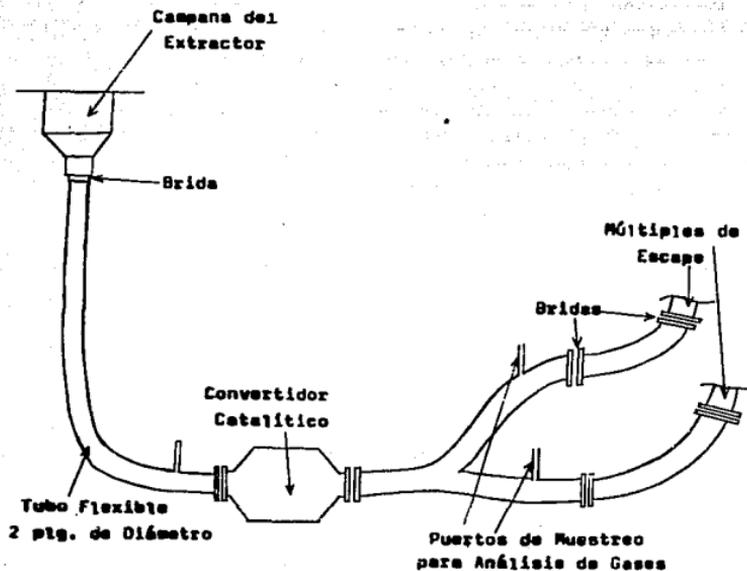


FIGURA III.20 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ESCAPE DEL MOTOR.

Las características del extractor para el manejo de los gases de escape a la atmósfera son :

- Gasto: 1350 m³/h.
- Presión estática: 18 mm/Nm.
- RPM: 700.
- Sentido de rotación: Izquierdo.

Combustible.

Este sistema tiene la finalidad de abastecer el motor de combustible durante el periodo en que éste se encuentre trabajando siguiendo el camino que se describe a continuación:

El combustible ubicado en un tanque dentro de un cuarto es bombeado hacia un depósito superior con una capacidad de 1000 lt a una altura de aproximadamente 4 m de donde descenderá por gravedad y siguiendo un circuito de tuberías determinado llega a un filtro donde se limpiará de impurezas que contenga, posteriormente pasa a través de un dispositivo de control de flujo "árbol de navidad" el cual está conectado a un sistema automatizado para cuantificar el consumo.

En el otro extremo del controlador de flujo de combustible continúa su recorrido por medio de una manguera de 3/8 "de ϕ hasta llegar a la bomba de gasolina del motor y así poder cumplir con el suministro requerido para el funcionamiento de éste último y poder llevar a cabo las pruebas. (Ver fig III.21).

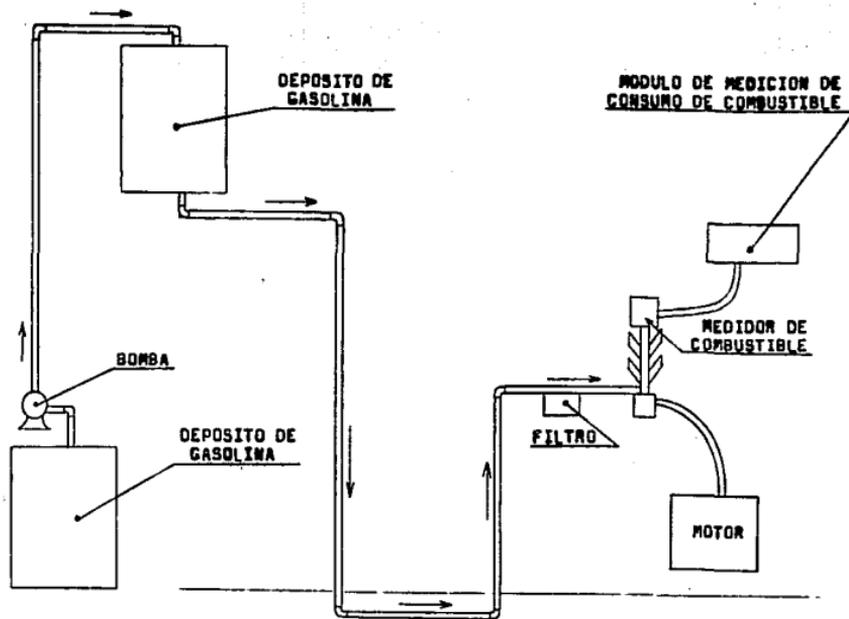


FIGURA III.21 ESQUEMA DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DEL CUARTO DE PRUEBAS.

Cableado Eléctrico.

Los tres cables principales que conectan al dinamómetro con el módulo controlador se alojan dentro de un tubo flexible (sagra) de 2" de ϕ dentro de una trinchera.

El servomotor se conecta al controlador de posición por medio de dos cables, los cuales se alojan en tubo conduit de 1" de ϕ (con cajas de registro). también se utiliza manguera liquatime para darle mayor flexibilidad a los cables sin maltratarse.

Se utiliza tubo conduit de 3/4" de ϕ y manguera de liquatime para conectar el cable del módulo de medición de combustible al árbol de navidad.

Sistema Eléctrico del Motor de Prueba.

El sistema eléctrico como todos los sistemas que conforman el funcionamiento del motor es de gran importancia ya que es el que nos ayuda a proporcionar el arranque de nuestro motor.

Para cumplir con este objetivo es necesario instalar diferentes componentes que intervienen en el funcionamiento de arranque.

El switch el cual tiene conexión directa con la batería, marcha, bobina y alternador es el dispositivo mediante el cual se interrumpe o se deja circular el paso de corriente para el arranque de la máquina.

Además se debe adaptar una serie de dispositivos de medición denominados "físicos" para el registro de variables termodinámicas como temperatura (aceite y agua) y presión (aceite y combustible).

Ventilación.

El sistema de ventilación está formado por dos ventiladores para la inyección y extracción de aire, con la finalidad de que siempre exista aire fresco en el cuarto de pruebas. Dichos ventiladores se encuentran afuera del cuarto. Los ductos del inyector llegan a tres rejillas colocadas en el techo del cuarto de pruebas. Asimismo existen tres rejillas para la extracción del aire. El sistema de ventilación se acciona desde el cuarto de control. (Ver figura III.22).

ESPECIFICACIONES DE LOS VENTILADORES.

	Inyector	Extractor
Tipo	Centrifugo	Centrifugo
Gasto	16990 m ³ /h	16990 m ³ /h
Presión estática	38 mm/Nm	10 mm/Nm
RPM	666	666
Rotación	Derecha	Derecha

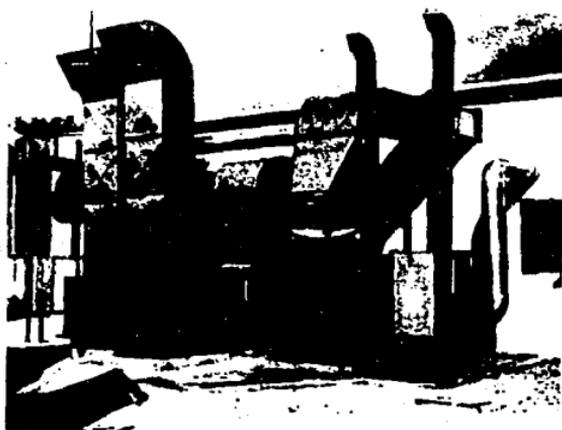


FIGURA III.22 SISTEMA DE VENTILACION DEL CUARTO DE PRUEBAS.

Enfriamiento.

Este sistema tiene la función de mantener el interior del dinamómetro a cierta temperatura de trabajo al igual que el interior del motor por medio de agua de enfriamiento para así poder tener un mejor desempeño y cuidado de nuestro equipo.

El agua proveniente de una cisterna es conducida mediante una bomba a través de una tubería de acero galvanizado de 1 1/2" de ϕ al interior del cuarto de pruebas, al llegar a éste (en donde se encuentra el sistema dinamómetro motor) se realiza una bifurcación del recorrido del agua, por un lado es conducida hacia un depósito de enfriamiento del cual es llevada al interior del motor y a la salida de éste es transportada a una cisterna exclusiva para el agua caliente proveniente del cuarto de pruebas de donde después es conducida por otra bomba hacia una torre de enfriamiento de 10 HP que se encuentra en el exterior del laboratorio.

Por otro lado el resto del agua de enfriamiento proveniente de la cisterna es dirigida al dinamómetro en donde a su entrada se ubican un manómetro y un rotámetro para el control y registro de presión y flujo de agua respectivamente al igual que un filtro para la prevención de entrada de impurezas en el dinamómetro.

El agua después de su recorrido por el circuito interno del dinamómetro no debe exceder de 70 °C por lo cual es llevada hacia la misma cisterna para agua caliente y torre de enfriamiento antes mencionadas donde disminuirá su temperatura por medio de un ventilador y caída por gravedad de nueva cuenta conduciéndola a la primera cisterna de abastecimiento originando el comienzo de un nuevo ciclo.

Las bombas de alimentación y conducción de agua caliente a la torre de enfriamiento cuentan con el relevo de otra bomba lista para entrar en funcionamiento cuando se requiera. Todo esto automáticamente controlado desde un tablero general. (Ver figs. III.23 y III.24).

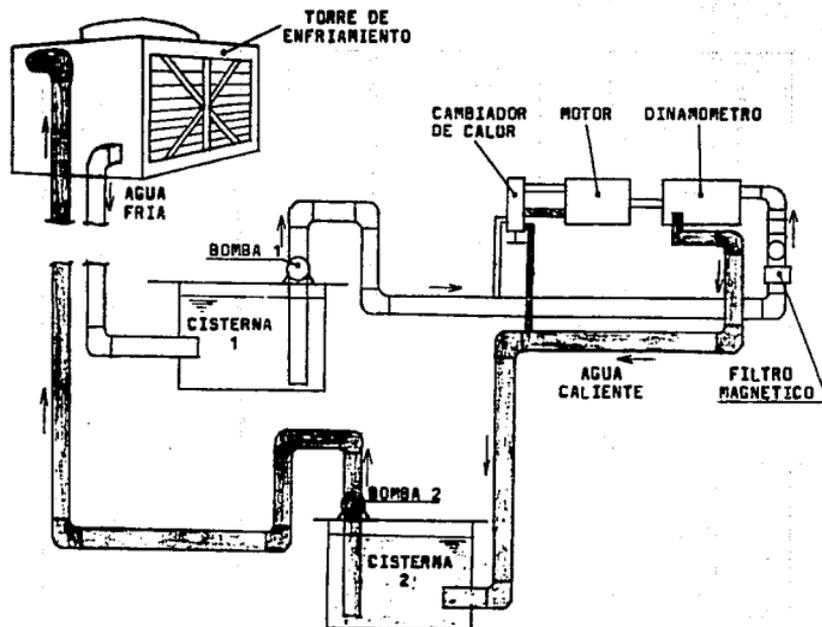
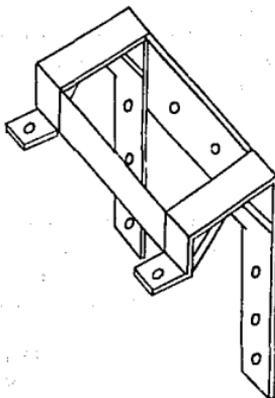


FIGURA III.28 ESQUEMA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL
DINAMOMETRO E2-880.

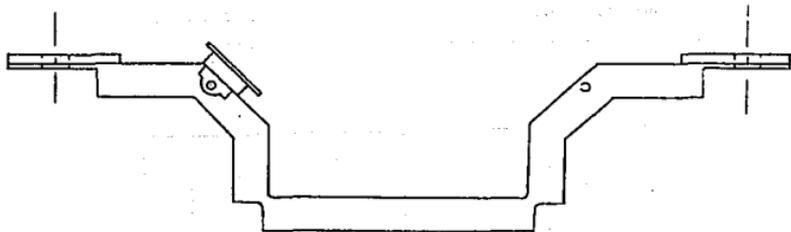
INTERRUPTOR GENERAL	TORRE DE ENFRIAMIENTO DE 5 HP	EXTRACTOR 1	EXTRACTOR 2
	TORRE DE ENFRIAMIENTO DE 10 HP	VENTILADOR INYECTOR 1	VENTILADOR INYECTOR 2
BOMBA 1	BOMBA 5	VENTILADOR EXTRACTOR 1	VENTILADOR EXTRACTOR 2
BOMBA 2	BOMBA 6	EXTRACTOR 3	EXTRACTOR 4
BOMBA 3	BOMBA 7	VENTILADOR INYECTOR 3	VENTILADOR INYECTOR 4
BOMBA 4	BOMBA 8	VENTILADOR EXTRACTOR 3	VENTILADOR EXTRACTOR 4

FIGURA III.24 TABLERO GENERAL DE CONTROL DEL SISTEMA.

Soportes del Motor de Prueba.
(Ver fig. III.25).



Soporte Delantero



Soporte Trasero

FIGURA III.25 SOPORTES DEL MOTOR DE PRUEBA.

T E M A IV PROCEDIMIENTOS DE OPERACION PARA PRUEBAS DE MOTORES.

Con el fin de llevar a cabo los procedimientos de operación para pruebas en motores de combustión interna es necesario conocer el sistema de control del dinamómetro desde su calibración hasta el manejo completo del equipo.

SISTEMA DE CONTROL.

La unidad de control (LSG 2000) que se emplea para el dinamómetro de corrientes de Eddy marca Schenck modelo E2-330 consiste de los siguientes componentes individuales. (ver la figura IV.1 unidad de control de izquierda a derecha):

a).	-Indicadores digitales	LDA 200
b).	-Indicación seleccionada	LAW 200
c).	-Selección del modo de operación	LBA 200
d).	-Valor del comando seleccionado	LSV 200
e).	-Unidad de control	LRE 200
f).	-Valor límite establecido y monitoreado	LGU 200
g).	-Interruptor principal	LNS 200

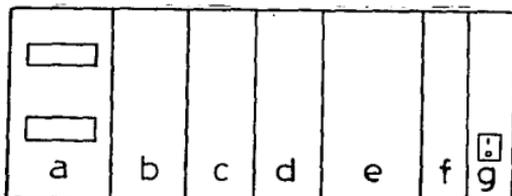


FIGURA IV.1 UNIDAD DE CONTROL (LSG 2000).

Elementos de Operación e Indicación:

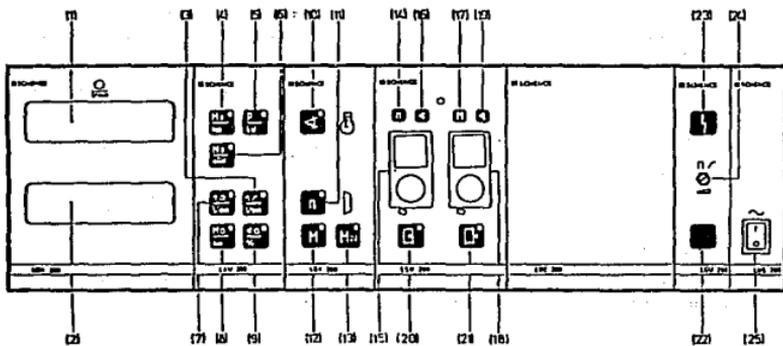


FIGURA IV.2 UNIDAD DE CONTROL LSG 2000.

(Fig. IV.2 tomada de Eddy Current Dynamometer, Service Training PRL, Schenck).

A continuación se explicará la función de las teclas de cada componente:

a). -Indicadores Digitales (LDA 200).

(1) Indicador de 7 segmentos con 5 dígitos para el valor real de la velocidad en 1/min (rpm).

(2) Indicador de 7 segmentos con 5 dígitos con señales para la indicación de:

-Valores de comando.

-Valores reales.

-Señales de fallas.

Los valores asociados a las teclas (3) a (9) están indicados.

Las teclas (3) a (9) están contenidas en el módulo LAW 200.

OBSERVACIONES: Cada una de las teclas descritas de aquí en adelante están equipadas con una lámpara indicadora, la cual señala el accionamiento de la tecla respectiva al encenderse la luz.

Las teclas se distinguen por dos modos de funcionamiento:

Almacenadoras.- Significa que con el accionamiento de la tecla la función seleccionada permanece aun después de dejar de presionar la tecla. La lámpara indicadora de la tecla respectiva continúa encendida también aun después de soltarla.

No almacenadora.- Significa que la función permanece sólo durante el tiempo de presionado de la tecla. La lámpara indicadora permanece encendida sólo mientras se presiona la tecla.

b). -Indicación Seleccionada (LAW 200).

Selección	Tecla	Función	Tecla almacenadora
n - máx	(3)	El valor n - máx en 1/min colocado en el potenciómetro (24) (en LGU 200) está indicado en la pantalla (2) mientras que la tecla está presionada.	NO
Valor Real de Torque.	(4)	El valor real de torque en Nm * aparece en (2) después de presionar la tecla.	SI
Indicación de Potencia.	(5)	La potencia absorbida por el dinamómetro aparece en (2) en KW * .	SI

Selección	Tecla	Función	Tecla almacenadora
Calibración del torque a cero.	(6)	Una desviación $\leq \pm 1\%$ del rango de torque total puede ser eliminado mediante la calibración.	NO
Valor del comando de velocidad.	(7)	El valor del comando en rpm está indicado en (2) mientras que la tecla está presionada. Aparece "----" en la pantalla (2) si la velocidad no es el valor del comando.	NO
Valor del comando de torque.	(8)	El valor del comando de torque en Nm * está indicado en (2) mientras que la tecla está presionada. Aparece "----" en (2) si el torque no es el valor del comando.	NO
Valor del comando de posición.	(9)	El valor del comando de posición en % está indicado en (2) mientras que la tecla está presionada. Aparece "----" si la posición no está en el valor de comando	NO

* O en unidades del Sistema Inglés.

c). Selección del Modo de Operación.

OBSERVACION: Todas las teclas mencionadas en este artículo son almacenadoras.

Selección	Tecla	Función
Control de posición del motor.	(10)	El espécimen de prueba (NCI) estará controlado en su posición, es decir, operado con un ángulo de aceleración constante. Este modo de control se señala en la lámpara indicadora.
Control de velocidad del dinamómetro.	(11)	El dinamómetro estará controlado en su velocidad y el motor estará controlado en su torque después de accionar esta tecla. Este modo de control estará señalado por la lámpara indicadora.
Control de torque del dinamómetro.	(12)	El dinamómetro estará controlado en su torque y el motor en su velocidad después de accionar esta tecla. La lámpara indicadora señala este modo de control.
Control para curva lineal o cuadrática.	(13)	El dinamómetro es operado con una curva característica lineal $M \propto n^2$. El motor será operado con un control de posición forzado. Este modo de control está señalado por la lámpara indicadora.

d). -Valor de Comando Seleccionado (LSV_200).

Preselección o Indicación.	Función
(15)	El transmisor de valor de comando del lado izquierdo preselecciona el valor de comando para velocidad o posición.
(14), (16)	Los campos luminosos indican que el transmisor de valor de comando del lado izquierdo está funcionando.
(18)	El transmisor de valor de comando del lado derecho para seleccionar el valor de comando para torque o posición.
(17), (19)	Los campos luminosos indican que el transmisor del lado derecho está funcionando.
(20)	Los valores de comando son determinados por los dos transmisores de valor de comando interno después de accionar esta tecla. Lo anterior se indica por medio de la lámpara indicadora.
(21)	Los valores de comando son determinados por medio de transmisores de valor de comando externos después de accionar esta tecla. Esto se indica por medio de la lámpara.

e). -Unidad de Control (LRE 200).

Es utilizada para la calibración electrónica de la unidad de control.

f). -Valor Límite Establecido y Monitoreado (LGU 200).

Teclas o campos luminosos; potenciómetro de precisión.	Función
(22)	El campo luminoso verde se enciende cuando el circuito de agua de enfriamiento del dinamómetro está funcionando normalmente.
(23)	La tecla y el campo luminoso rojos se encienden en el caso de mal funcionamiento colectivo. (Ver lista de fallas).
(24)	El valor límite para la velocidad $n - \max$ puede ser determinado girando el potenciómetro de precisión.

g). Interruptor Principal (LNS 200).

Interruptor	Función
(25)	Interruptor de encendido y apagado del suministro de voltaje para el sistema de control y el nivel límite de potencia.

Autoensayo del Sistema.

El sistema de control realiza un autoensayo del funcionamiento de su tableta de circuitos impresos al encender el dispositivo mediante el switch principal (25). La lámpara indicadora roja para fallas colectivas del funcionamiento (23) se prende y apaga si hay un defecto o falla de la tableta de circuito impreso en el sistema, seguido por la posición de la tableta del circuito en el rack que está indicado en la pantalla (2).

La unidad de control permanece en esta etapa de la prueba hasta que el error haya sido eliminado o la tecla (23) haya sido presionada con el fin de parar. De aquí en adelante el indicador (2), las lámparas indicadoras desde la (3) hasta la (13), (20), (21) y los campos luminosos (14), (16), (17), (19), (22) y (23) deberán accionarse por 4 segundos para propósitos de control.

Toma de Parámetros.

La unidad de control determina los parámetros para el rango de velocidad, rango de potencia, modo de operación (Mn), ciclo de indicación y valores de velocidad (n-min) y libera el arranque respectivamente, el cual fue colocado internamente por los interruptores DIP.

Condición de Encendido.

La unidad de control comienza su funcionamiento y se tiene la condición de encendido presentando las siguientes características:

- El valor real de la velocidad está indicado en la pantalla (1).
- La lámpara indicadora (4) está encendida; el valor real de torque está indicado en la pantalla (2).
- La lámpara indicadora (10) está encendida; el motor está controlado en su posición de aceleración (ángulo).
- La lámpara indicadora (11) está encendida; el dinamómetro está controlado en su velocidad.
- La lámpara indicadora (20) "interna" está encendida; los valores de comando son determinados por los transmisores de valores de comando (15) y (18).
- El campo luminoso (14) está encendido; el transmisor de valores de comando (15) actúa como una fuente de valor de comando para control de la velocidad.
- El campo luminoso (19) está encendido; el transmisor de valores de comando (18) actúa como una fuente de valor de comando para la posición de aceleración (ángulo).
- El circuito de seguridad (salida) estará cerrado.

Calibración del Torque Cero.

La pantalla (2) debe indicar el valor real 0 ± 1 para el torque en la velocidad cero. Si la desviación es mayor se puede eliminar un $\pm 1\%$ del rango completo por medio del accionamiento de la tecla de calibración (8) bajo la condición de que la velocidad sea cero.

La tecla de calibración (8) no funciona si la velocidad excede el cero. Si la desviación del torque es mayor que $\pm 1\%$ de la escala plena, la calibración no será aceptada y un signo de error "000000" aparecerá de forma intermitente en la pantalla (2), el circuito de seguridad está abierto y la lámpara indicadora para fallas colectivas (23) se encenderá. Al apagarse la lámpara (23)

es posible proceder ya que la calibración ha terminado.

Representación en los Indicadores.

La velocidad siempre está indicada en la pantalla (1).

En la pantalla (2) se indica lo siguiente:

- El valor real para el torque durante y después de accionar la tecla (4) (función de almacenamiento).
- La potencia durante y después del accionamiento de la tecla (5) (función de almacenamiento).
- El valor máximo de velocidad establecido por el potenciómetro (24) después del accionamiento de la tecla (3).
- El valor de comando para la velocidad cuando se acciona la tecla (7) si el motor o dinamómetro están controlados en su torque.
- El valor de comando para la posición cuando se acciona la tecla (8), si el motor está controlado en su posición [(10) está encendida].

Determinación Interna de los Valores de Comando.

Los dos potenciómetros (15) y (18) son usados para establecer los valores de comando mediante el accionamiento de la tecla "interna" (20). Los campos luminosos (14), (16), (17) y (19) indican en qué potenciómetro está colocado el valor de comando para velocidad, torque o posición, esto depende del modo de operación.

Los potenciómetros externos para valores de comando establecidos se activan después del accionamiento de la tecla "externa" (21).

Valores Límite de Velocidad y Señales de Fallas del Sistema Acoplado (Dinamómetro-Motor).

El valor de velocidad límite "n-max" se establece con el potenciómetro (24). El rango n-max está adaptado automáticamente a la velocidad considerada del dinamómetro. Cuando el valor límite

es excedido se abre el circuito de seguridad, se enciende la lámpara indicadora roja para fallas colectivas (23) y la clave de fallas "555555" aparece de forma intermitente en el indicador (2).

La lámpara indicadora (23) tiene una función almacenadora y después de eliminar la falla debe ser presionada para apagarla.

El campo luminoso verde (22) se enciende cuando el circuito de agua de enfriamiento se encuentra en orden. Si el circuito de agua es perturbado, el circuito de seguridad se abre y aparece la clave "111111" en el indicador (2) hasta que haya sido eliminado el error.

TABLA IV.1 LISTA DE SEÑALES DE POSIBLES FALLAS.

Indicación en la pantalla (2)	Característica de la falla
111 111	Suministro de agua interrumpido.
222 222	Temperatura demasiado alta en la sección de suministro de energía.
333 333	El paro de emergencia fue accionado.
444 444	El paro instantáneo fue accionado.
555 555	Velocidad máxima excedida.
666 666	Rango de calibración excedido.
777 777	Error en el procesador de torque.
888 888	Error en el circuito de valor absoluto.
999 999	Error en el procesador de velocidad.

Nota: Al aparecer las claves de las fallas anteriores es necesario parar el sistema.

SELECCION DE LOS MODOS DE OPERACION DEL DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY.

En la práctica, el usuario de un banco de pruebas de motores se interesa en suministrar una velocidad constante al motor de pruebas por medio del dinamómetro.

Esos valores se mantienen constantes con la ayuda de controladores electrónicos.

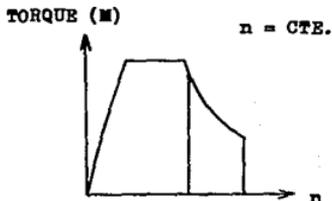
El tipo de controladores a usarse dependen del modo de operación seleccionado por el dinamómetro. Se pueden seleccionar entre cuatro modos diferentes con el fin de controlar el dinamómetro.

Modo de operación.

Rango de trabajo con característica controlada del dinamómetro.

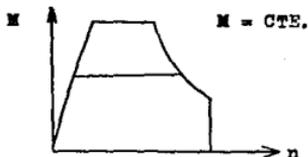
n

La velocidad del motor se mantiene constante mediante el uso de un controlador de velocidad, el cual, carga el motor por medio del dinamómetro independientemente de los cambios de potencia del motor.



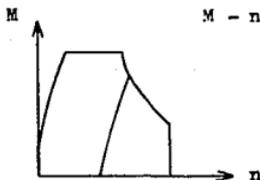
M

Se usa un controlador de torque para mantener el torque de carga del motor constante sobre todo el rango de velocidad.



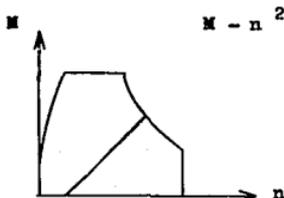
MKn *

Un controlador regula la velocidad del motor con la ayuda de una curva, la inclinación de dicha curva puede ser ajustada con un potenciómetro interno.



MKn^2 *

El valor real de velocidad es preajustado al controlador de torque como una señal cuadrática y de comando análogo. Para este modo de operación la carga del motor mediante el dinamómetro cambiará al cuadrado, como función de la velocidad preajustada mediante el motor.



* Por medio de un interruptor interno en el dispositivo de control pueden ser seleccionados los modos MKn y MKn^2

Cuando se revisa un motor en un banco de pruebas el motor está siendo cargado por el dinamómetro en un modo estacionario de manera que se obtengan puntos de trabajo estables.

Un punto de trabajo se define como el punto de intersección entre la curva Md/n del dinamómetro y la curva Md/n del motor en el modo estacionario. Se caracteriza por una velocidad especial y un torque especial. La curva natural del motor es pre-establecida.

La curva del dinamómetro está en función del modo de operación seleccionado.

El modo de operación del dinamómetro debe ser seleccionado de tal forma que:

1.- Ambas curvas se intersecten en el punto de trabajo deseado de la manera más clara posible.

Ejemplo:

CARACTERISTICA

Motor Diesel
modo de operación
< constante.

CARACTERISTICA

Dinamómetro
modo de operación
M constante.

AMBAS CARACTERISTICAS

Representación combi-
nada.

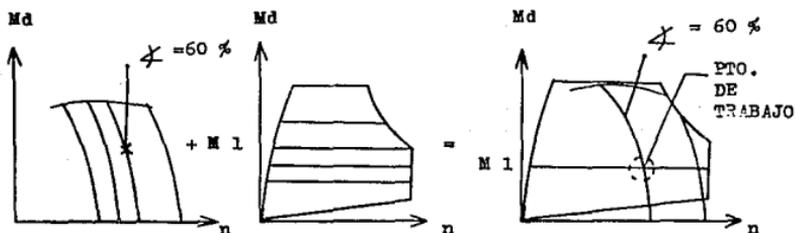


FIGURA IV.3 PUNTOS DE TRABAJO.

2.- La inclinación de la curva del dinamómetro hacia la velocidad más alta debe ser mayor que la inclinación de la curva del motor.

Ejemplo:

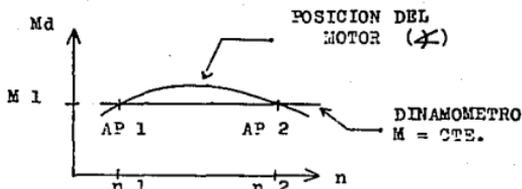


FIGURA IV.4 PUNTOS DE TRABAJO (WP1).

Este diagrama muestra la curva de un motor a gasolina operado en el modo < constante y la curva de un dinamómetro operado en el modo M constante.

Se obtienen dos puntos de trabajo, el primero de ellos (WP1) es inestable y el segundo WP2 es estable. Para WP2 se aplican ambas condiciones de estabilidad, para WP1 solamente la condición No. 1.

Dado que la inclinación de la curva del motor en WP1 hacia la máxima velocidad es mayor que la inclinación de la curva del dinamómetro, el motor no puede ser estabilizado en ese punto mediante el dinamómetro. En este caso el modo correcto de operación para el dinamómetro es n constante.

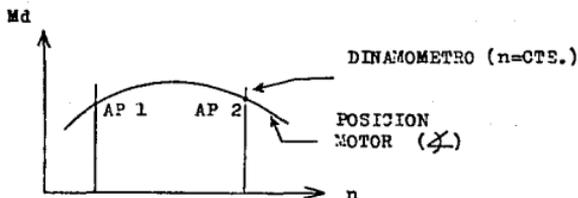


FIGURA IV.5 PUNTOS DE TRABAJO (WP2).

Los modos de operación pueden ser cambiados solamente con prioridad interna [presionando la tecla (20)] mediante el accionamiento de las teclas (10), (11), (12) ó (13).

Las lámparas de las teclas siempre indican el modo de operación seleccionado.

Después de encender la unidad de control ésta se encuentra automáticamente en el modo de operación siguiente:

- El motor está controlado en su posición " < ".
- El dinamómetro está controlado en su velocidad "n".

Los siguientes cambios en los modos de operación pueden hacerse con el motor apagado. Con el motor encendido pueden hacerse solamente los cambios (4 y 5) :

1.- Presionando la tecla (12) el dinamómetro estará controlado en su torque "M".

2.- Presionando la tecla (11) el dinamómetro estará controlado en su velocidad "n" otra vez.

3.- Presionando la tecla (13) "MCn" el dinamómetro será operado ya sea en el modo " $M \propto n$ " o " $M \propto n^2$ ".

4.- Presionando la tecla (10), el motor controlado en su velocidad "n" estará controlado en su torque "M" si el dinamómetro está en el modo "n" (control de velocidad) .

5.- Presionando la tecla (10), el motor controlado en su posición "<" estará controlado en su velocidad "n", si el dinamómetro está en el modo "M" (control de torque).

Observación a los puntos 1, 2 y 3:

El motor permanece controlado en su posición "<" en todos los casos.

Observación a los puntos 4 y 5:

Presionando la tecla (10) otra vez, el motor regresa al control de posición "<".

MODOS DE OPERACION POSIBLES DEL SISTEMA.

- 1.- $n_D - \dot{M}_M$ = Dinamómetro controlado en su velocidad - Motor controlado en su posición.
- 2.- $M_D - \dot{M}_M$ = Dinamómetro controlado en su torque - Motor controlado en su posición.
- 3.- $M(n)_D - \dot{M}_M$ = Dinamómetro controlado para una curva característica lineal ($M \propto n$) o cuadrática ($M \propto n^2$) - Motor controlado en su posición.
- 4.- $n_D - M_M$ = Dinamómetro controlado en su velocidad - Motor controlado en su torque.
- 5.- $M_D - n_M$ = Dinamómetro controlado en su torque - Motor controlado en su velocidad.

CALIBRACION DEL DINAMOMETRO.

Para la calibración y puesta en marcha del sistema es necesario cumplir con ciertos requisitos estipulados por el personal técnico especializado, los cuales se enumeran a continuación:

- 1.- Que el motor esté instalado en el cuarto de pruebas, que haya sido arrancado y se encuentre en condiciones de funcionar y además conectado al dinamómetro.
- 2.- El dinamómetro debe estar conectado al sistema de agua de enfriamiento.
- 3.- Los cables entre el controlador y el dinamómetro deben estar conectados.

- 4.- El controlador debe estar cableado a la fuente de poder pero sin aplicar voltaje al controlador.
- 5.- Verificar lo siguiente:
 - a).- Alineamiento de la flecha.
 - b).- Brazos de calibración.
 - c).- Conseguir pesas de calibración (90 kg: 4 de 20 kg y 1 de 10 kg).
 - d).-Manuales de calibración y operación del equipo.
- 6.- Para la puesta en marcha se requiere el siguiente equipo en el laboratorio:
 - a).- Osciloscopio.
 - b).- Multímetro digital.

Revisión del Sistema de Medición del Torque Utilizando Charolas para Colocación de Pesas de Calibración.

- 1.- Desconectar el acoplamiento entre el motor y dinamómetro.
- 2.- Revisar la colocación del cero del indicador de torque y reajustarlo si es necesario.
- 3.- Conectar ambas palancas de calibración y suspender las charolas.
- 4.- Calibrar el torque indicador a cero colocando pequeñas pesas sobre las charolas.
- 5.- Colocar pesas comerciales calibradas (90 kg) sobre la charola que está al lado opuesto de la celda de carga, de esta forma la celda se cargará en dirección de la presión.
Colocar gradualmente las pesas hasta lograr la indicación del torque máximo.

6.- Posteriormente, la misma secuencia debe ser efectuada en la segunda charola para cargar el peso en la celda en dirección de la tracción.

7.- Para la cadena de mediciones de torque, consistente de una celda de carga, un amplificador de medición y un indicador, la tolerancia en el error límite es como sigue:

- Indicadores digitales : 0.2%

- Indicadores analógicos : 1.5%

Con una variación en la temperatura de ± 10 °C a la temperatura de referencia y relativa a la lectura de la escala plena.

En la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos durante la calibración del torque cero del sistema:

TABLA IV.2 VALORES OBTENIDOS DURANTE LA CALIBRACION.

	Teóricos	Lecturas Reales					
		1	2	3	4	5	6
Brazo opuesto a la celda de carga.	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0	90.0
	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
	40.0	40.1	40.1	40.1	40.0	40.0	40.0
	20.0	20.1	20.1	20.1	20.0	20.1	20.0
	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
	Brazo del lado de la celda de carga.	-20.0	-19.9	-20.1	-20.1	-20.1	-19.9	-19.9
-40.0		-40.0	-40.1	-40.1	-40.1	-40.0	-40.0
-60.0		-60.0	-60.1	-60.0	-60.0	-60.0	-60.0
-80.0		-80.0	-80.1	-80.0	-80.0	-80.0	-80.0
-90.0		-90.0	-90.0	-90.0	-89.9	-90.0	-90.0

Las desviaciones no deben exceder el ± 0.2 % del valor de la escala completa.

$$E = \frac{-20 - (-19.9)}{90} = -0.0011 = -0.11 \%$$

La calibración terminó con la 6a. toma de lecturas.

RESUMEN DE LOS PUNTOS PRINCIPALES PARA LA INSTALACION, CALIBRACION
Y OPERACION DEL SISTEMA DINAMOMETRO-MOTOR.

- 1.- Informarse de los respectivos requerimientos de seguridad antes de comenzar a trabajar.
- 2.- Instalar el dinamómetro y conectar las líneas de agua de enfriamiento.
- 3.- Desmontar el dispositivo de seguridad de transporte.
- 4.- Quitar el recubrimiento anticorrosivo.
- 5.- Revisar el ajuste del cero del sistema de medición de torque.
- 6.- Reajustar el sistema de medición de torque por medio de la calibración después de cada intervención en el sistema "soporte flexible - celda de carga".
- 7.- Instalar, alinear y conectar el motor.
- 8.- Conectar la flecha de acoplamiento.
- 9.- Ajustar y cerrar la protección de la flecha.
- 10.-Conectar las líneas eléctricas.
- 11.-Encender el interruptor maestro.
- 12.-Encender el interruptor principal en el dispositivo de control.
- 13.-Conectar los interruptores principales de todas las unidades.
- 14.-Abrir el suministro de agua de enfriamiento.

15.-Abrir la válvula de entrada de agua de enfriamiento en el dinamómetro con 2 o 3 giros. Abrir completamente la válvula de descarga de agua de enfriamiento.

16.-Seguir las instrucciones de los procedimientos de operación del dispositivo de control.

17.-Seleccionar el modo de operación. *

18.-Ajustar el límite de velocidad. *

19.-Seleccionar el tipo de gráfica. *

20.-Arrancar el motor de prueba y ajustarlo a la velocidad media. *

21.-Seleccionar los puntos de trabajo. *

22.-Revisar el funcionamiento de los dispositivos de seguridad a intervalos regulares.

23.-Desconectar las líneas de alimentación después de la operación.

* En el dispositivo de control.

PRUEBAS REALIZADAS EN EL SISTEMA INSTALADO DINAMOMETRO-MOTOR.

AJ.- PRUEBA DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Se efectuó una prueba de consumo de gasolina Nova en un motor General Motors V8 350 utilizando el dinamómetro de Corrientes de Eddy E2-330 funcionando en el modo I (Dinamómetro controlado en su velocidad y motor controlado en la aceleración).

Además del controlador del dinamómetro se utilizó un módulo medidor de consumo de combustible.

NOTA:

Los resultados se registraron en unidades del sistema inglés.

Procedimiento para la realización de la prueba:

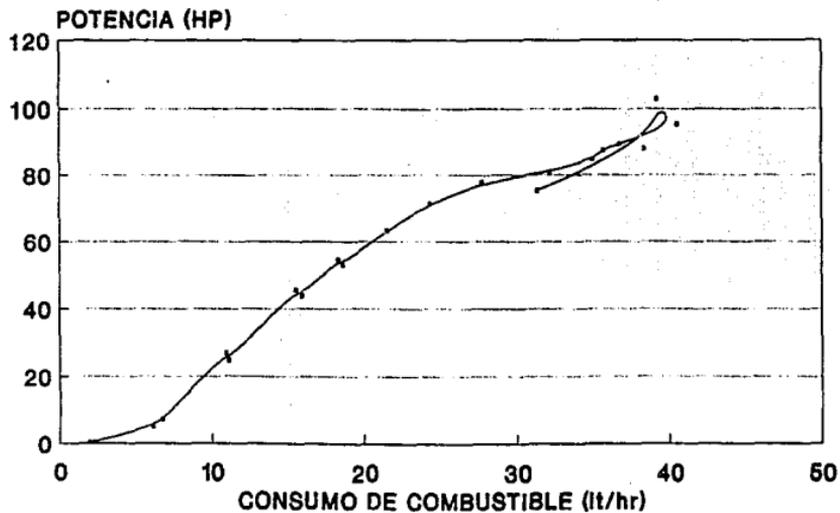
- 1.- Energizar el sistema.
- 2.- Seleccionar el modo de operación del dinamómetro (modo I).
- 3.- Encender las bombas de suministro y descarga del agua de enfriamiento, los extractores y los ventiladores.
- 4.- Arrancar el motor de prueba (se recomienda hacerlo con una aceleración de 17% y una velocidad de 2000 rpm).
- 5.- Dejar que el motor trabaje en estas condiciones durante 5 minutos para que se establezca el funcionamiento del sistema.
- 6.- Variar gradualmente la posición de la mariposa del acelerador mediante el controlador del dinamómetro desde 0% hasta 100%, asimismo la velocidad se incrementa hasta mantenerla en 3000 rpm para encontrar la máxima potencia del motor.
- 7.- Para cada posición de aceleración se registran las lecturas del consumo de combustible en el módulo de medición y de potencia y torque en la pantalla del controlador del dinamómetro.
- 8.- Al finalizar el paso de máxima aceleración disminuiría gradualmente hasta 0% , o sea, en Ralentí dejando que se estabilice el motor 5 minutos antes de apagarlo.
- 9.- Apagar bombas, ventiladores y extractores.
- 10.- Desenergizar el sistema.

Tabla de resultados de la prueba de Consumo de Combustible.
 Fecha de elaboración: 13 de Diciembre de 1991.

Lectura No.	RPM	Aceleración (%)	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)	Consumo de combustible. (lt/hr)
1	645	0	2	0.3	1.03
2	705	0	2	0.3	2.25
3	2000	17.1	15	5.0	6.10
4	2300	20.0	17	7.2	6.73
5	2300	30.0	50	27.0	10.88
6	2500	30.0	53	24.8	11.04
7	2500	40.0	95	45.6	15.45
8	2800	40.0	82	43.8	15.86
9	2800	45.0	102	54.6	18.27
10	3000	45.0	93	53.2	18.56
11	3000	50.0	111	63.3	21.43
12	3000	55.0	125	71.5	24.32
13	3000	60.0	136	77.7	27.69
14	3000	65.0	142	80.9	32.14
15	3000	70.0	149	84.7	34.95
16	3000	75.0	154	87.5	35.64
17	3000	80.0	157	89.6	36.73
18	3000	85.0	167	95.5	40.45
* 19	3000	90.0	181	102.9	39.13
20	3000	95.0	153	88.0	38.30
21	3000	100.0	131	75.4	31.30

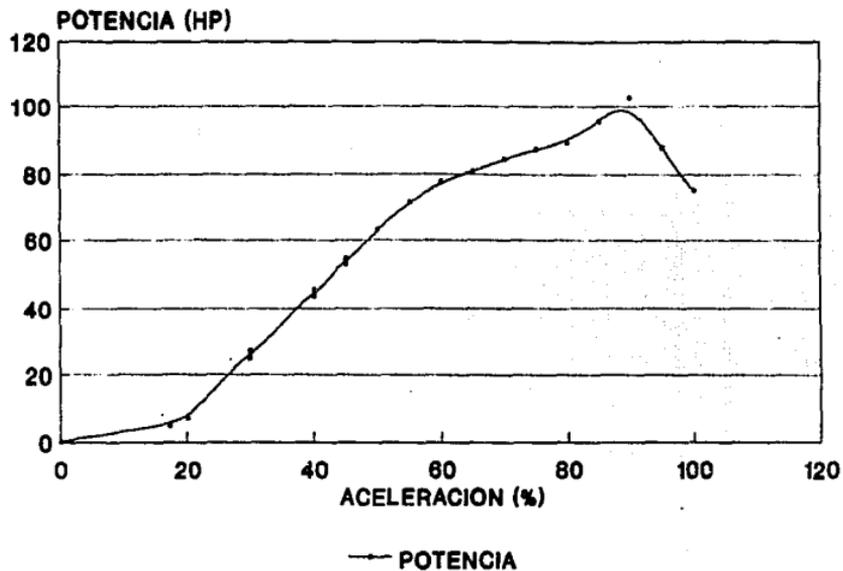
* Punto donde se obtuvo la máxima potencia del motor.

**CURVA POTENCIA-CONSUMO DE COMB.
PARA MOTOR G.M. 350.**



—●— POTENCIA

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



B).- PRUEBAS DE INDICE DE REQUERIMIENTO DE OCTANO (ORI).

Se efectuaron 8 pruebas en un motor General Motors V8 350 con diferentes mezclas de corrientes de gasolinas sin plomo para determinar las condiciones de "cascabeo" del motor.

Para realizar las pruebas se utilizó el dinamómetro de Corrientes de Eddy E2-330 funcionando en el modo I (Dinamómetro controlado en su velocidad y motor controlado en la aceleración).

Para las mezclas se utilizaron tres tipos de gasolinas:

- a).- Catalítica, con número de octano 88.
- b).- Reformada, con número de octano 88.
- c).- Primaria, con número de octano 40.

Procedimiento para la realización de las pruebas:

- 1.- Preparación de las mezclas de gasolinas a las concentraciones requeridas de octanaje (78, 80 y 82) para las pruebas utilizando una máquina de octanos (RON) para su comprobación.
- 2.- Energizar el sistema.
- 3.- Seleccionar el modo de operación del dinamómetro (modo I).
- 4.- Encender las bombas de suministro y descarga del agua de enfriamiento, los extractores y los ventiladores.
- 5.- Arrancar el motor de prueba (se recomienda hacerlo con una aceleración de 17% y una velocidad de 2000 rpm).
- 6.- Dejar que el motor trabaje en estas condiciones durante 5 minutos para que se establezca el funcionamiento del sistema.
- 7.- Fijar la posición de aceleración al 50% y variar las rpm del dinamómetro hasta que se comience a escuchar el cascabeo del motor. Tomar las lecturas de potencia y torque mostradas en la pantalla del controlador del dinamómetro.
- 8.- Variar en incrementos de 5% la posición de aceleración y repetir el paso 7 para cada incremento, hasta llegar al 100%. Esto se debe hacer con cada mezcla de gasolina preparada.

- 9.- Al finalizar el paso de máxima aceleración disminuirla gradualmente hasta 0%, también llamado Ralentí, dejando que se estabilice el motor 5 minutos antes de apagarlo.
- 10.- Apagar bombas, ventiladores y extractores.
- 11.- Desenergizar el sistema.

A continuación se detallan los resultados obtenidos con cada mezcla al incrementar la aceleración del motor mediante el módulo controlador del dinamómetro.

NOTA:

Los resultados se registraron en unidades del sistema inglés.

1.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 80 octanos con una mezcla de:
81% de gasolina Reformada y 19% de gasolina Primaria.

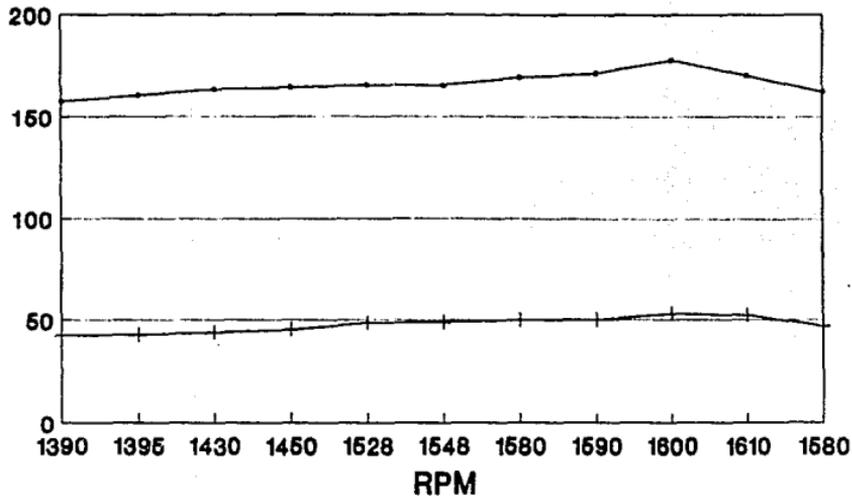
Fecha de elaboración: 13 de Enero de 1992.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1390	158	42.4
2	55	1395	161	42.6
3	60	1430	164	43.7
4	65	1450	165	45.2
5	70	1528	166	48.7
6	75	1548	166	48.9
7	80	1580	170	50.8
8	85	1590	172	51.7
9	90	1600	178	53.7
10	95	1610	171	52.4
11	100	1580	163	49.0

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.5 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 17 °C

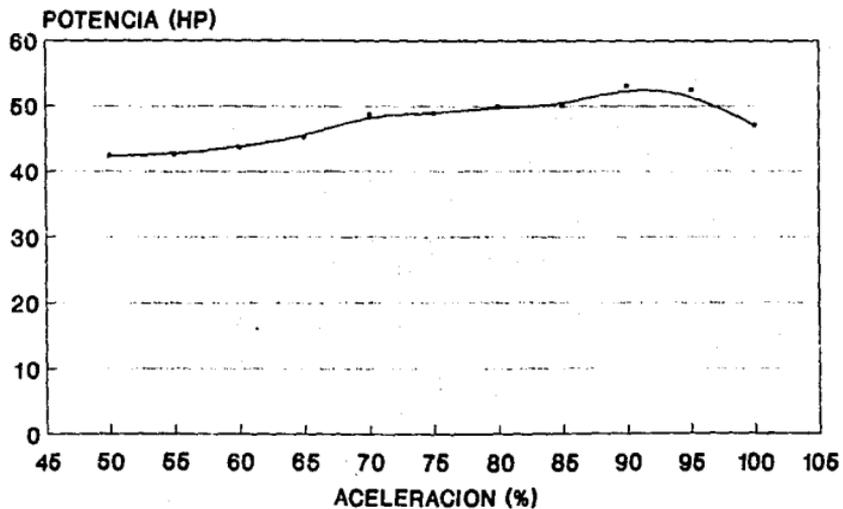
CONDICIONES DE CASCABELEO GASOLINA DE 80 OCTANOS



—●— TORQUE (ft-lb) —+— POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 81% DE GASOLINA REFORMADA Y 19% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 81% REFORMADA Y 19% PRIMARIA.

2.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 78 octanos con una mezcla de: 72% de gasolina Reformada y 28% de gasolina Primaria.

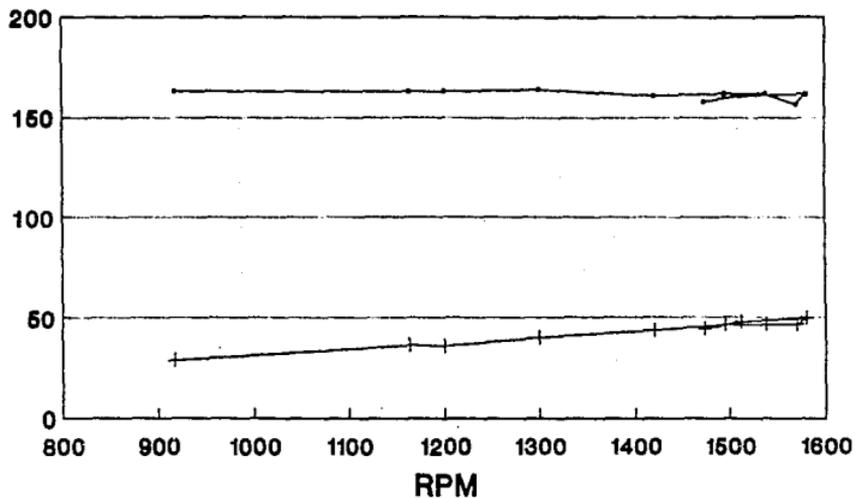
Fecha de elaboración: 15 de Enero de 1962.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	917	153	28.6
2	55	1163	153	36.2
3	60	1200	163	38.9
4	65	1300	164	40.0
5	70	1420	161	43.5
6	75	1495	162	46.3
7	80	1538	162	47.0
8	85	1570	157	46.9
9	90	1580	162	48.7
10	95	1512	161	46.1
11	100	1473	158	44.2

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.5 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 17 °C

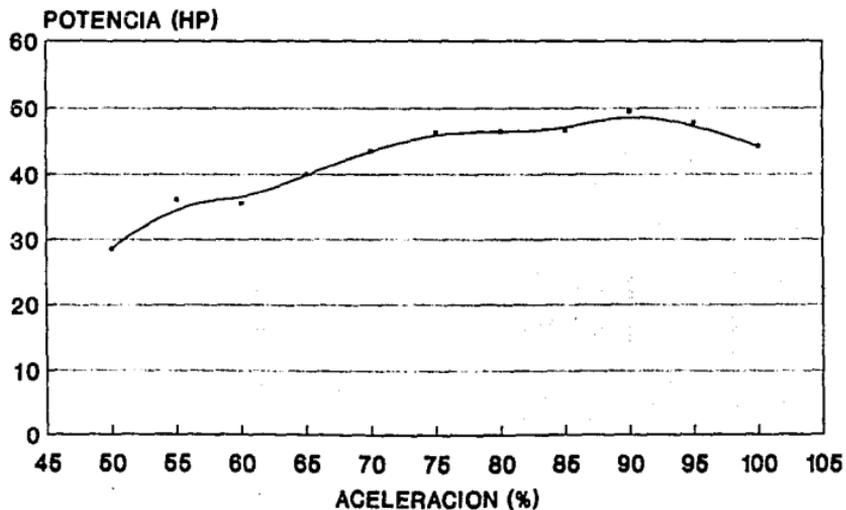
CONDICIONES DE CASCABELEO GASOLINA DE 78 OCTANOS



— TORQUE (ft-lb) + POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 72% DE GASOLINA REFORMADA Y 28% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 72% REFORMADA Y 28% PRIMARIA.

3.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 82 octanos con una mezcla de: 82% de gasolina Reformada y 18% de gasolina Primaria.

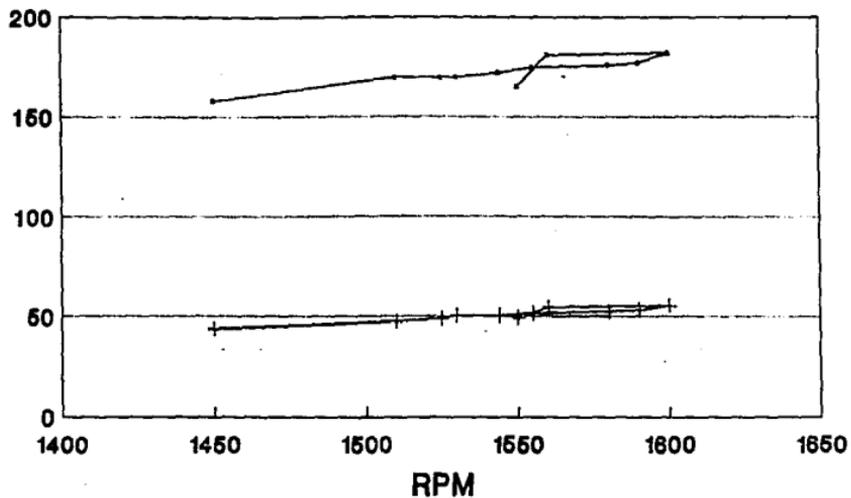
Fecha de elaboración: 16 de Enero de 1992.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1450	158	43.9
2	55	1510	170	48.5
3	60	1525	170	49.0
4	65	1530	170	50.3
5	70	1544	172	50.4
6	75	1555	175	51.5
7	80	1580	176	52.5
8	85	1590	177	53.0
9	90	1600	182	55.0
10	95	1560	181	54.4
11	100	1550	165	49.0

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.4 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 15 °C

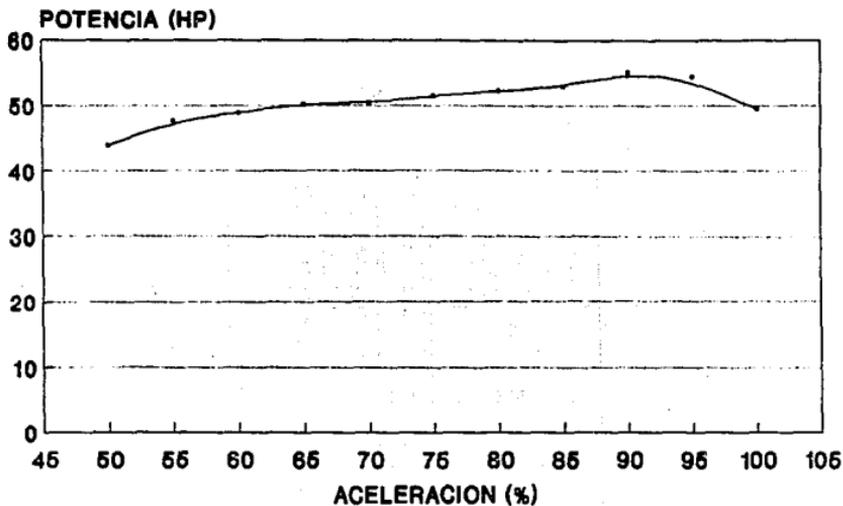
CONDICIONES DE CASCABEO GASOLINA DE 82 OCTANOS



—•— TORQUE (ft-lb) —+— POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 82% DE GASOLINA REFORMADA Y 18% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 82% REFORMADA Y 18% PRIMARIA.

4.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 80 octanos con una mezcla de: 62% de gasolina Catalitica y 38% de gasolina Primaria.

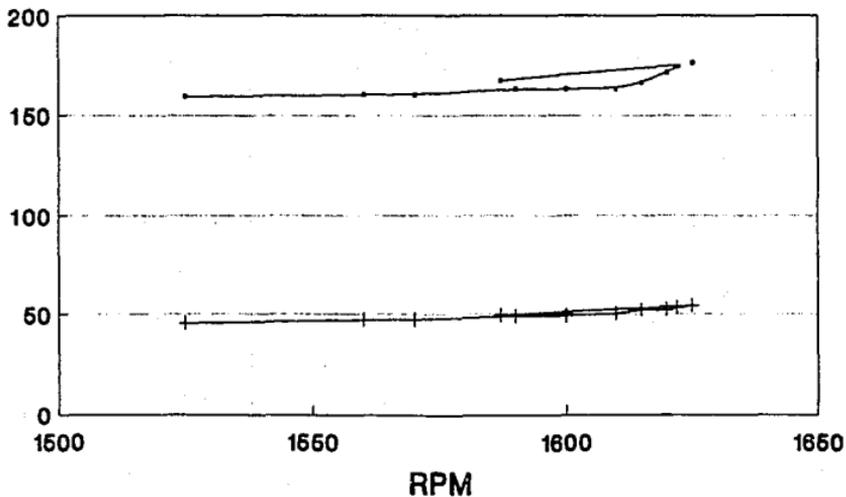
Fecha de elaboración: 16 de Enero de 1992.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1525	159	45.6
2	55	1560	160	47.2
3	60	1570	160	47.5
4	65	1590	163	49.2
5	70	1600	163	49.3
6	75	1610	163	50.2
7	80	1615	166	51.7
8	85	1620	171	52.3
9	90	1622	174	53.5
10	95	1625	176	54.4
11	100	1587	167	50.0

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.4 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 15 °C

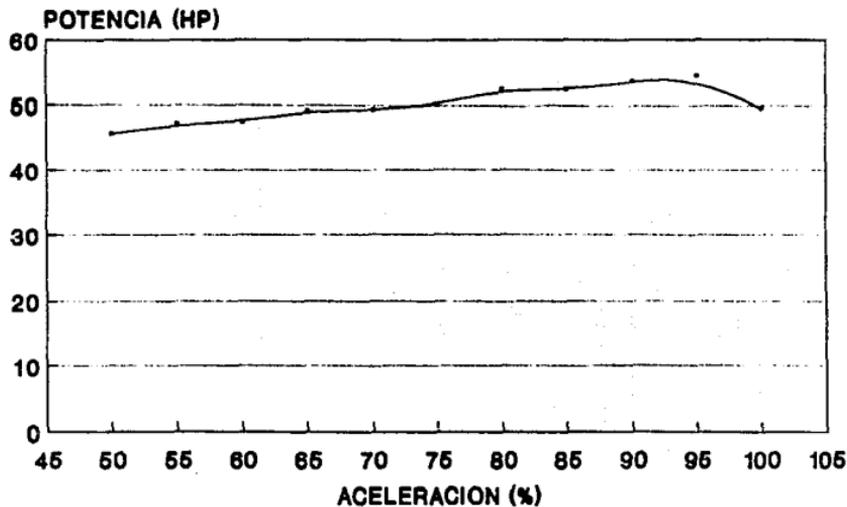
CONDICIONES DE CASCABELEO GASOLINA DE 80 OCTANOS



— TORQUE (ft-lb) + POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 62% DE GASOLINA CATALITICA Y 38% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



MEZCLA DE 62% CATALITICA Y 38% PRIMARIA.

5.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 78 octanos con una mezcla de: 57% de gasolina Catalítica y 43% de gasolina Primaria.

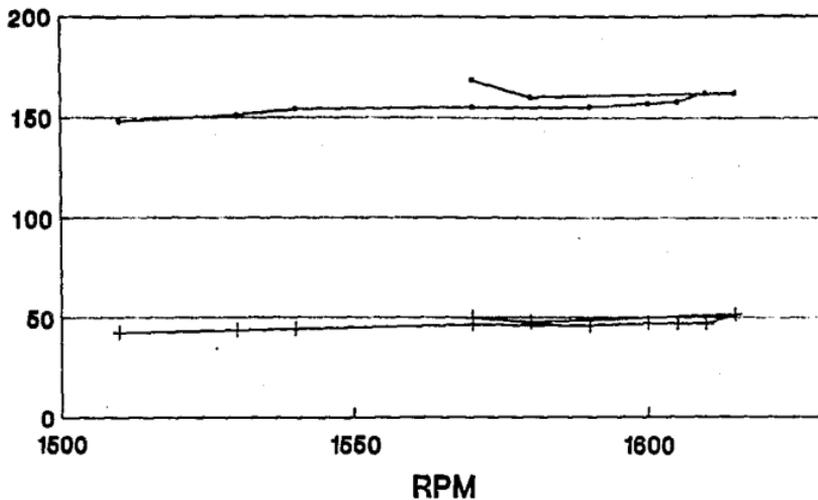
Fecha de elaboración: 20 de Enero de 1992.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1510	148	42.4
2	55	1530	151	43.7
3	60	1540	154	45.0
4	65	1570	155	46.5
5	70	1590	155	46.9
6	75	1600	157	47.8
7	80	1605	158	48.3
8	85	1610	162	49.6
9	90	1615	162	49.8
10	95	1580	160	48.0
11	100	1570	168	50.0

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.3 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 21 °C

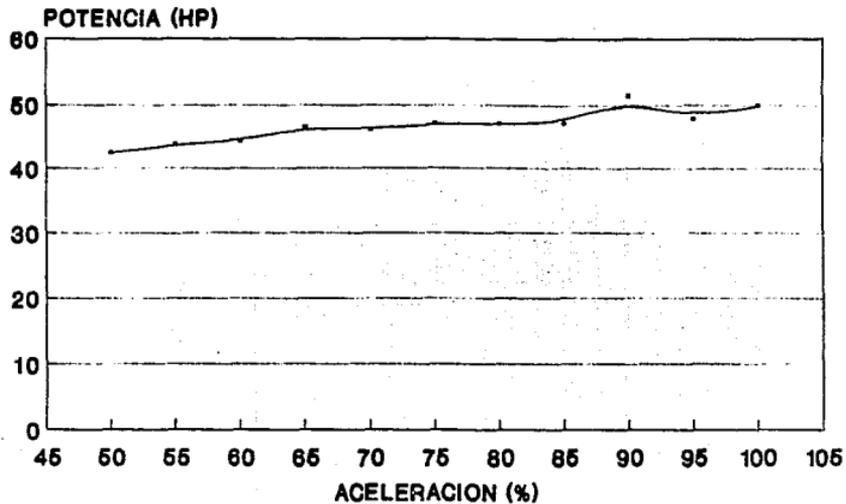
CONDICIONES DE CASCABELEO GASOLINA DE 78 OCTANOS



—•— TORQUE (ft-lb) —+— POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 57% DE GASOLINA CATALITICA Y 43% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 57% CATALITICA Y 43% PRIMARIA.

6.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 82 octanos con una mezcla de: 69% de gasolina Catalítica y 31% de gasolina Primaria.

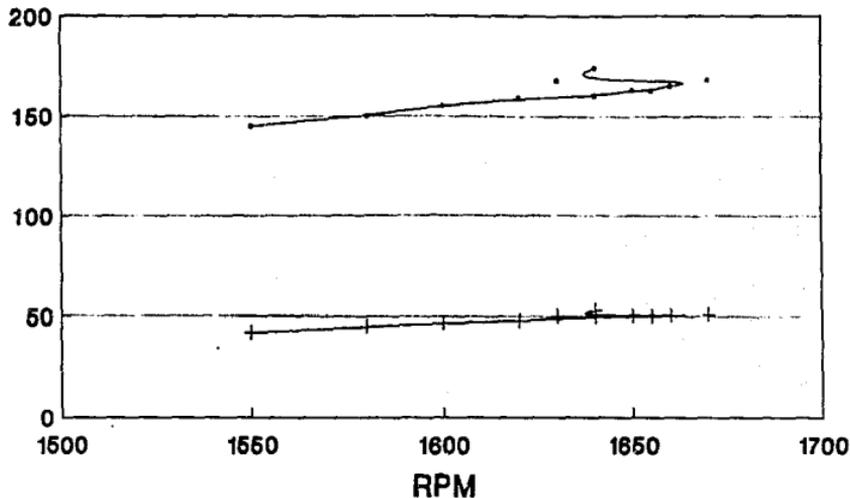
Fecha de elaboración: 20 de Enero de 1962.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1550	145	42.7
2	55	1580	150	45.0
3	60	1600	155	46.7
4	65	1620	159	48.7
5	70	1640	160	50.0
6	75	1650	163	50.8
7	80	1655	163	51.0
8	85	1660	165	52.0
9	90	1670	168	53.2
10	95	1630	168	52.0
11	100	1640	174	54.0

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.3 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 22 °C

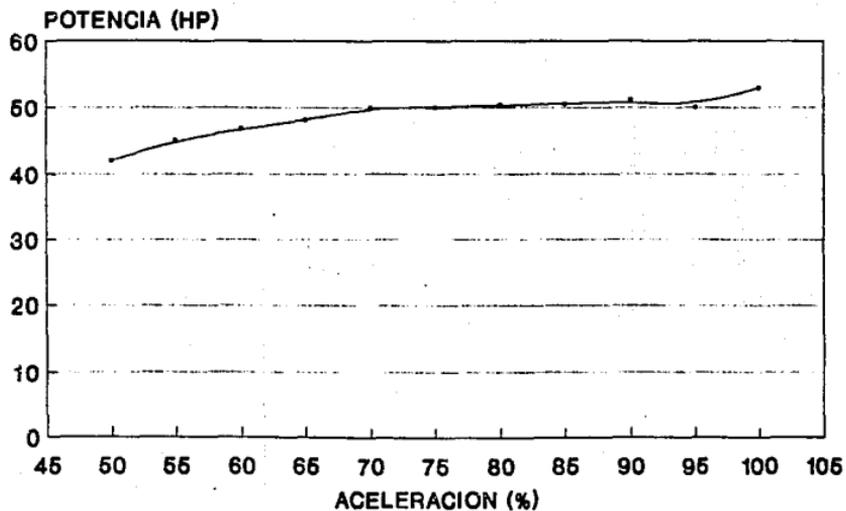
CONDICIONES DE CASCABEO GASOLINA DE 82 OCTANOS



—●— TORQUE (ft-lb) —+— POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 69% DE GASOLINA CATALITICA Y 31% DE PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 69% CATALITICA Y 31% PRIMARIA.

7.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 80 octanos con una mezcla de: 51% de gasolina Catalítica, 19% de Reformada y 30% de Primaria.

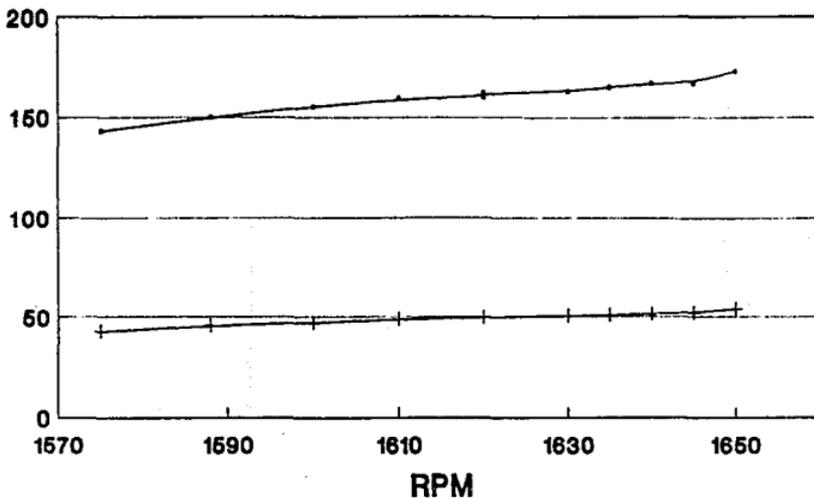
Fecha de elaboración: 22 de Enero de 1962.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1575	143	42.5
2	55	1588	150	45.5
3	60	1600	155	47.0
4	65	1610	159	48.8
5	70	1620	160	49.6
6	75	1620	162	49.8
7	80	1630	163	50.6
8	85	1635	165	50.7
9	90	1640	167	51.6
10	95	1645	167	52.0
11	100	1650	173	54.2

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.4 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 24 °C

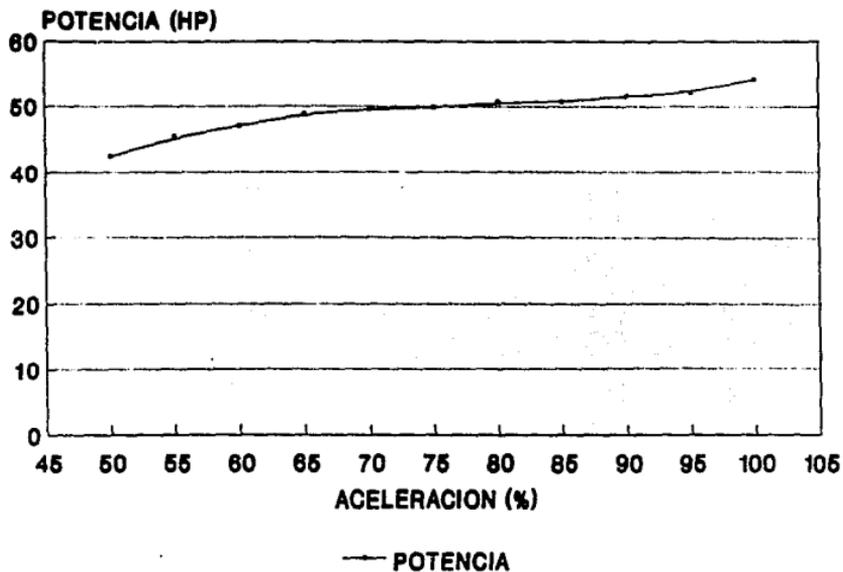
CONDICIONES DE CASCABEO GASOLINA DE 80 OCTANOS



— TORQUE (ft-lb) + POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 51% CATALITICA, 19% REFORMADA Y 30% PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



MEZCLA DE 51% CATALITICA, 19% REFORMADA Y 30% PRIMARIA.

B.- Prueba para determinar las condiciones de "cascabeleo" del motor con gasolina de 80 octanos con una mezcla de:
 36% de gasolina Catalítica, 36% de Reformada y 28% de Primaria.

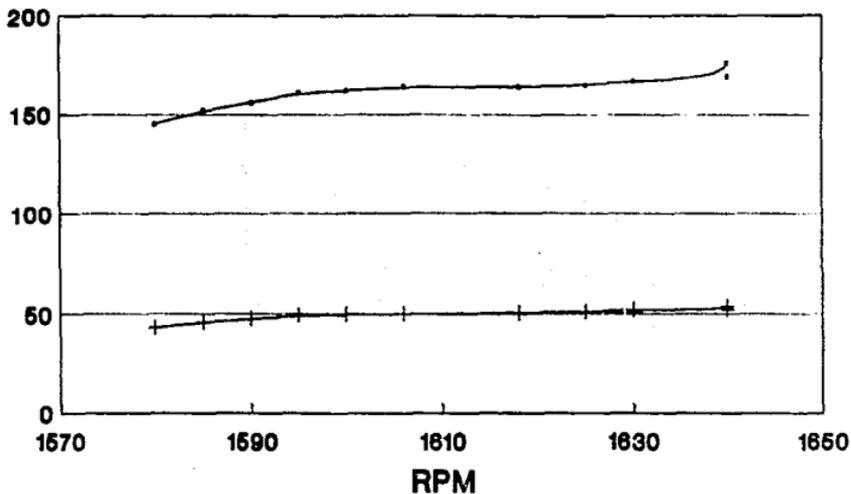
Fecha de elaboración: 22 de Enero de 1962.

Lectura No.	Aceleración (%)	RPM	Torque (lb-ft)	Potencia (HP)
1	50	1580	145	43.4
2	55	1585	152	46.0
3	60	1590	156	47.7
4	65	1595	161	49.3
5	70	1600	162	49.8
6	75	1606	164	50.0
7	80	1618	164	50.4
8	85	1625	165	51.1
9	90	1630	167	51.9
10	95	1640	169	52.2
11	100	1640	176	54.8

Condiciones del motor:

Temperatura Agua: 170 °F
 Presión de Agua: 0.2 Kg/cm²
 Presión de Aceite: 3.4 Kg/cm²
 Temperatura Ambiente: 24 °C

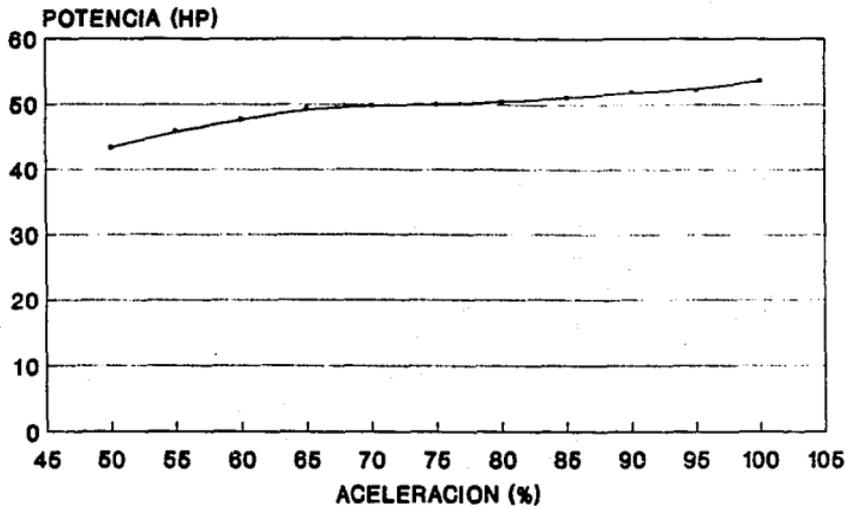
CONDICIONES DE CASCABELEO GASOLINA DE 80 OCTANOS



— TORQUE (ft-lb) + POTENCIA (HP)

MEZCLA DE 36% CATALITICA, 36% REFORMADA Y 28% PRIMARIA.

CURVA POTENCIA-ACELERACION PARA MOTOR G.M. 350.



— POTENCIA

MEZCLA DE 36% CATALITICA, 36% REFORMADA Y 28% PRIMARIA.

Conclusiones de las pruebas realizadas:

A).- En cuanto a las pruebas de consumo de combustible se puede observar que en las condiciones en las que se encontraba el motor (G.M. 350 V-8) la máxima potencia (102.9 HP) se obtuvo a las 3000 rpm con una aceleración del 90 % y un torque de 181 ft-lb.

Como era de suponerse al incrementarse la potencia se tuvo mayor consumo de combustible.

B).- En lo referente a las pruebas de índice de requerimiento de octano (CORI) se tiene lo siguiente:

- A mayor octanaje, mayor potencia y torque.
- A mayor octanaje, el cascabeleo del motor se produce a velocidades mayores. En la tabla B1 se muestran los resultados obtenidos con mezclas de gasolinas reformada y primaria a diferentes octanajes con una posición de aceleración de 75% en los tres casos.
- Con el mismo octanaje (80) y diferentes mezclas de gasolinas se obtuvieron diferentes resultados, por ejemplo, la mezcla de gasolina catalítica y primaria presenta mejores condiciones de potencia que la de reformada y primaria.
- Para mezclas iguales pero con diferente composición en porcentaje se tienen resultados promedios muy parecidos. (Ver tabla B2).

TABLA B1

OCTANAJE	78	80	82
RPM	1495	1548	1555
TORQUE	162	166	175
POTENCIA	46.3	48.9	51.5

TABLA B2

MEZCLA	R-P	C-P	C-R-P1	C-R-P2
RPM	1518	1593	1610	1610
TORQUE	167	166	162	160
POTENCIA	47.6	50.1	49.6	49.3

TORQUE EN (ft-lb).

POTENCIA EN (HP).

C = GASOLINA CATALITICA.

R = GASOLINA REFORMADA.

P = GASOLINA PRIMARIA.

T E M A V REQUERIMIENTOS DE SEGURIDAD.

CONCEPTOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL.

La seguridad es algo inherente a la industria y la inquietud por ella surge aun antes de que la instalación o producción estén en operación, esto implica desde la elección del sitio, diseño de planta y equipos.

Es por eso que la seguridad está implícita o explícitamente presente en el pensamiento y en las realizaciones de todos los técnicos, supervisores y directivos de las industrias.

Las técnicas de seguridad serán aplicadas por los técnicos de esta disciplina en un sinúmero de lugares, es decir, en todo sitio donde por causas evitables puedan producirse accidentes.

Pero de cualquier manera se pueden distinguir diversas técnicas entre las cuales mencionaremos como aplicables a toda industria las siguientes:

a).- Seguridad Personal.

Comprende el estudio e implantación de los medios y métodos de protección de los operarios en sus lugares o puestos de trabajo. Incluye protecciones de máquinas, máscaras de distintos tipos, lentes, caretas, trajes especiales, guantes, circulaciones en talleres, etc.

b).- Estudio y Estadísticas de Accidentes.

Tienen por objeto prevenir su repetición. Se buscará la causa que lo ha ocasionado, la frecuencia con que se produce y los medios para evitarlo. Incluyen además el estudio de los costos directos e indirectos de todo accidente, horas perdidas, frecuencia por secciones y operario, etc.

c).- Medicina Laboral.

Junto con el punto anterior estudia las vinculaciones ambientales en enfermedades o accidentes profesionales. Las

estrechas relaciones del cuerpo médico con la seguridad de las personas es por demás evidente.

d).- Prevención de Incendios.

Comprende la determinación de las medidas de seguridad exigibles en trabajos que impliquen riesgos de incendios.

e).- Lucha contra el Fuego.

Comprende los métodos y medios para reducir y eliminar un foco igneo de acuerdo a las características particulares de cada caso: agua, espumígenos, polvos e inertes, y sus sistemas, redes y equipos. Son las técnicas aplicadas por los cuerpos de bomberos.

f).- En los proyectos o modificaciones de plantas o talleres además de tenerse en cuenta las normas de seguridad en los diseños es conveniente que sean aprobados por los técnicos de Seguridad Industrial, verificando que se han tenido en cuenta además de las normas, toda la experiencia por ellos acumulada.

g).- Inspección de Equipos.

Tarea realizada en toda industria bajo diversas denominaciones como Inspección Técnica, Inspección de Metales, Inspección de Equipos, tiene directa vinculación con la seguridad y en última instancia su objetivo es el funcionamiento sin riesgos de los equipos e instalaciones que trabajan con productos sometidos o no a presión y temperatura, pero cuyo deterioro, rotura o mal funcionamiento implica riesgo de accidente o siniestro.

h).- Promoción y Capacitación.

Toda organización de Seguridad Industrial debe realizar constantemente y en la forma adecuada para cada caso, una labor de enseñanza y promoción entre el personal que deberá ser lo más directa y constantemente posible. De ello depende en gran parte el éxito que se tenga en la prevención de accidentes, siniestros y enfermedades profesionales.

Características de las Funciones de Seguridad Industrial.

Se mencionarán las cualidades más importantes de las funciones de Seguridad Industrial.

a).- Carácter Técnico.

La función de seguridad tiene fundamentalmente un carácter técnico.

Los ingenieros de seguridad, el personal inspectivo y de apoyo, los médicos, etc., deben tener el más alto nivel y capacitación posible entre otras cosas por razones de prestigio.

Pero además los ingenieros y demás funcionarios de seguridad deben tener firmes conocimientos de la industria a su cargo, en operación y mantenimiento, con el fin de comprender y ayudar a resolver los problemas que en todo momento se presentan, a todo nivel con los encargados de producción, reparaciones y construcción.

Es evidente que sólo una organización de seguridad tecnificada y capacitada puede ser escuchada y tomada en cuenta frente a las fuertes presiones que frecuentemente y desde luego con atendibles razones hacen otras áreas de la empresa.

Finalmente el personal de seguridad debe hacerse comprender y comprender él mismo, en cada trabajo que se realiza en la empresa, como y el por qué de cada exigencia que él impone y las maneras alternativas de realizarlo sin riesgos por parte del personal y con los equipos y herramientas con que se cuenta.

b).- Carácter Humano.

Se debe tener una idea cabal de la importancia del hombre como ser humano, cuidar su bienestar y salud.

Pero además debe tener conciencia de lo que éste significa para la empresa como capital humano y del costo enorme que implica su ausencia por accidentes o eventualmente su reemplazo.

c).- Carácter Staff.

Las funciones de seguridad son eminentemente asesoras sin

mando directo sobre el personal, capataces o supervisores.

Esto es una limitación importante pero real.

El personal de seguridad fija las condiciones y autoriza, pero no ordena, controla ni supervisa la ejecución.

Incluso, debe estar siempre preparado para dar sugerencias y recibirlas del personal de línea en las vías alternativas de realización de trabajos con los medios que se cuentan para ello y en cada caso particular.

d).- Carácter Didáctico.

Así se llama al hecho notorio de qué seguridad debe hacerse, haciendo comprender al operario las razones por las cuales se exigen determinadas condiciones para la realización de los trabajos y los riesgos en que caen él y la empresa si no se cumplen estas condiciones.

Es bueno que se tenga conciencia de la importancia de la seguridad y que se opere, mantenga y construya con seguridad. Pero es imprescindible que haya una organización que sin menoscabar esta preocupación de todos y cada uno le dé forma orgánica: tome en cuenta todos los factores, legisle, controle y juzgue en cada caso y en todo momento.

SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE DINAMOMETROS DE CORRIENTES DE EDDY.

Para prevenir que las personas sean lesionadas y los materiales dañados deben cumplirse las siguientes reglas:

1.- Instrucciones de Operación.

Todas las personas en este trabajo deben conocer y observar las instrucciones de operación. Se debe instruir al personal basándose en dichas indicaciones. El personal está obligado a seguir todas las reglas e instrucciones.

2.- Paro de Emergencia.

Si las personas o piezas son puestas en peligro debe

accionarse el botón de "Paro de Emergencia".

Debe accionarse el "Interruptor Maestro", aun bajo carga, para evitar que el personal sea dañado por partes móviles hasta donde sea posible.

3.- Equipo de Seguridad.

Todos los dispositivos de seguridad deben estar siempre en acción. A menos que se especifique otra cosa, estas piezas deben ser revisadas una vez por mes para su correcto funcionamiento.

4.- Dispositivos de Seguridad.

Todos los dispositivos de seguridad deben instalarse correctamente. No deben quitarse excepto cuando se le haga servicio y mantenimiento al dinamómetro.

5.- Area de Trabajo y Zona Riesgosa.

No se debe entrar al área de trabajo mientras esté en funcionamiento el sistema de prueba. se debe respetar la zona marcada como riesgosa por líneas de color o por señalizaciones para evitar accidentes.

Asegurarse previamente a la conexión del interruptor maestro y el control de voltaje que nadie esté dentro del área de trabajo del banco de pruebas. Es especialmente peligroso tocar piezas en el área del motor de prueba.

6.- Personal.

El trabajo preparatorio, la operación y los trabajos de servicio y mantenimiento deben ser realizados solamente por personal calificado, cumpliendo con todas las instrucciones de seguridad.

7.- Trabajo Preparatorio.

El operador es responsable de llevar a cabo de manera cuidadosa y completa todo el trabajo preparatorio y de ajuste.

Previamente a cada prueba el motor y los correspondientes elementos deben ser fijados con seguridad. esto es de especial

importancia para asegurar todas las piezas, de manera que no se safen o separen.

8. - Prueba.

Durante la prueba el motor no debe tocarse. Si llegara a ser necesario intervenir el motor durante la prueba la responsabilidad de este procedimiento recae sólomente en el operador.

No deben excederse los datos técnicos establecidos en las instrucciones de operación. El motor de prueba no debe exceder la carga establecida.

9. - Mantenimiento y Reparación.

Antes de comenzar el trabajo tomar las medidas adecuadas para prevenir que las partes del banco de pruebas sean encendidas de manera accidental, o que las líneas de abastecimiento sean abortas.

Los elementos móviles de la máquina los cuales pudieran iniciar su movimiento durante el proceso de mantenimiento deben ser bloqueados mecánicamente.

Deben observarse los intervalos de mantenimiento que se mencionan en las instrucciones de operación.

Desenergizar el sistema antes de trabajar en el equipo eléctrico, especialmente antes de abrir las puertas del gabinete de control y la consola o la cubierta de la máquina.

10. - Ventilación.

La cámara de pruebas y el gabinete de instrumentos deben estar ventilados para extraer gases y vapores (como se mencionó en el Tema III).

11. - Humedad.

Todas las partes del equipo eléctrico deben estar protegidas contra la humedad.

12. - El fumar, las flamas abiertas y el trabajo de soldadura están prohibidos en el área de pruebas.

13.- Componentes bajo Riesgo.

Asegúrese que los cables y los tubos flexibles de las unidades móviles no estén dañados.

14.- Previamente a las operaciones deben quitarse todos los dispositivos de seguridad para transportación.

15.- Condiciones de Balanceo.

Las piezas de conexión manufacturadas, tales como discos intermedios, volantes de motor, engranajes del arrancador, etc., deben ser balanceados como se indica en la Norma ISO 1940 (Calidad de Balanceo Mínimo G 6.3).

Las desviaciones radial y axial de los centros no deben exceder el 0.01% de su diámetro externo. Cuando se sujetan estas piezas a la brida de acoplamiento del dinamómetro observe que las desviaciones no estén adicionadas una a la otra.

16.- Suministro del Agua de Enfriamiento del Dinamómetro.

La máxima presión del agua admisible en el frente del dinamómetro es de 4 bar, la cual no debe ser excedida.

Debe suministrarse al dinamómetro una cantidad adecuada de agua para el enfriamiento.

17.- Flecha de Conexión.

Para conectar el motor de prueba con el dinamómetro deben usarse solamente acoplamientos "doble cardán" o flechas de acoplamiento de doble cardán. (La calidad de balanceo mínimo es G 6.3 según la Norma ISO 1940).

Cuando se conecta el motor de prueba, no debe excederse el desplazamiento máximo admisible del eje del acoplamiento de conexión o de la flecha de conexión. Esto debe ser orientado en un desplazamiento del eje de cero.

Tomar en cuenta los valores máximos de velocidad y torque. La velocidad rotacional máxima depende del peso del acoplamiento fijado o de la flecha de acoplamiento.

La flecha de conexión siempre debe estar cubierta por una guarda de flecha.

Conexión del Motor de Prueba al Circuito de Seguridad.

El motor de prueba siempre debe estar conectado por medio de una caja de relevadores con el amplificador de potencia por medio de un cable.

El comando de interrupción del motor de prueba está dado por un contacto de sobrecarga libre de potencial.

Capacidad de carga de los contactos de seguridad:

V max: 24 volts I max: 20 A

En caso de fallas el contacto debe interrumpir el circuito de ignición primario del motor a gasolina.

El motor de pruebas también debe ser parado en los siguientes casos:

- a). - Si la flecha conductora está rota.
- b). - En las siguientes fallas del dinamómetro:
 - Falla de potencia.
 - Falla en el agua de enfriamiento.
 - Exceso en la temperatura máxima del agua de enfriamiento.
 - Caída de la presión mínima fijada del regulador de flujo.
 - Exceso de la velocidad máxima fijada.

Dispositivos de Seguridad para el Transporte de los Soportes Flexibles y la Celda de Carga.

Para evitar daños durante el envío y la descarga, los soportes flexibles y la celda de carga están provistos de dispositivos de seguridad.

Antes del procedimiento de operación los dispositivos de seguridad de los soportes flexibles (ver fig. V.1) necesitan quitarse y la celda de carga ser reinstalada en la estructura del dinamómetro.

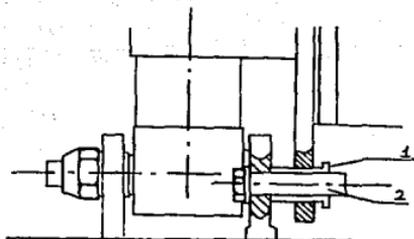


FIGURA V.1 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DE SOPORTES FLEXIBLES.

Los cuatro soportes flexibles están restringidos por bujes (1) que necesitan ser desatornillados. No quite los tornillos (2) de la posición que guardan en la placa de sujeción.

Dispositivos de seguridad de la celda de carga (ver figura 2)

- Aflojar tornillos (1).
- Remover la arandela ranurada (2).
- Apretar tornillos con un torquímetro (23 Nm). Girar las tuercas (3) y apretar a un torque de (50 Nm), mientras que se aprieta el elemento de resorte transversal (5) con una llave española.
- Apretar las tuercas (4) también a un torque de 50 Nm.

Los soportes flexibles y el sistema de medición de fuerza estarán libres de esfuerzos internos previo al procedimiento de operación. El dinamómetro de corrientes de Eddy debe revisarse para no tener lecturas imprecisas y debe ajustarse si es necesario. (Ver fig. V.2).

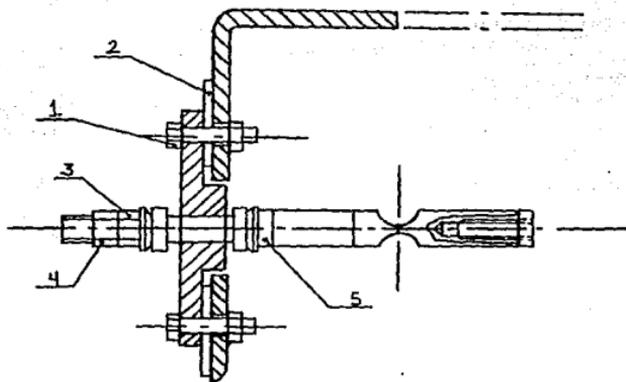


FIGURA V.2 DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD DE LA CELDA DE CARGA.

Protección contra Fallas del Agua y Exceso de Temperatura.

Para circuitos de enfriamiento cerrados está instalado un controlador de flujo de agua en la salida, el cual cierra el circuito con un adecuado flujo de agua.

La temperatura de salida está controlada por un interruptor térmico rodeado de agua localizado en el tubo de salida de agua fuera de la estructura del dinamómetro.

Tan pronto como disminuya el flujo de agua a través del dinamómetro o la temperatura de salida exceda los $65-70^{\circ}\text{C}$ (160°F) la excitación del dinamómetro será interrumpida. Simultáneamente el motor de prueba será apagado automáticamente si las terminales del circuito de seguridad están conectadas.

El contador de presión en el tubo de extracción del agua de enfriamiento no debe ser mayor que la diferencia entre la presión máxima de operación de 4 bars en el tubo de suministro de agua de enfriamiento y la caída de presión P dentro del dinamómetro y el

controlador de flujo en el rango de temperatura ΔT entre la salida del agua y la temperatura de entrada de agua.

No debe existir vibración hidráulica en la línea de suministro de agua.

El dinamómetro de corrientes de Eddy nunca deberá operar sin flujo de agua. El calor creado por la circulación de aire debe ser absorbido.

Una válvula evacuadora está montada en la cámara distribuidora de salida de agua, la cual automáticamente lleva el aire fuera del sistema de enfriamiento para evitar cualquier zona caliente. (Ver fig. V.3).

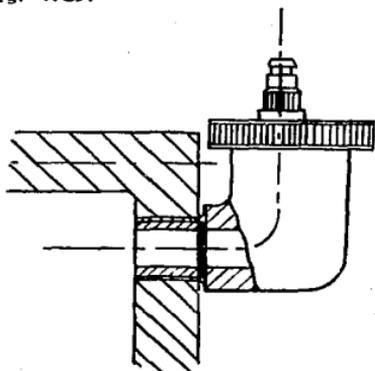


FIGURA V.3 VALVULA EVACUADORA.

Reglas para Prevenir el Daño de la Electricidad Estática.

(7. Requerimientos Básicos).

1.- Los componentes semiconductores y las tabletas de circuitos impresos equipadas con tales componentes deben ser manejados, procesados o probados en un lugar de trabajo, el cual debe estar protegido contra la electricidad estática.

2.- Utilizar pulseras de tierra antes de manejar cualquier tableta P.C. o componentes con el fin de descargar la electricidad estática.

3.- Usar sólo cautines de bajo voltaje y alta resistencia y dispositivos de succión antiestáticos.

4.- Debe usarse sólo equipo antiestático para transportar y almacenar componentes semiconductores, y tabletas P.C. en las cuales deben ser instalados.

5.- Los componentes semiconductores y las tabletas P.C. deben ser guardadas siempre en el empaque original.

6.- Evitar tocar las conexiones de los componentes, las tabletas P.C. y el circuito guía.

7.- Desconectar siempre la alimentación principal antes de cambiar las tabletas P.C.

T E M A VI MANTENIMIENTO.

INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA DEL BANCO DE PRUEBAS.

1.- Limpieza antes del procedimiento de operación.

1.1.- Debe ser limpiado el exterior de la instalación (si se requiere) usando una tela suave o un limpiador de lana, para quitar las capas anticorrosivas en las caras deslizantes, vías de deslizamiento, etc., y así poder proceder con limpiadores de máquinas.

Se debe tener cuidado de que los limpiadores no penetren en los rodamientos.

2.- Limpieza para mantenimiento de la confiabilidad operacional.

La limpieza del banco de pruebas es uno de los requerimientos básicos para su correcto funcionamiento y larga vida.

Los limpiadores de máquinas deben usarse en caso de contaminación más severa.

Está estrictamente prohibido el uso de lo siguiente:

-Cepillos de acero o herramientas similares las cuales dañan las superficies brillantes o barnizadas.

-Aire comprimido, chorros de vapor, chorros de agua y agentes químicos, ya que partículas de polvo, vapor o agua penetran de igual forma dentro de los sellos, vías de deslizamiento, cubiertas y rodamientos. Los agentes químicos descomponen el lubricante y atacan la capa de barniz.

En otras palabras, la limpieza inapropiada puede conducir al mal funcionamiento, deterioro y hasta producir fallas prematuras del banco de pruebas.

3.- Recomendaciones de limpieza para componentes del banco de pruebas.

3.1.- Las partes lubricadas tales como cadenas, ejes, flechas

ranuradas, ruedas dentadas, etc., deben ser limpiadas con petróleo.

3.2.- Los rodillos con superficies rugosas deben estar libres de polvo para mantener el coeficiente de fricción.

3.3.- Las superficies de transmisión de señal de transductores sin contacto e interruptores próximos deben ser limpiadas regularmente.

Las instrucciones generales anteriores deben aplicarse de acuerdo al diseño, uso y ubicación del banco de pruebas.

LIMPIEZA DEL DINAMOMETRO DE CORRIENTES DE EDDY.

1.- Limpiar el sistema de enfriamiento del dinamómetro con un compuesto limpiador de calderas a intervalos regulares. Dicho compuesto debe contener agentes preventivos para partes metálicas.

Los intervalos de tiempo dependen de la calidad del agua disponible y las temperaturas de salida del agua. Si el agua es extremadamente dura y las temperaturas de salida exceden los 55 °C (122 °F) se recomienda limpiar el sistema cada 500 horas de operación.

2.- Entre otros, los siguientes compuestos limpiadores de caldera son adecuados:

LITHAX-A

ACITOL-S

Si se usan compuestos de limpieza de caldera diferentes se recomienda preguntar por una certificación del fabricante estableciendo el material compatible con superficies de bronce y acero niquelado.

Para el mantenimiento y remoción de óxidos se utiliza una bomba de descalcificación la cual se describe a continuación:

Bomba de Descalcificación.

Las bombas son usadas junto con sus solventes para descalcificación y remoción de óxidos de agua en sistemas de tubería, tales como condensadores, intercambiadores de calor y bobinas de circulación.

Los componentes de este tipo de bomba son:

- a). - Motor.
- b). - Cable de conexión.
- c). - Interruptor con protección de sobrecarga.
- d). - Apertura para llenado.
- e). - Tanque del solvente.
- f). - Solvente.
- g). - Filtro de succión.
- h). - Flujo de retorno.
- i). - Flujo de succión.
- j). - Sistema de tubería.

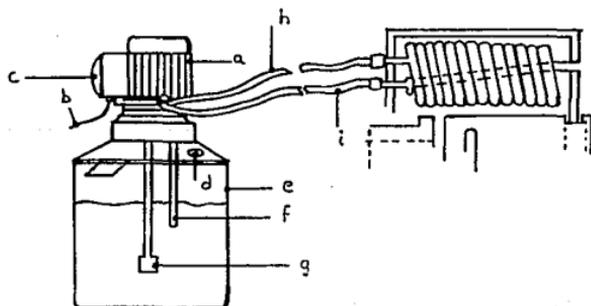


FIGURA VI.1 BOMBA DE DESCALCIFICACION.

Datos Técnicos de un Tipo de Bomba de Descalcificación.

- Bomba	Tipo EKP 30-S2W
- Suministro de energía.	220 V/50 Hz/0.25 KW
- Sistema de protección de sobrecarga y contactor centrifugo.	
- Altura máxima de bombeo.	10 m
- Entrega máxima.	60 lt/mín
- Velocidad.	2800 rpm
- Capacidad del tanque.	27 lt
- No es afectada por cambios de temperatura hasta de 60°C.	
- Peso desempaçada.	10.5 Kg
- Diámetro máximo.	385 mm
- Altura.	630 mm
- Manguera de conexión.	R 3/4"

Conexión de la bomba de descalcificación a la línea (ver fig. VI.2).

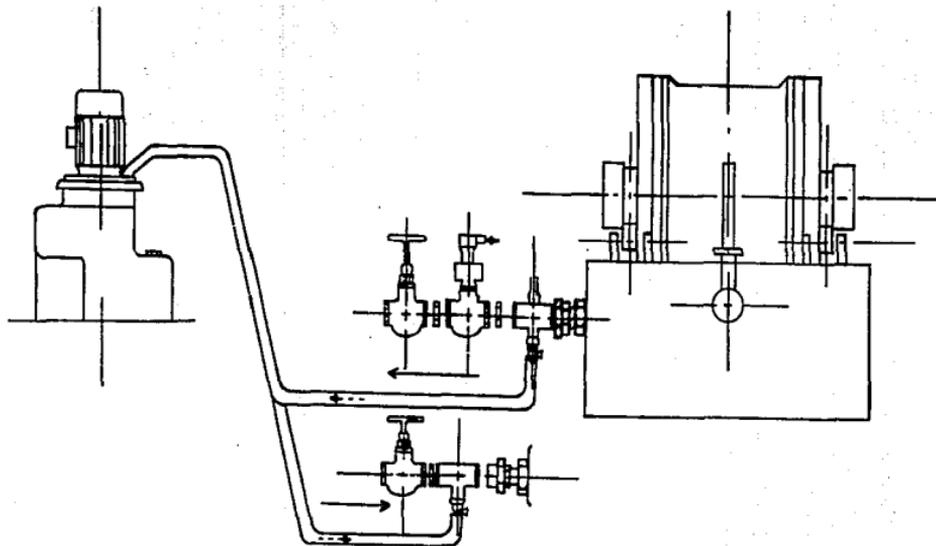


FIGURA VI.2 CONEXION DE LA BOMBA DE DESCALCIFICACION A LA LINEA DE ALIMENTACION DE AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Procedimiento de Limpieza con Bomba de Descalcificación.

- 1.- Cerrar las llaves de paso de las líneas de abastecimiento y descarga.
- 2.- Abrir las llaves de drenado de modo que el agua dentro de la envoltura de enfriamiento y los tubos se descarguen.
- 3.- Conectar la bomba de descalcificación por medio de llaves de drenado a la línea de suministro y descarga.
- 4.- Vaciar lentamente el componente limpiador de caldera en la concentración especificada y con la temperatura también especificada (tabla VI.1) dentro del recipiente de la bomba de descalcificación.
- 5.- Fijar el contacto de suministro de energía a la corriente alterna de 220 V del motor de arranque de la bomba; el componente limpiador circulará a través del dinamómetro y la línea.
- 6.- El proceso de descalcificación debe terminarse en 20 minutos aproximadamente. Puede verse una formación de burbujas en el recipiente y en el retorno de flujo. Tan pronto como esto termine, el depósito se disolverá o la solución se consumirá. Si es necesario, este procedimiento debe repetirse.
- 7.- Apagado el motor de la bomba, quite la manguera de la línea de suministro y permita que la solución regrese al recipiente. No deben dejarse componentes en el dinamómetro ni en la línea.
- 8.- Cerrar las llaves de drenado, abrir las llaves de paso y lavar con agua a presión el dinamómetro y los tubos de conexión.
- 9.- Repetir el procedimiento con un 5% de solución de sosa. La neutralización debe hacerse en 15 minutos aproximadamente.

10.- Quitar las mangueras de las llaves de drenado, cerrarlas y abrir las llaves de paso.

Después de este procedimiento el dinamómetro está listo para usarse.

Acitol S (removedor de óxido).

Aplicación:

El acitol S es un agente ácido mineral para eliminación de óxido y cal. El inhibidor incorporado protege al acero, acero inoxidable, cobre y latón.

No debe usarse en sistemas con partes de aluminio, en este caso debe usarse el acitol Al. Para sistemas con partes galvanizadas usar solamente acitol Z.

Propiedades.

El acitol S es de color amarillo claro, líquido de baja viscosidad, contiene ácido mineral, inhibidores corrosivos, dispersantes y agentes húmedos.

Valor de PH: 0

Gravedad específica: 1.14 g/cm³ a 20 °C.

Punto de congelación: -15 °C

TABLA VI.1.- APLICACION DE LA CONCENTRACION DE ACITOL S.

Material	Acero	Cobre	Fundición de hierro gris.
Concentración	20 %	20 %	10 %
Temperatura	Max. 50°C	Max. 50°C	Max. 25°C
Tiempo	Max. 8 hr.	Max. 8 hr.	Max. 8 hr.

Métodos de uso:

Los dispersantes y agentes húmedos contenidos en el acitol S permiten una penetración más efectiva bajo los depósitos que serán removidos, en relación con la acción limpiadora. El acitol S también emulsifica cualquier lubricante con demasiada grasa contenido en el depósito y dispersa de manera efectiva cualquier material ácido insoluble.

Este agente es usado a una concentración del 20% (20 Kg de acitol y 80 lt de agua). La máxima temperatura de trabajo es de 50 °C. El solvente se hace circular con la bomba de descalcificación, la limpieza también puede hacerse con la operación de la bomba de abastecimiento general de agua.

El trabajo de limpieza puede ser controlado por la determinación del PH de la solución limpiadora. Si el valor de PH es constante inferior a 0.8 la disolución de los depósitos estará terminada.

Si el PH es mayor que 0.8 emplear la solución limpiadora otra vez con acitol S. Después de la limpieza el sistema debe ser lavado completamente con agua limpia y neutralizado con neutrilin.

Si se desea una pasivación de las superficies de acero limpiado o fundición de hierro gris, el sistema debe ser tratado por una hora a 50 °C con un 5% de solución de acitol.

Cuando se maneje acitol S deben seguirse las reglas locales de protección, por ejemplo, el uso de ropa adecuada, guantes de hule y lentes. El área de trabajo debe estar ventilada y las flamas deben evitarse para prevenir una posible explosión.

Desecho de Soluciones Limpiadoras.

Cuando se descarguen al drenaje soluciones que contengan acitol S deben observarse las normas locales.

Con el fin de neutralizar un 20% de la solución de trabajo de acitol S se requieren de 2 a 5 lt de salmuera.

La concentración se basa en la gravedad específica (ver tabla VI.2).

TABLA VI.2.- GRAVEDAD ESPECIFICA DEL ACITOL S.

Concentración en peso	Gravedad específica g/cm^3
10 %	1.012
15 %	1.016
20 %	1.022
25 %	1.028
30 %	1.034

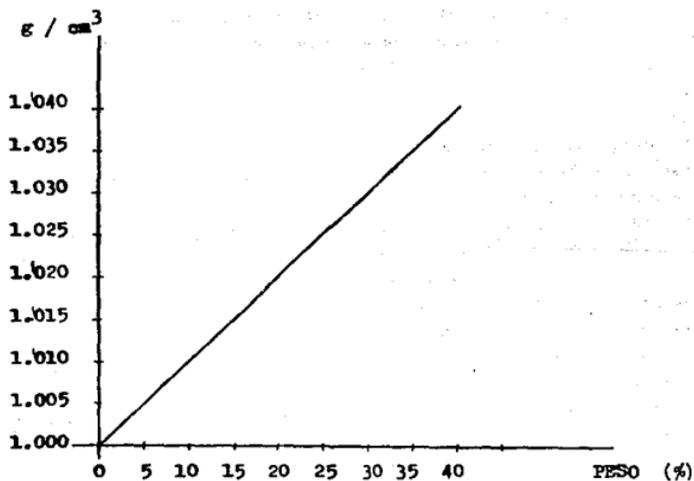


FIGURA VI.3 CONCENTRACION DE ACITOL S CONTRA GRAVEDAD ESPECIFICA.

Neutralización de Removedores de Oxido.

El agua de desperdicio aun siendo descargada dentro del alcantarillado público y no directamente a la tierra o aguas superficiales, no debe tener materiales adicionales que pudieran contener plomo o cualquier contaminante dañino al medio ambiente.

Con el fin de cumplir con estos requerimientos, la solución ácida en los tanques de los sistemas de circulación de agua es mezclada con una neutralización alcalina (base fuerte), que es constantemente agitada. La cantidad de neutralización alcalina necesaria se establece en la información del producto específico.

La solución se considera neutralizada una vez que este valor de PH se estabiliza entre 8 y 9. Es necesario que el valor de PH sea revisado en cada ocasión antes del drenado de cada solución.

Al igual que con el acitol S cuando se trabaje con neutralización alcalina deben observarse las normas locales.

Neutrilin.

El neutrilin es un agente de neutralización alcalina para tratamientos posteriores de sistemas de agua después de la limpieza química ácida.

El neutrilin es un líquido incoloro de baja viscosidad.

PH: 10.1 ± 0.1

Densidad: $1.1 \pm 0.01 \text{ g/cm}^3$.

Después de la limpieza química ácida las partes instaladas y los sistemas de agua, se deben enjuagar completamente con agua dulce, para remover la solución limpiadora. El PH del agua después de enjuagada debe ser mayor que 8.

Cuando se use acitol S, el contenido de cloro debe ser medido como complemento. El contenido de cloro después del enjuague con agua limpia debe ser menor de 100 g/m^3 .

Para la neutralización del eventual ácido residual el sistema debe ser enjuagado en procesos de circulación por un máximo de 48 horas con un 2 a 4 % de solución de neutrilin. Entonces el sistema debe ser drenado y si es necesario enjuagado otra vez.

Los componentes contenidos en el neutrilin producen una neutralización confiable del ácido residual en las superficies metálicas. El neutrilin también tiene un efecto limpiador.

Después de la limpieza química del ácido frecuentemente permanecen partículas sueltas. Debido al alto poder de suspensión del neutrilin esas partículas son suspendidas y enjuagadas posteriormente.

Por lo tanto, el neutrilin puede ser usado para la neutralización y limpieza del sistema, operado con agentes anticongelantes basados en glicol, donde el anticongelante mezclado se descompone en ácido orgánico (PH inferior a 7).

INSTRUCCIONES DE LUBRICACION PARA DINAMOMETROS DE CORRIENTES DE EDDY.

a).- Cojinetes del Rotor.

Lubricante: Grasa de alta calidad

¡Importante!

Usar exclusivamente este lubricante para la primera lubricación o relubricación sin excepción, ya que los cojinetes del rotor son operados a velocidades considerablemente altas.

Relubricación.

Para la relubricación de los cojinetes del rotor se dispone de dos niples en el dinamómetro.

TABLA VI.3 DATOS DE LUBRICACION

Cantidad de grasa por punto de lubricación.	Intervalo de lubricación.
E2-330 = 6 gramos.	1000 horas de operación; al menos cada tres meses.

Durante la relubricación, gire el rotor del dinamómetro lentamente.

Para la relubricación de los cojinetes deben seguirse los siguientes tiempos de asentamiento:

10 minutos al 25% de la velocidad máxima.

30 minutos al 50% de la velocidad máxima.

20 minutos paso a paso desde el 50% al 100% de la velocidad máxima.

Primera Lubricación Después de Cambiar los Cojinetes del Rotor.

La limpieza de los cojinetes debe ser con petróleo no debe utilizarse aire comprimido. Los cojinetes defectuosos deben reemplazarse por nuevos.

Llenar los espacios vacíos en los cojinetes hasta el 70% con grasa. Presione la grasa en el cojinete.

Llenar los espacios huecos, las cavidades anulares y hacer la relubricación de los agujeros barrenados adyacentes a los cojinetes también con grasa.

Los tiempos de asentamiento son especificados en la tabla VI.3. Se recomienda controlar las temperaturas de los cojinetes por medio de dos sensores de temperatura que se introducen en los barrenos provistos para este propósito. Tan pronto como el lubricante haya sido distribuido la temperatura del rodamiento será estabilizada generalmente a 60 °C.

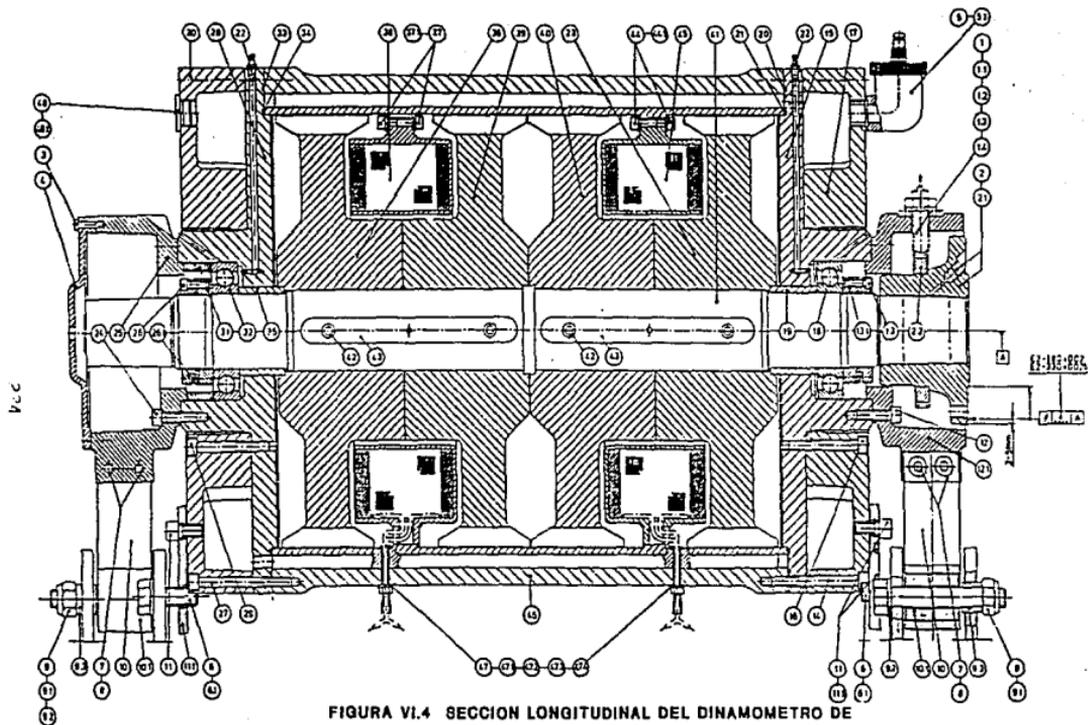
b). -Cojinetes Antifricción.

Lubricación de estos cojinetes en el soporte.

Lubricante: Grasa de alta calidad

Esos cojinetes antifricción los cuales se utilizan en movimientos reciprocantes exclusivamente deben ser desmontados y limpiados en petróleo en un periodo de operación medio de 5000 hr dependiendo de la respuesta de las condiciones de operación.

Los cojinetes desengrasados no deben ser limpiados con aire comprimido. Los cojinetes defectuosos deben ser reemplazados por nuevos.



**FIGURA VI.4 SECCION LONGITUDINAL DEL DINAMOMETRO DE
CORRIENTES DE EDDY VERSION DE DOS ROTORES.**

(Fig. VI.4 tomada de Eddy Current Dynamometer Service
Training PRL, Schenck).

Lista de partes.

- 1.- Tuerca.
- 1.1.- Arandela.
- 1.2.- Tornillo avellanado.
- 1.3.- Soporte transductor.
- 1.4.- Transductor de pulso.
- 2.- Tapón.
- MM 2.1.- Brida de acoplamiento.
- 2.2.- Rueda de 60 polos.
- 3.- Tornillo para llave Allen.
- 4.- Cubierta.
- 5.- Llave de purga automática.
- 5.1.- Anillo sellador.
- 6.- Perno hexagonal.
- 6.1.- Arandela.
- 7.- Tornillo para llave Allen.
- 8.- Elemento de fijación.
- o 9.- Tuerca.
- 9.1.- Perno hexagonal.
- 9.2.- Arandela.
- 9.3.- Buje.
- 10.- Soporte flexible.
- 10.1.- Manguito.
- 11.- Tornillo para llave Allen.
- 11.1.- Placa posicionadora.
- 12.- Tornillo para llave Allen.
- 12.1.- Portador del soporte flexible R.
- o 13.- Tornillo para llave Allen.
- M 13.1.- Tuerca de ajuste.
- 14.- Tornillo para llave Allen.
- MM 15.- Placa del cojinete R.
- 16.- Tornillo para llave Allen.
- 17.- Cubierta del distribuidor R.
(salida de agua).

- * 18.- Cojinete de bolas de cavidad profunda LL.
- 19.- Buje del cojinete móvil.
- 20.- O-ring.
- 21.- O-ring.
- 22.- Graseira.
- MM 23.- Rotor R.
- 24.- Tornillo para llave Allen de tapa.
- 25.- Portador del soporte flexible L.
- o 26.- Tornillo para llave Allen.
- * 26.1.- Tuerca de ajuste.
- 27.- Tornillo para llave Allen.
- MM 28.- Placa del cojinete L.
- 29.- Tornillo para llave Allen de tapa.
- 30.- Cubierta del distribuidor L. (Entrada de agua).
- 31.- Manguito espaciador.
- 32.- Cojinete de bolas de cavidad profunda FL.
- 33.- O-ring.
- 34.- O-ring.
- 35.- Buje del cojinete fijo.
- 36.- Rotor L.
- 37.- Tornillo para llave Allen.
- 37.1.- Arandela de retención.
- 37.2.- Seguro contra giro.
- 38.- Bobina de excitación L.
- 39.- Rotor interno L.
- 40.- Rotor interno R.
- 41.- Flecha.
- 42.- Tornillo para llave Allen.
- 43.- Llave.
- 44.- Tornillo para llave Allen.
- 44.1.- Disco de sujeción.
- 44.2.- Seguro contra giro.
- 45.- Bobina de excitación R.

- 46.- Conducto de enfriamiento.
- 47.- Manguera aislada.
- 47.1.- Tuerca.
- 47.2.- Arandela.
- 47.3.- O-ring.
- 47.4.- Manguito del cable.
- 48.- Tapón.
- 48.1.- Anillo sellador.

Explicaciones:

La secuencia de los números es la relativa al desmantelamiento.

Para el ensamble proceder en sentido inverso.

Las partes marcadas con (.) no deben desmantelarse.

Las partes marcadas con (o) deben aflojarse únicamente pero no desmantelarse.

L = Izquierdo.

* = Requiere herramientas para ensamble.

R = Derecho.

LL= Cojinete móvil.

** = Requiere herramientas

FL= Cojinete fijo.

hidráulicas.

La flecha del dinamómetro está marcada en un extremo con "R" (cojinete móvil derecho) y en el otro con "L" (cojinete fijo izquierdo) y un número.

COMPONENTES DE LA CELDA DE CARGA DEL DINAMOMETRO.

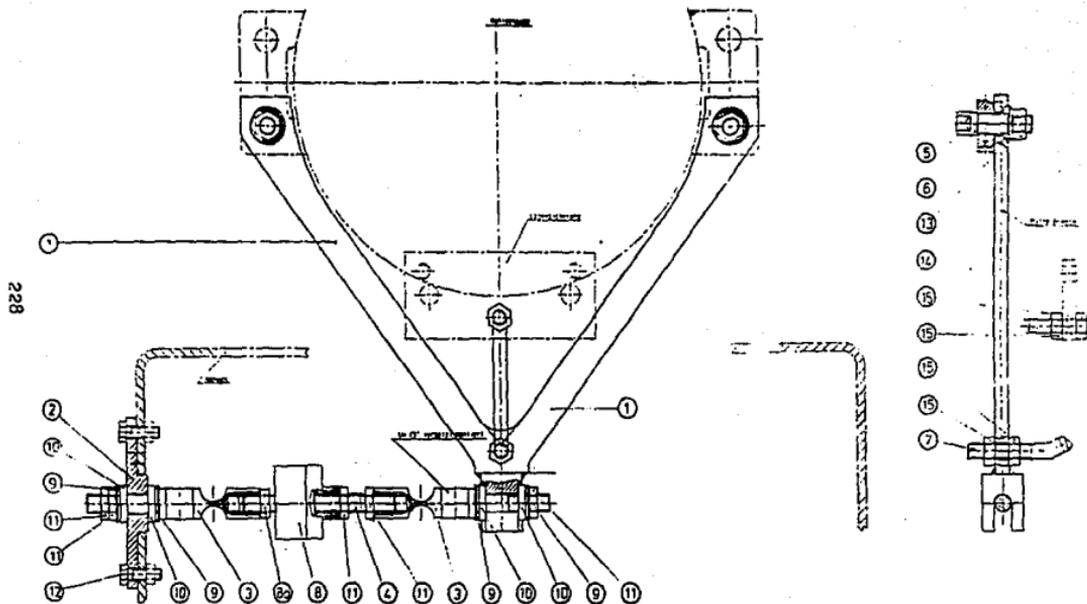


FIGURA VI.6 REPRESENTACION DEL ENSAMBLE DE LA CELDA DE CARGA

(Fig. VI.5 tomada de Eddy Current Dynamometer Service Training PRL, Schenck).

Lista de Partes de la Celda de Carga.

- 1.- Horquilla de conexión.
- 2.- Disco de soporte.
- 3.- Elemento de muelle transversal.
- 4.- Pasador.
- 5.- Espiga de ajuste.
- 6.- Disco de centrado.
- 7.- Larguero.
- 8.- Celda de carga U2A.
- 8a.- Contratuerca.
- 9.- Arandela esférica.
- 10.- Boquilla cónica.
- 11.- Tuerca.
- 12.- Perno.
- 13.- Arandela.
- 14.- Tuerca.
- 15.- Tuerca.

MANTENIMIENTO GENERAL.

En lo que respecta al mantenimiento de los demás componentes del cuarto de pruebas tenemos lo siguiente:

El motor de prueba debe ser revisado de su nivel de aceite y correcto suministro de combustible así como de agua diariamente antes del inicio de cada prueba y al final de cada prueba para su cambio de aceite; en el aspecto eléctrico, el cableado general del motor (de bujías, distribuidor, batería, etc) será reemplazado por uno nuevo cada vez que este se requiera ya que debido al calentamiento de la máquina y la cercanía de éstos ocasiona que sufran deterioro por la temperatura tan elevada existente en los múltiples. Teniendo los cables en buen estado se logra un mejor funcionamiento.

El mantenimiento general del motor se lleva a cabo cada mes con el reemplazo o compostura de cualquier componente (filtros, cables, bujías, juntas, etc.), así como revisión mecánica en general (carburación, válvulas, anillos, etc.).

Para el mantenimiento del suministro de agua de enfriamiento tanto del dinamómetro como del motor se llevan a cabo actividades tan sencillas como apriete de tornillos y de abrazaderas de las mangueras, revisión de manómetros y rotámetros diariamente antes del inicio de las pruebas hasta la limpieza del filtro polomagnético que se encuentra a la entrada del dinamómetro como del sistema de tuberías interno (serpentin) con la ayuda de la bomba de descalcificación mencionada anteriormente, esto último realizándolo al menos una vez al mes.

Referente al mantenimiento de los equipos de control del sistema acoplado (dinamómetro-motor) se recomienda la calibración una vez al mes para tener un registro de lecturas de parámetros lo más confiable posible para el correcto desempeño y realización de las pruebas.

Para los sistemas de ventilación y extracción de gases se recomienda su revisión diaria antes del inicio de cada prueba para evitar acumulación de gases y calentamiento excesivo del cuarto de pruebas.

CONCLUSIONES.

Del presente trabajo se puede concluir que el llevar a cabo una instalación de este tipo de sistemas necesita de un buen plan de trabajo para tener una secuencia lógica de los pasos a seguir.

Además nos podemos dar cuenta que los dinamómetros son indispensables en la industria automotriz ya que con ellos pueden realizarse todo tipo de pruebas en motores de combustión interna y sus componentes:

- Desarrollo y pruebas de control de calidad, asentamiento y resistencia en motores de alta velocidad.
- Pruebas en carburadores, bombas de inyección, equipos de ignición, reguladores, pistones y sellos.
- Simulación de resistencia de vehículos.
- Pruebas de combustibles y aceites lubricantes en motores.
- Pruebas de emisiones de escape.
- Pruebas de resección de válvulas.

Por otra parte las ventajas que los dinamómetros de Corrientes de Eddy nos ofrecen son las siguientes:

- Rápida carga y descarga y tiempos cortos de respuesta.
- Sistema de enfriamiento con buena distribución de calor y velocidad uniforme del flujo de agua de enfriamiento asegurando operaciones adecuadas para cargas alternadas.
- Amplio rango de potencia.
- Altas velocidades.
- Flecha de alta resistencia para acoplamiento con pesos proporcionalmente grandes.
- Dimensiones adecuadas para espacios reducidos.
- Facilidad de manejo del sistema para llevar a cabo las pruebas.

BIBLIOGRAFIA.

1. - Motores de Combustión Interna (Análisis y Aplicaciones).
EDWARD F. OBERT.
Edit. CECSA.
México 1967.
2. - Diseño de Prácticas de Motores de Combustión Interna Para el Laboratorio de Termofluidos (Tesis Profesional).
PENALVER KUMUL IGNACIO A.
México 1982.
3. - En Marcha (Servicio y Reparación de su Automóvil).
Selecciones del Reader's Digest.
México 1983.
4. - Instruction Manual.
Eddy Current Dynamometer with Control Unit.
SCHENCK PEGASUS CORPORATION.
Troy, Michigan, U. S. A.
5. - Eddy Current Dynamometer Series E.
(For Engine Testing)
SCHENCK CORPORATION.
Darmstadt, Germany.
6. - Eddy Current Dynamometer (Manual).
Service Training PRL.
SCHENCK CORPORATION.
Darmstadt, Germany.

- 7.- Motor Vehicle Pollution (Seminar).
KARL J. SPRINGER.
Automotive Products and Emissions Research Division.
Southwest Research Institute.
November 1989. Sn. Antonio, Texas, U.S.A.
- 8.- Marks Manual del Ingeniero Mecánico.
BAUMEISTER/ AVALLONE/ BAUMEISTER III.
Edit. Mc Graw Hill (8a. Edición).
México 1989.
- 9.- Energía Mediante Vapor de Agua, Aire y los Gases.
SEVERNS/ DEGLER.
Edit. Reverté, S.A.
México 1984.
- 10.- Seguridad e Higiene Industrial.
Normas de Seguridad Preventiva. ARPEL
(Asistencia Recíproca Petrolera Estatal Latinoamericana)
XXIX Reunión a Nivel de Expertos.
Montevideo, Uruguay.
Octubre 1977.