

te, porque se comprobó que fué debido principalmente á asientos de los estribos. Hasta entonces el puente no había manifestado ningún indicio de haber llegado al límite de elasticidad; las flechas aumentaban gradualmente y lo mismo sucedía con las tensiones indicadas por los aparatos Manet-Rabut.

Los asientos que se produjeron en los estribos fueron causa indudablemente de que se aumentara la fatiga en ciertas piezas, acelerando la rotura de la obra.

A las nueve y veinticinco la sobrecarga llegó á 366 toneladas y el tramo dió indicios claros de su próxima rotura. La flecha aumentó considerablemente, los aparatos Manet dieron indicaciones muy irregulares, especialmente en las partes comprimidas, y se manifestaron en diversos puntos alabeos de los palastros. De todo ello se dedujo que se había llegado al límite de elasticidad.

La sobrecarga efectiva era entonces de 372 861 kilogramos contando con el aumento de peso del tablero, de 6.861 kilogramos; es decir, que la sobrecarga era relativamente á la normal $\frac{372.861}{148.000} = 2,52$.

El límite de elasticidad se manifestó, según esto, siendo la sobrecarga 2,52 veces la normal ó de prueba; la tensión máxima era de 15,10 kilogramos por milímetro cuadrado.

M. Vierendeel termina su folleto, dando como resultado de su estudio las ocho conclusiones siguientes:

1.^a El sistema de puentes de arcadas es más rígido, menos flexible que el de alma llena y que el de celosía.

2.^a El puente de arcadas es menos sujeto á vibraciones que el puente de celosía, menos sensible á las trepidaciones y á los efectos dinámicos, y en consecuencia su duración está mejor asegurada.

3.^a Queda demostrado que la viga de arcadas posee una elasticidad perfecta.

4.^a El coeficiente de seguridad del puente de arcadas es notablemente superior al del puente de celosía.

5.^a La viga de arcadas se puede calcular exactamente.

6.^a Los puentes de arcadas presentan una notable economía, comparados con los de celosía.

7.^a Los puentes de arcadas son, á igualdad de peso, más económicos que los de celosía.

8.^a El sistema de arcadas es el sistema verdaderamente racional en el caso de los ensamblajes rígidos.

Motores de combustión y de alta compresión.

M. A. Witz ha presentado recientemente á la Academia de ciencias de París la nota siguiente:

Los motores de gas de explosión habían eclipsado á los motores de compresión; parecían olvidadas estas ingeniosas máquinas inventadas por Siemens, Brayton, Simon, Crome, Foulis, Gardie, etc., cuyo ciclo es, sin embargo, tan adecuado para realizar las grandes potencias á que hoy se aspira. El Sr. Diesel, Ingeniero de Munich, ha llamado nuevamente la atención sobre las ventajas que procura la combustión gradual, y sus perseverantes esfuerzos se han visto coronados por un éxito industrial brillante.

La teoría de los motores de gas recibe con este motivo una nueva confirmación, que es conveniente señalar: recordaré la fórmula del rendimiento que demostré, en 1883, en mis estudios

sobre los motores de gas detonante, porque permitía prever los resultados del Sr. Diesel.

El ciclo de los motores de combustión está constituido por cuatro fases de operaciones que es fácil describir.

Se empieza por una compresión adiabática, desde la presión atmosférica H hasta una presión π , la cual tiene por efecto elevar la temperatura de la mezcla detonante de θ á T .

La segunda fase consiste en una combustión á presión constante, bajo esta misma presión π , en la cual la temperatura pasa de θ á T ; el calor suministrado por el hogar es igual á $C(T - \theta)$, siendo C el calor específico de los gases á presión constante.

Se procede luego á una expansión adiabática que vuelve los gases quemados á la presión atmosférica y lleva su temperatura al valor θ' .

En fin, el ciclo se cierra tomando calor, contrayéndose los gases y restableciéndose las condiciones iniciales de temperatura y de presión; el calor sustraído es $C(\theta' - \theta)$, puesto que esta última operación se efectúa á la presión constante de la atmósfera.

El ciclo está, pues, limitado por dos adiabáticas y por dos rectas paralelas al eje de los volúmenes.

El rendimiento se calcula fácilmente.

$$\rho = \frac{C(T - \theta) - C(\theta' - \theta)}{C(T - \theta)} = 1 - \frac{\theta' - \theta}{T - \theta}.$$

Mas las transformaciones adiabáticas nos dan las siguientes relaciones:

$$\frac{\theta}{\theta'} = \left(\frac{H}{\pi}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad \text{y} \quad \frac{\theta'}{T} = \left(\frac{H}{\pi}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

por consiguiente,

$$\frac{\theta}{\theta'} = \frac{\theta'}{T} = \frac{\theta' - \theta}{T - \theta},$$

de donde

$$\rho = 1 - \frac{\theta}{T}.$$

Un ciclo de Carnot hubiera dado un rendimiento superior, igual á $1 - \frac{\theta}{T}$; nuestro ciclo posee un rendimiento genérico menor que la unidad.

El trabajo desarrollado crece con la diferencia entre T y θ ; pero el rendimiento del ciclo es independiente de los valores de T . Vemos, pues, que el rendimiento absoluto permanece constante, cualquiera que sea el trabajo; en otros términos, el rendimiento es el mismo á carga completa que á media carga, propiedad preciosa á la que se atribuye gran valor.

La potencia de un motor que funciona según este ciclo se regula prácticamente por la duración de la combustión y la cantidad de calor cedida en la primera fase, es decir, por la diferencia entre T y θ . Un motor de estas condiciones podría ser de dimensiones exiguas, en atención á que el área del ciclo es considerable y mucho mayor que la de los motores de explosión; la suavidad de la marcha sería notable, puesto que la presión permanece constante durante toda la fase de admisión.

En el valor de θ , y por consiguiente, en el grado de compresión, reside la causa del rendimiento de este ciclo. Supongamos que se pueda comprimir la mezcla á 250 atmósferas; en este

caso

$$\theta = t (250)^{0,25} = 3,56 t$$

y

$$p = 1 - \frac{1}{3,56} = 0,719$$

Este rendimiento extraordinario es el triunfo de la alta compresión previa; no tiene otra causa.

Pero podría limitarse la compresión á 35 atmósferas, por ejemplo, y entonces se obtendría $p = 0,557$. Es una cifra á la cual no nos ha acostumbrado la teoría y que deja atrás el rendimiento de la máquina de vapor más brillante.

La misma máquina Diesel, en la que se han fundado tantas esperanzas, no da rendimientos teóricos superiores á los que acabamos de calcular para los motores de combustión y de alta compresión.

La compresión de 250 atmósferas es la que había soñado el sabio ingeniero alemán, la de 35 atmósferas la que ha logrado realizar contrayendo un mérito extraordinario; aplicadas al ciclo clásico de los motores de combustión, producirían las mismas maravillas que en el motor Diesel. El motor de combustión posee también las mismas ventajas que el nuevo motor desde el punto de vista de la potencia, de la elasticidad, de la exigüidad de las dimensiones, etc. Su ciclo tiene también una ventaja superior, la de ser fácilmente realizable y de no deformarse sensiblemente cuando se pasa de la teoría á la aplicación. El motor Gardie lo ha probado.

El éxito obtenido se explica, pues, por la gran compresión lograda por Diesel. El perfeccionamiento es del orden práctico; esto no disminuye su gran valor, que debe ser proclamado por todos, pero me ha parecido conveniente demostrar que el antiguo ciclo de los motores de combustión no necesitaba ser modificado para dar rendimientos teóricos considerables que han provocado tantas esperanzas y suscitado tantos esfuerzos.

Transmisión de energía en Stokolmo.

Según una revista de electricidad, se acaba de estudiar en Stokolmo un proyecto para utilizar una parte del salto de agua de Elfkärlaby, distante de la ciudad unos 160 kilómetros, y cuya potencia disponible es de 100.000 caballos. La idea de llevar á Stokolmo una parte de esta enorme energía ha preocupado á muchos industriales é ingenieros, y hace pocos meses se constituyó una comisión para estudiar un proyecto detallado que ha sido terminado recientemente. Se propone aprovechar por ahora solamente 20.000 caballos. El presupuesto comprende las siguientes partidas:

	Francos.
Estación de origen, incluyendo las obras y la maquinaria.....	4.450.000
Línea de transmisión.....	5.925.000
Edificios y transformadores en Stokolmo.....	725.000
TOTAL.....	11.100.000

Se cuenta con una pérdida de 5.000 caballos, de modo que se podrán aprovechar 15.000 en Stokolmo. Se venderá el caballo á razón de 51 francos 50 al año, es decir, que se obtendrá una renta de 1.030.000 francos. Sin tener en cuenta los gastos de explotación, el *Frankfurter Zeitung* hace observar que capitalizando

al 4 por 100 esta renta, resulta para el Estado una ganancia de diez millones próximamente.

Utilización de los saltos de agua para la producción de energía eléctrica en la América latina.

En la América central y en la del Sur se están realizando grandes progresos en la utilización de la potencia hidráulica para la producción de energía eléctrica.

En Méjico, la Compañía de alumbrado eléctrico de Pueblo utiliza un salto de 965 caballos, cuya potencia transporta de una distancia de 14,5 kilómetros; en Pachuca se han transportado á 25,6 kilómetros 3.300 caballos; la fábrica de papel de San Rafael posee 750 caballos, la Compañía de explotación del cobre, de Concepción del Oro, dispone de una instalación de 400 caballos. Se está trabajando en la instalación de luz eléctrica para Jalapa, conduciéndose á 13 kilómetros una potencia de 800 caballos, y las ciudades de San Miguel y Chihuahua tienen instalaciones análogas.

En la República Argentina hay un transporte de 5.000 caballos á 26 kilómetros para la ciudad de Córdoba; en Lima, Perú, otra de 150 caballos transportados á 8 kilómetros. Escuintla, de Guatemala; San Salvador, de la República del Salvador; San Cristóbal, de Venezuela, y San Gil, de Colombia, poseen también instalaciones eléctricas importantes, en que se utiliza la potencia hidráulica de las corrientes de agua naturales.

La rueda de 100 metros en la Exposición de 1900.

Entre los *clous* de la Exposición de 1900 figura la rueda de 100 metros, que se está construyendo actualmente en los talleres de Hautmont, según el *Nord métallurgique*. Esta rueda de acero tiene su contorno formado de dos vigas circulares arriostradas entre sí por otras vigas de celosía. En la circunferencia se colocarán 40 vagones de 8 metros de longitud, iluminados por la electricidad y que presentarán una gran superficie cerrada con cristales. Los cuarenta rayos de la rueda están constituidos por cables flexibles de alambre de acero tendidos por el peso de los vagones.

La rueda girará alrededor de un árbol sostenido por dos torres de acero formadas cada una de dos montantes de celosía con riostras constituidas por piezas de la misma clase y diagonales de hierro redondos. Se le comunicará el movimiento por un cable de dos ramales que se arrollará en un torno accionado por una máquina de vapor de 40 caballos, obteniéndose un movimiento muy suave.

Entra en esta construcción un peso de 800 toneladas de acero, y el montaje de las torres exige el empleo de 32 pernos de amarre de 5 metros de longitud.

Se ve, por la corta descripción que precede, que viene á ser una reproducción en mayor escala de la famosa rueda Ferry llamada *Merry-go-round* de la Exposición de Chicago.

Cristales de colores fabricados con papel.

Se pueden imitar fácilmente con papel cristales de colores muy económicos, y cuya preparación constituye un entretenimiento agradable. Lo más importante es la preparación de la hoja de papel destinada á ser iluminada y pegada al vidrio. Para ello, basta sumergir papel blanco en una mezcla de alcanfor y de alcohol, en la cual adquiere una consistencia y un aspecto análogos al pergamino.