

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

EL MOTOR DIESEL

El distinguido profesor de la Universidad de Lausanne M. P. Hoffet, ha publicado un interesante trabajo sobre el motor Diesel y su aplicación á la navegación en el lago Ginebra, que merece sea conocido en sus párrafos más directamente relacionados con el motor en general.

Empieza asegurando que entre todos los motores térmicos contruidos hasta el día el que tiene más económico rendimiento es el motor Diesel. Sabido es que el rendimiento económico de un motor térmico es la relación entre el calor transformado

en trabajo mecánico y el calor que el combustible tiene almacenado, es decir, el número de calorías que dicho combustible es capaz de producir por una combustión perfecta. En otros términos: el rendimiento económico es una relación entre el número de calorías que efectivamente se utilizan y el poder calorífico del combustible, para una cierta cantidad de éste, que puede ser un kilogramo.

El siguiente cuadro da en gramos el consumo de combustible hasta hoy obtenido en las condiciones más favorables, el número de calorías empleadas en producir un caballo efectivo, partiendo del combustible natural (para el alcohol hay que tener en cuenta el calor empleado en la destilación) y el rendimiento económico. Las cifras subrayadas se han tomado de las obras citadas en la última columna.

MOTORES	Poder calorífico del combustible.	Consumo en gramos.	Calorías empleadas por caballo hora efect vo.	Rendimiento económico máximo por 100.	ORIGEN DE LAS CIFRAS SUBRAYADAS
Máquina de vapor (recalentado) de 300 caballos (1)	7.500	Hulla. 540	4.040	15,7	Z. 1902, p. 187 y Estudio de M. Di es el Z. 1903, p. 1367 (2).
Motor de petróleo (explosión).....	10.500	Petróleo. 330	3.460	18,3	Z. 1903, p. 1367.
Motor de bencina (explosión).....	11.000	Bencina. 297	3.270	19,4	Z. 1903, p. 1367.
Motor de bencina (Bauki) (explosión).....	11.000	Bencina. 221	2.440	26,1	Z. 1903, p. 1367.
Motor de gas pobre (explosión).....	8.000	Antracita. 290	2 320	27,4	Guldner, p. 406 (3).
Motor de alcohol (explosión).....	5.800	Alcohol. 365	2.120	30,0	Experimentos del prof. Meyer Z. 1903, p. 519.—Poder calorífico según Guldner, p. 463.

(1) La máquina de vapor consumió durante los ensayos 4,05 kg. de vapor por caballo indica to, siendo de 314°38 la temperatura del vapor y de 12,3 kg. la presión al llegar al cilindro de alta presión.
(2) Z. significa: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure.
(3) Guldner, Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.

Como ya se ha dicho, las anteriores cifras se dedujeron en las condiciones más favorables, es decir, á plena carga y mediante ensayos hechos con un cuidado especial; condiciones que no pueden conseguirse en una explotación ordinaria y cuando los motores no marchen continuamente á plena carga.
El masut (residuo del petróleo) que se quema en el motor Diesel tiene un poder calorífico de 10.000 calorías, y, según las

indicaciones de M. M. Sulzer, se consumen en los grandes motores 185 gramos por caballo-hora en carga normal, lo que supone 1.850 calorías por caballo-hora y un rendimiento económico de 34,5 por 100. Estas cifras, por el contrario de lo que antes se ha dicho, corresponden á una explotación normal y no son resultado de ensayos en condiciones especiales.
Debe añadirse que en el motor Diesel la cantidad de com-

bustible empleado decrece casi proporcionalmente a la potencia exigida al motor (casi hasta el 50 por 100 de la carga normal) y que además este motor puede emplear un combustible cuyo precio es muy inferior a cualquier otro.

Estas son las principales ventajas del motor Diesel, sin perjuicio de enumerar más tarde algunas otras después de haber descrito rápidamente las particularidades del mismo.

El motor Diesel corresponde a la categoría de los motores de cuatro tiempos, como la generalidad de los motores de gas, bencina, petróleo, etc., que actualmente se construyen, es un motor de simple efecto, en el que el émbolo hace cuatro recorridos, y la manivela dos revoluciones mientras que el fluido motor completa un ciclo, y como en todos los motores citados, el combustible, manantial de la energía, se quema en el cilindro mismo de trabajo; mas presenta la diferencia esencial, que le distingue de todos aquéllos, de que así como en todos los citados la mezcla detonante, previamente comprimida a una presión media, se inflama artificialmente y *hace explosión*, es decir, se quema casi instantáneamente, al comenzar el tercer tiempo, en el motor Diesel, por el contrario, se comprime el aire puro a alta presión, se introduce progresivamente el combustible en el cilindro durante el primer décimo del tercer tiempo, y *se inflama* a medida que entra, al contacto del aire altamente recalentado por la fuerte compresión a que se halla sometido.

El principio de la combustión progresiva de los motores de petróleo, gas y bencina no es nuevo completamente, pues ya se ha realizado, aunque con dudoso éxito, en los motores de Brayton, Gardie, Capitaine, Hargreaves y otros, pero ninguno de éstos ha podido sostener la competencia de los motores a explosión a base del ciclo de Beau de Rochas. Todos los antiguos motores de combustión progresiva marchaban a dos tiempos; el aire necesario a la combustión se comprimía, mediante una bomba especial, a una presión que variaba de 4 $\frac{1}{2}$ (Brayton) a 7 (Gardie) atmósferas; la admisión de la mezcla detonante duraba precisamente el tercio de la primera excursión del émbolo, siendo, por tanto, muy corta la expansión de los gases quemados y los diagramas se parecían mucho a los de una máquina de vapor (fig. 1.^a).

En el primitivo motor de Brayton (1872) el aire comprimido entraba en el cilindro de trabajo después de haber atravesado

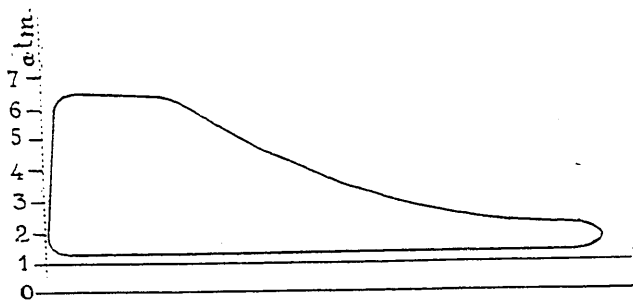


Fig. 1.^a—Diagrama del motor de Gardie.

un filtro empapado en un hidrocarburo pesado; el líquido pulverizado por el paso del aire se proyecta sobre una tela metálica, detrás de la cual la combustión se sostiene sin interrupción y sin explosión. Para poner en marcha al motor hacía falta un encendedor. La combustión se hacía a 3 y medio atmósferas próximamente y el rendimiento económico apenas alcanzaba a un 8 por 100.

El motor de Gardie (privilegio 1863, ejecución 1890) quemaba un gas mixto producido en el generador del mismo nombre de Gardie: el aire comprimido se calienta en un regenerador que utiliza el calor de los gases en el escape; una parte de este aire va directamente al cilindro, la otra atraviesa el gasógeno, pasando a través del combustible incandescente, y reunidas después producen la mezcla detonante. La inflamación ocurre al

contacto de un encendedor metálico, sostenido al rojo por la misma combustión del gas.

De 1887 a 1890, Hargreaves ideó el empleo de los aceites pesados como combustibles. Para esto el aire comprimido a 5 atmósferas entra en el cilindro después de saturado de vapor de agua y de recalentarse atravesando un regederador que utiliza los gases en el escape; durante el periodo de admisión una bomba inyecta el aceite en el cilindro, y al encontrar el aire recalentado, se inflama y se quema a medida que va entrando, sin que exista órgano ni aparato alguno para producir esta inflamación.

Por esta misma época Capitaine estudiaba por su parte la manera de realizar en condiciones económicas la combustión progresiva, por lo cual se proponía comprimir el aire puro a una presión muy elevada y luego añadirle petróleo pulverizado para quemarlo gradualmente. La inflamación se obtenía por medio de una llama, en la máquina de ensayo construida en 1889-91 en Leipzig por la fábrica de motores Swidersky. Esta misma fábrica ha construido motores de explosión en los cuales el líquido inyectado a través de una válvula de pulverización se gasificaba sobre las paredes calientes del vaporizador, pues la temperatura alta de éstas bastaba para inflamar la mezcla detonante. La misma fábrica había intentado suprimir durante la mezcla el caldeo exterior del vaporizador, utilizando el calor de compresión para sostener la incandescencia de las mismas paredes previamente conseguida por una lámpara de alcohol.

Nótese también que en su motor de combustión progresiva, Capitaine llevó la compresión del aire puro hasta 16 atmósferas, que es casi la correspondiente a la máxima presión obtenida en los motores de explosión de esta época.

Por distintas razones hubo que suspender los ensayos de Capitaine, cuando, según Güldner, se había llegado a un consumo de 0,4 kilogramos de aceites minerales pesados por caballo-hora, lo que equivale a un rendimiento económico de 16 por 100, ó sea superior al de las mejores máquinas de vapor.

En 1888, Capitaine había también hecho construir en los talleres de A. Mouski, de Eilenburg, un motor de petróleo y de explosión con inyección regulada de agua, a fin de conseguir para la mezcla una temperatura exactamente igual a la de inflamación, después de una compresión muy enérgica. Variando la cantidad de agua inyectada se proponía evitar la prematura inflamación de la mezcla. Todos los ensayos de Capitaine hechos en este sentido hasta 1894 fueron infructuosos, en razón a que no buscaba utilizar la compresión sino hasta la temperatura de inflamación.

Por el contrario, el Ingeniero Donat Bauki, cuyo motor estuvo expuesto en 1900 en París (Vincennes), se dedicó a llevar la compresión mucho más allá sin temor a prematuras inflamaciones, merced a la impresión de agua en cantidad suficiente en la mezcla detonante durante el periodo de aspiración; la explosión se disponía por medio de un tubo incandescente. Con una compresión de unas 16,4 atmósferas, obtenía una presión de 38 atmósferas en la explosión.

Las ventajas obtenidas por la alta compresión son en parte anuladas por la inyección de agua, y, como prueba el cuadro comparativo anterior, el rendimiento económico del motor Bauki, aunque muy elevado, no alcanza al del motor Diesel.

Todos los motores de combustión progresiva citados han caído en el olvido a causa de los motores de explosión cuyo desarrollo ha sido muy importante, y no se hubiese quizás pensado nuevamente en la combustión progresiva sin la aparición del trabajo sensacional que M. Diesel publicó en Munich en 1893, con el título de «Teoría y construcción de un motor térmico racional que reemplace la máquina de vapor y demás motores térmicos conocidos actualmente».

Diesel resume sus investigaciones en las siguientes conclusiones:

1.^a La más alta temperatura del ciclo no debe obtenerse por la combustión, sino independientemente de ésta por una compresión mecánica del aire puro.

2.^a Introducción gradual del combustible pulverizado en aire comprimido y recalentado durante una parte de la carrera de vuelta del émbolo, siendo la cantidad de combustible tal que la combustión se efectúe á temperatura constante.

3.^a Determinación cuidadosa de la cantidad de aire, según la temperatura de combustión, á fin de que la refrigeración artificial de las paredes del cilindro no sea necesaria para la buena marcha del motor.

La aplicación de estos principios ha sido demostrada por Diesel con un motor de 100 caballos, debiendo marchar con polvo de carbón, para lo cual él había calculado las principales dimensiones. Este motor debía realizar el ciclo de Carnot recorriendo las fases siguientes (fig. 2.^a):

A B: Compresión isotérmica de aire puro, con inyección de agua hasta la presión de 2,88 atmósferas.

B C: Compresión adiabática de este aire hasta 250 atmósferas, á fin de obtener una temperatura final de 800° centígrados, que es la temperatura de inflamación del polvo de carbón.

C D: Introducción del polvo de carbón en el aire comprimido, pero sólo en una cantidad tal, que durante su combustión progresiva la temperatura queda constante.

D A: Expansión adiabática hasta la presión inicial.

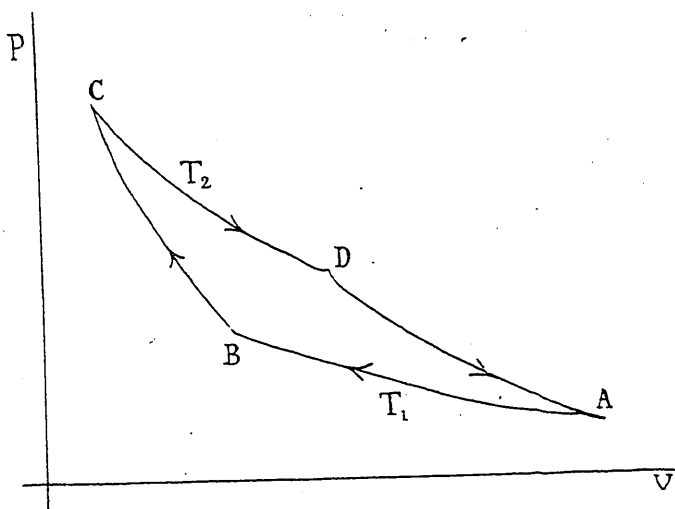


Fig. 2.^a—Ciclo de Carnot.

El mismo Diesel en su folleto reconoce que este ciclo no es realizable prácticamente, pues tiene temor á la presión de 250 atmósferas, y para llegar más fácilmente á un resultado práctico, traza otro ciclo en el que elimina la compresión isotérmica y pasa directamente de A á C por una compresión adiabática, que le asegura la temperatura de 800° á una presión de sólo 90 atmósferas, si bien con un rendimiento menor.

La máquina construida por los talleres de Augsburg que sirvió para los primeros ensayos de 1893 á 1897, sólo comprimía hasta 35 atmósferas, funcionando con petróleo y sin envoltente de agua; pero á los motores que luego sirvieron para nuevos ensayos se les añadió esta envoltente y se llegó, por último, á realizar un ciclo, que, si bien es conocido con el nombre de *ciclo de Diesel*, difiere sensiblemente del que el inventor preconizó para su motor racional. El motor Diesel actual se halla caracterizado esencialmente por la alta compresión del aire puro hasta alcanzar la temperatura á la cual comienza la combustión progresiva, y por la ausencia de inflamador alguno. La primera comunicación pública sobre el motor Diesel fué hecha por el propio Diesel en 1897 en la 38.^a Asamblea general de la Sociedad de Ingenieros alemanes. En esta época el consumo de petróleo era sólo de 240 grámos por caballo-hora, según los ensayos hechos por el profesor Schöter, de Munich, mientras que los otros motores de petróleo consumían el doble.

Desde entonces la superioridad del motor Diesel se reconoció universalmente, y muchas casas constructoras de primer or-

den se pusieron á perfeccionarlo, y aunque se creyó poder llegar á la primitiva idea del empleo del polvo de carbón como combustible después de los ensayos de 1899, se renunció á tal propósito, y actualmente el motor Diesel es esencialmente un motor de aceites pesados.

Para facilitar la comparación de los ciclos de un motor de explosión en marcha normal y de un motor Diesel, tal como hoy se construye, se han superpuesto en la figura 3.^a, después de re-

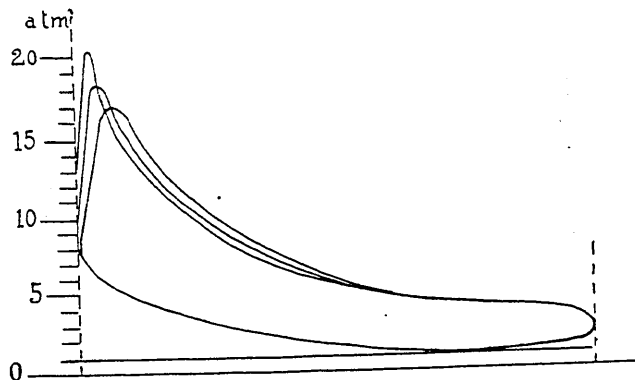


Fig. 3.^a—Diagrama Diesel y diagrama de un motor de explosión.

ducidos á las mismas escalas, un diagrama tomado de un motor Diesel de Sulzer y otro de un motor de gas pobre de Crossley. Llama pronto la atención la rapidez con que sube la presión de 7 á 22 y media atmósferas en el motor Crossley y el choque tan considerable que se produce, por tanto, en el interior del cilindro, mientras que en el Diesel, suavemente, se alcanza una presión mucho mayor, lo que supone una marcha tranquila á cualquier velocidad que sea. Inútil es decir que esta nueva ventaja es de las más interesantes, tanto por la regularidad como por la seguridad de la marcha.

Por otra parte, puede tenerse absoluta seguridad de que en el motor Diesel, la inflamación se producirá indefectiblemente. Véase el funcionamiento de uno y otro motor:

		GROSSELEY	DIESEL
4 — 2	1.er tiempo..	Aspiración de la mezcla	Aspiración de aire puro.
1 — 2	2.º tiempo...	Compresión de la mezcla á 7 atm. temperatura final inferior á la de inflamación.....	Compresión del aire puro á 33 1/3 atm. temperatura final superior á la de inflamación.
2 — 2	3.er tiempo..	Inflamación artificial de la mezcla y explosión.	Inyección del combustible líquido, inflamación natural por contacto con el aire caliente y combustión.
2 — 3		Expansión.....	Expansión.
3 — 4	4.º tiempo..	Escape.....	Escape.

En el motor de explosión la compresión de la mezcla está limitada por la inflamabilidad del combustible, que, á la vez, depende de las proporciones de la mezcla y de la presión á la que ésta se halla sometida. Según los ensayos hasta ahora conocidos, es difícil decir á qué temperatura y presión una mezcla determinada se inflamaría espontáneamente sin la intervención de una causa interior, llama ó chispa.

Según Guldner una mezcla de gas pobre y de aire en la relación de volúmenes de 1 : 1'5 se inflamará precisamente á 750° C.; de modo que si se atiende á que la inflamabilidad debe aumentar con la presión, debería poder comprimirse la mezcla dicha mucho más de lo que en la práctica se acostumbra, como dice la figura 4.^a, en la que se ha representado una curva de compre-

sión adiabática que da las temperaturas, en grados centígrados, alcanzadas por esta compresión. Se ha admitido una presión inicial de 0'9 atmósferas como correspondiente al final del periodo

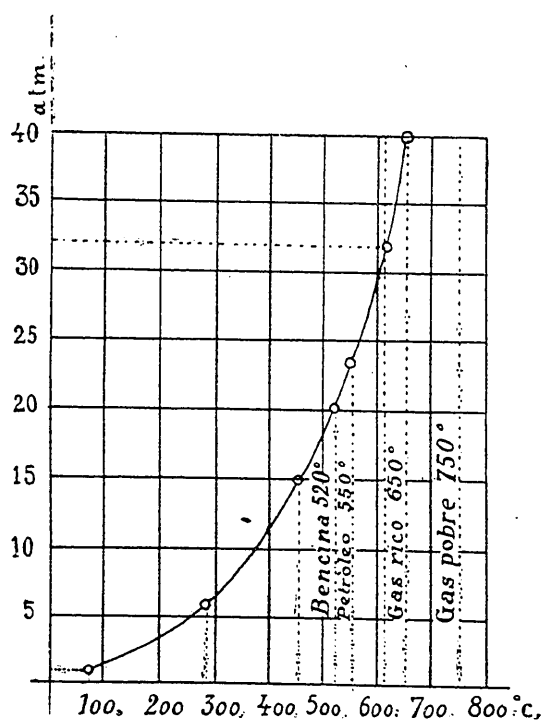


Fig. 4.ª—Curvas de las temperaturas de la compresión adiabática.

de aspiración y una temperatura inicial de 75° C., se ha calculado la curva con el exponente $\alpha = \frac{C_p}{C_v} = 1'35$ suponiendo $p v^\alpha =$ constante, siendo p la presión y v el volumen de la mezcla.

Se sabe que aumentando la compresión precisa de un motor de explosión se aumenta el rendimiento térmico, lo que se expresa por:

$$\eta_t = 1 - \left(\frac{P_a}{P_c} \right)^{\frac{\alpha-1}{\alpha}}$$

siendo p_a la presión al final de la admisión y p_c la correspondiente al fin de la compresión. El rendimiento η_t aumenta en un principio rápidamente con el grado de la compresión y luego menos, á medida que la compresión se hace más enérgica. Como el rendimiento mecánico η_m disminuye naturalmente á medida que las presiones ejercidas sobre los órganos en movimiento se hacen mayores y esta disminución acaba por ser más importante que el aumento del rendimiento térmico, resulta que el rendimiento económico, que es el producto de los otros dos ($\eta_e = \eta_m \times \eta_t$) llega á un máximo, según Güldner, entre 16 y 20 atmósferas para los motores de explosión. El rendimiento económico está, además, disminuído por las pérdidas de calor á través de las paredes del cilindro, pérdidas que aumentan con el grado de compresión. Sería, pues, inútil llegar á mayores compresiones.

Por esta causa se ha ido con gran prudencia en la elección de la previa compresión para luego progresivamente aumentar la hasta alcanzar como término medio:

- Cuatro atmósferas para la bencina.
- Seis ídem para el gas del alumbrado.
- Seis ídem para el petróleo.
- Doce ídem para el gas pobre.

En efecto, si se comprime adiabáticamente, ó sea sin sustraer calor, se eleva considerablemente la temperatura de la mezcla detonante y se aumente su inflamabilidad. Más allá de ciertos límites, para la presión previa, el motor se halle expuesto á inflamaciones espontáneas y prematuras y á explosiones violentas y peligrosas, que se traducen en golpes secos sobre todos los órganos de la máquina. Estas inflamaciones imprevistas son

tanto más de temer cuanto más se han acercado las moléculas de aire y combustible por la compresión, y pueden ser provocados por partículas incandescentes resultado del ciclo anterior.

Sin embargo, Güldner, entre otros, cita en su obra un motor de gas del alumbrado de 450 caballos, marchando con una compresión de 9,5 atmósferas y una presión máxima de 31 atmósferas, y además motores de gas pobre de 30 á 100 caballos con compresión previa de 14 ó 16 atmósferas, que han dado un rendimiento excepcionalmente favorable. Para poder llegar á presiones tan fuertes es preciso, naturalmente, servirse de mezclas muy pobres, y con el petróleo no sería posible alcanzar estas presiones sin la inyección del agua de Bauki, que, como se ha dicho, atenúa la mejora obtenida por la alta compresión.

En los motores de explosión la inflamación de la mezcla comprimida se consigue por una chispa eléctrica ó un cuerpo incandescente.

Ya se ha dicho que en el motor Diesel se comprime únicamente aire puro y la introducción del combustible comienza con la excursión del émbolo á la cual corresponde el verdadero efecto útil (tercer tiempo) y se quema á medida de su entrada. El grado superior de compresión no se halla, por tanto, limitado por la inflamabilidad del combustible, sino por consideraciones prácticas, como son la temperatura media máxima que pueden soportar el cilindro y el engrase; las dimensiones de los diferentes órganos que aumentan naturalmente con la compresión, exigen un volante más pesado y disminuyen por último el rendimiento mecánico. Según esto, puede admitirse en las condiciones actuales una presión máxima de 35 atmósferas en el motor Diesel, que da una temperatura perfectamente capaz de quemar el combustible líquido pulverizado. En efecto, si se parte de una presión de 0,9 atmósferas y de una temperatura inicial de 75° C., la compresión á 22 atmósferas para $\alpha = 1,35$ da para el aire una temperatura de 610° C. (fig. 4.ª), mientras que el combustible que emplea el motor Diesel se inflama ya entre 530 y 580° C.

El rendimiento técnico del motor Diesel depende no solamente del grado de compresión y del exponente α , sino también de la duración de la admisión del combustible, ó sea de la combustión. Es decir:

$$\eta_t = 1 - \frac{\left(\frac{v'}{v_c} \right)^\alpha - 1}{\alpha \left(\frac{v}{v_c} \right)^{\alpha-1} \left(\frac{v'}{v_c} - 1 \right)}$$

siendo: v = volumen total del cilindro, incluso la cámara de compresión, v_c = volumen de la cámara de compresión, v' = volumen ocupado por los gases al conservar la expansión.

Güldner compara el rendimiento de un motor Diesel, así calculado, para un grado de admisión de 10 por 100 y una presión máxima de 33 atmósferas, con el rendimiento térmico de un motor de explosión trabajando igualmente á una presión máxima de 33 atmósferas, y para esto, con una compresión previa de 13-15 atmósferas, y encuentra respectivamente para η_t los valores 0,564 y 0,55, respectivamente. Sería casi el mismo rendimiento térmico y hasta llegaría á ser inferior que el primero con un grado de admisión mayor, pues para que la superioridad del rendimiento térmico se haga notar en el motor Diesel sería preciso exceder con la presión máxima del motor de combustión progresiva la que puede alcanzarse, sin peligro de explosión prematura en el motor de explosión. La presión máxima del motor Diesel parece estar limitada por ahora á la de 33 atmósferas, y se ha citado un motor de gas del alumbrado con presión máxima de 31 atmósferas y un motor de gas pobre de 14-16 atmósferas de compresión previa.

Para los motores de gas el ciclo de Diesel, comprendido entre los límites de presión actuales, no presenta por lo tanto grandes ventajas con relación al rendimiento térmico; mas tratándose de combustibles líquidos con más baja temperatura de

inflamación los resultados son, por el contrario, muy superiores. Compresiones previas de 15 atmósferas, no pueden alcanzarse con éstos sino enfriando enérgicamente la mezcla por inyección de agua Bauki ó bañando la superficie exterior del cilindro, perdiéndose de esta manera una gran parte de lo que se gana con la fuerte compresión. Es, por tanto, preferible el ciclo de Diesel cuando se trate de combustibles líquidos, ya que permite trabajar sin refrigeración exagerada, á una presión máxima imposible de obtener con el ciclo de Beau de Rochas.

Cuando no se trata sólo del rendimiento *térmico* máximo á que puede llegarse con uno ú otro ciclo (según diagramas teóricos más ó menos de acuerdo con los diagramas reales), sino del rendimiento *económico*, la ventaja del ciclo de Diesel aumenta sobre todo con el empleo de aceites pesados que queman difícilmente á temperaturas relativamente bajas. La alta temperatura resultante de la compresión, la pulverización perfecta del combustible durante la inyección y la mezcla íntima con el aire, aseguran una completa combustión, merced al gran exceso de aire admitido en el motor Diesel, y por esto los gases al escapar son absolutamente incoloros é inodoros, cuando las proporciones de la mezcla están bien hechas. Un exceso de combustible se denunciaría por el color y el olor de dichos gases. El combustible generalmente empleado en los motores Diesel es el *masut* de Galicia.

El masut se evapora difícilmente y no quema al contacto de una llama sino á temperatura relativamente alta. Entre 80° y 180° C. desprende vapores inflamables en la superficie y el líquido mismo no entra en combustión sino cuando el calor producido por la quema de los vapores ha elevado suficientemente su temperatura. El masut es, pues, un combustible poco peligroso y no expuesto, como el petróleo y la bencina, á explosiones inesperadas, aparte de que la ventaja principal depende del poco precio á que se vende. Hoy se encuentra en Suiza á 8-9 francos los 100 kilogramos, su poder calorífico es de 10.000 calorías y se gasta 220 gramos por caballo-hora en los motores de poca potencia y como máximo 185 gramos en los grandes motores.

El gasto mayor de combustible se eleva, por tanto, á dos céntimos por caballo-hora en los pequeños motores y puede bajar hasta 1,5 céntimos en los grandes, siempre en el supuesto de que trabajen con potencia normal.

La bencina al precio de 25 francos los 100 kilogramos en un motor que emplee 300 gramos por caballo-hora, supone 7,5 céntimos, mientras que en una máquina de vapor se puede calcular el coste por caballo-hora á 4 céntimos como mínimo. Á esta cifra hay que añadir los gastos de mano de obra y engrasado, que son bastante más elevados en la máquina de vapor.

En el motor Diesel, como en la máquina de vapor, se regula la velocidad variando el consumo de combustible según la energía que se desee obtener; el rendimiento económico no disminuye con el trabajo producido, ya que el trabajo de frotamiento y las pérdidas de calor no decrecen tan rápidamente como el trabajo útil. Para disminuir la potencia del motor Diesel se acorta el período de admisión de combustible, conservando siempre la misma presión. La combustión es, por tanto, siempre normal y completa, es decir, económica. En los motores de explosión en los que no se usa el sistema de *ó todo ó nada*, sino la variación de las proporciones de la mezcla detonante, la combustión se hace en condiciones diferentes, según la cantidad de combustible admitida y la presión que ésta permite alcanzar. La explosión será tanto más violenta, cuanto más rica sea la mezcla, pues la combustión no puede realizarse en condiciones perfectas sino para una proporción determinada de mezcla. En conjunto, la economía del motor se resentirá de esta manera de regular la potencia.

Las figuras 5.^a y 6.^a representan varios diagramas superpuestos para un motor Diesel y un motor de explosión marchando á potencia variable.

La regularidad de la marcha se halla más asegurada en el

motor Diesel que en los motores de explosión, porque la producción de trabajo tiene lugar en cada ciclo, sin que jamás pueda faltar la inflamación del combustible, defecto que se presenta en

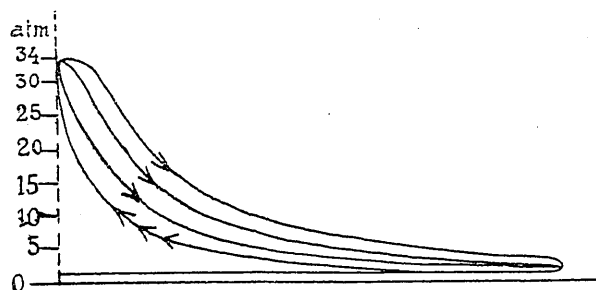


Fig. 5.^a—Diagrama representativo de la potencia de un motor Diesel.

los de explosión. El motor Diesel se halla siempre dispuesto para el arranque, ya que carece de aparato de inflamación.

Es, no solamente el más económico de los motores térmicos, el de marcha más regular, el menos expuesto á accidentes y el que ocupa menos espacio dada la alta presión á que traba-

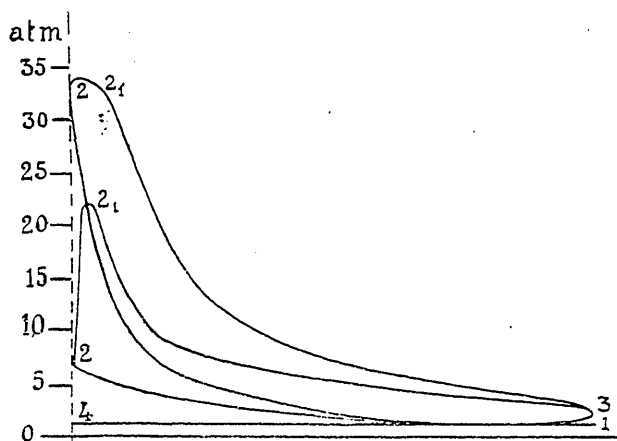


Fig. 6.^a—Diagrama representativo de la variación de la potencia en un motor de explosión.

ja. Sin duda alguna el porvenir pertenece al motor Diesel entre los motores de combustibles líquidos, y constituye este motor el mayor progreso realizado en el dominio de los motores de combustión progresiva ó instantánea.—J. J. L.

PROCEDIMIENTO DE PREPARACION DE MADERAS Y TEJIDOS NO HIGROSCÓPICOS

Este procedimiento, descrito en nuestro colega *Industria*, consiste en emplear soluciones que, después de una desecación, es decir, después de eliminado el disolvente, forman sustancias no higroscópicas insolubles en el agua. Con esto se evita la formación de eflorescencias en la superficie de las maderas y tejidos.

Estas sustancias son el borato y el fosfato de zinc, insolubles en el agua y solubles en el amoníaco.

Se emplea, ya sea el borato doble de zinc y amonio, ya sea el fosfato de dichos metales, ya una mezcla de los dos, en proporciones variables, según la materia sobre la cual tengan que aplicarse y según el grado de protección que se desee obtener.

Para preparar un baño ignífugo se puede proceder, por ejemplo, del modo que sigue :

Se disuelven en 10 kilogramos de amoníaco de 23°, 6,5 kilogramos de hidrato de zinc puro, obtenido por precipitación por la sosa cáustica de 8,5 kilogramos de cloruro de zinc, ó de 17,9