

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.

LOS FERROCARRILES ELÉCTRICOS ⁽¹⁾

La transformación de los ferrocarriles de vapor por eléctricos ha tenido en estos últimos años un gran progreso, por lo cual juzgamos interesante dar á conocer á nuestros lectores un trabajo sobre este importante asunto, debido á M. de Marchena, Subdirector de la *Sociedad Thompson-Houston*, en París, cuyo trabajo fué presentado en el último Congreso de la Asociación Francesa para el Progreso de las Ciencias.

Este interesante estudio sobre los ferrocarriles eléctricos ha sido publicado por la *Revue Scientifique*, y de esta importante revista tomamos los puntos más interesantes.

En los países que, como Suecia, Suiza, Alemania é Italia, los ferrocarriles son propiedad del Estado, la transformación de la tracción á vapor por la eléctrica se ha hecho rápidamente; pero no ha sucedido así en los demás países europeos en los cuales los ferrocarriles son propiedad de Empresas particulares que no han querido aventurarse á efectuar la transformación, y sólo alguna de estas Empresas ha hecho ensayos en trozos de la línea.

En América la transformación de los ferrocarriles de vapor se ha efectuado con mucha más rapidez que en Europa, y como es natural, se han podido hacer en estos ferrocarriles americanos una infinidad de estudios para mejorar los sistemas eléctricos de tracción. El problema no se limita á transformar las locomotoras de vapor por eléctricas, asegurando una economía que compense los gastos de instalación; es necesario tener siempre en cuenta las mejoras que en las diferentes especies del tráfico puedan aumentar su potencia total de transporte. Estas mejoras traerán consigo modificaciones radicales en los actuales sistemas de explotación. Sin embargo, la transformación no podrá hacerse más que gradualmente, y debemos pasar durante algún tiempo por el período de transición en el cual no podremos conseguir en la explotación todas las modificaciones que serían deseables.

Resulta que, sobre todo al principio, las locomotoras eléctricas harían, poco más ó menos, el servicio actual de las locomotoras de vapor; pero está plenamente demostrado, á pesar del empleo tan frecuente de los coches automotores, que las locomotoras constituyen el mejor medio de tracción

para los trenes de grandes recorridos, y sobre todo cuando estos recorridos tienen gran movimiento de mercancías, y en los cuales debemos llegar al límite de capacidad de transporte. Es evidente que para estos recorridos de gran movimiento de mercancías la locomotora eléctrica ejercerá por completo un monopolio.

El problema de la locomotora eléctrica es, por lo tanto, importantísimo de resolver, y debemos tender no sólo á sobrepasar á la locomotora de vapor en algunas ocasiones, sino á que sea superior á ella, bajo todos los aspectos: rapidez, potencia, facilidad en su manejo, conservación de vías, etcétera, etc.

Dos puntos importantes tenemos que considerar:

- 1.º Constitución mecánica de la locomotora eléctrica.
- 2.º Constitución eléctrica.

Constitución mecánica.—Cuando se trata de potencias y velocidades poco elevadas, este problema es sencillo. La dificultad se presenta cuando la velocidad y la potencia deben alcanzar sus límites.

Para las locomotoras de mercancías, cuyas velocidades serán siempre moderadas, el empleo de los engranajes, tan extendido hoy día, puede aceptarse por completo, y nos permite emplear motores eléctricos de una potencia individual de 250 HP, en los cuales la mitad de su peso—2.500 kilogramos aproximadamente—descansa directamente sobre los ejes sin suspensión elástica.

Este sistema da muchas facilidades para el montaje de los motores, su inspección y su conservación; se hacen independientes las velocidades respectivas del eje y del motor, y permite con un mismo tipo de motor tener locomotoras de características muy diferentes, según las aplicaciones á que se destinan.

Las locomotoras eléctricas de mercancías deben ser de adherencia total. Para potencias inferiores á 1.000 HP se podrá adoptar *chassis* rígidos de tres ó cuatro ejes motores; para potencias superiores cuatro ejes motores no son suficientes, y como entonces se dificulta la rigidez, se emplean secciones articuladas que llevan cada una tres ó cuatro ejes motores. Tendremos de este modo locomotoras que pueden desarrollar á una gran velocidad un esfuerzo de tracción superior al desarrollado por las más potentes máquinas de vapor actuales y, además, teniendo un peso muerto y una carga por eje sensiblemente menores, con lo cual se deterioran mucho menos las vías.

Para las locomotoras eléctricas de gran velocidad la so-

(1) De Ingeniería

lución es más difícil. Á partir de 80 kilómetros por hora, la transmisión por engranajes deja de ser práctica. Además, como el diámetro de las ruedas motoras está forzosamente limitado, se llega bien pronto á un momento en el cual la velocidad del eje, 400 vueltas por minuto, corresponde casi á la que sería necesario adoptar para el motor mismo; además, no hay razones para interponer órganos reductores de la velocidad entre los motores y los ejes.

Para las locomotoras de gran velocidad no deben emplearse más que motores que giren á la misma velocidad que el eje. Para esto tenemos cuatro soluciones.

Una de estas soluciones consiste en calar el rotor del motor sobre un árbol hueco, concéntrico al eje y acoplado concéntricamente á él. Las partes fijas de la coraza del motor están fijas al *chassis* y, por consiguiente, provistas de resortes de suspensión. El árbol hueco debe tener un diámetro interior suficiente para permitir las oscilaciones del *chassis* con relación á los ejes. El juego necesario es próximamente de 40 milímetros, lo que obliga á dar á este árbol un diámetro exterior de 300 milímetros próximamente. Esta solución es la empleada en las grandes locomotoras del Baltimore y Ohío, en los ensayos de la línea de Zossen, y también en las locomotoras monofásicas de New York, New-Haven y Hartford.

Con este sistema el peso del motor está suspendido elásticamente con relación á los ejes, y las reacciones sobre las vías quedan reducidas al mínimo. Por el contrario, los cojinetes del árbol hueco tienen un gran diámetro, que da lugar á velocidades periféricas elevadas, y tanto mayores cuanto que el diámetro de las ruedas motoras es menor; en Zossen llegan hasta 12,50 metros, por consecuencia de la enorme velocidad alcanzada (215 kilómetros por hora); sin embargo de esto, hasta el presente no han tenido ningún entorpecimiento de importancia.

La segunda solución consiste en colocar los motores independientes de los ejes y unidos por bielas y manivelas. Este sistema, en el cual el peso del motor está por completo suspendido, ha sido ideado por M. M. Ganuz y M. Brown y Boveri, dando grandes resultados en las aplicaciones.

Una tercera solución fué ideada por M. Auvert, Ingeniero de la *Compañía P. L. M.*, y consiste en calar el inducido directamente sobre el eje, del cual forma parte integrante el estator, siendo fijo al *chassis*. Para permitir el desplazamiento del eje con relación al *chassis*, conservando, por lo demás, la posición del rotor con relación al estator, la coraza del estator está dividida en dos partes, suspendidas por su centro de gravedad, centradas con relación del eje y de tal modo, que puedan tener un ligero movimiento de oscilación. Esta disposición ha sido adoptada por la *Compañía P. L. M.*, y posteriormente ha sufrido bastantes perfeccionamientos.

Otra solución es la adoptada en las locomotoras de la *New-York Central*; los estator están por completo independientes de los rotor y calados directamente sobre los ejes; las piezas polares tienen una forma conveniente y un entrehierro suficiente para dejar libre el desplazamiento. Esta disposición es de notable sencillez, puesto que suprime todo mecanismo; toda coraza especial y el circuito magnético, están constituidos por el *chassis* propiamente dicho de la locomotora. Más de 40 máquinas de esta clase están haciendo servicio desde hace un año con un resultado por completo satisfactorio; su sencillez, su potencia, su facilidad en el manejo y su pequeño gasto de entretenimiento, hacen de este

tipo de máquinas las más perfeccionadas que hasta ahora se conocen.

En el sistema Auvert, como en el del *New-York Central*, una parte del peso de los motores no está elásticamente suspendido, pero en total el peso no suspendido no pasa de los límites ordinarios admitidos para las locomotoras de vapor.

Estos dos sistemas no pueden emplearse más que con motores de corriente continua y del número de polos determinado.

Además de los ejes motores las locomotoras eléctricas de gran velocidad deben tener aparatos directores (*boggies*) y tenerlos adelante y atrás, á fin de ser reversibles, una parte del peso total se pierde por adherencia, tanto más cuanto que para que estos aparatos cumplan su papel deben ser fuertemente cargados: un eje director de 12 toneladas, y un *bogie* de 20 aproximadamente.

La disposición mecánica de las locomotoras de la *Valtaline* merecen mención especial. Están provistas de un eje central dependiente del *chassis*, y de dos *boggies* adelante y atrás, con ruedas desiguales. Los ejes más próximos del eje central tienen ruedas de diámetro doble que los otros ejes.

Otra disposición ha propuesto para las locomotoras de gran velocidad, proveyéndolas por lo menos de cuatro ejes motores; consiste en llevar la máquina sobre dos *trucks*, cada uno cuatro ejes, de los cuales dos son motores y están colocados en el centro, y los otros dos son directores.

Con esta disposición se consigue dejar disponible para la adherencia el 70 por 100 del peso total, es decir, casi la misma proporción que en las máquinas de seis ejes de la *New-York Central*.

La constitución eléctrica de las locomotoras ha sido discutida con gran calor por los prácticos de los diferentes países, sin que hasta el presente exista una conclusión fija. Bajo el punto de vista de la unificación de las instalaciones futuras, hay gran interés en determinar las grandes reglas á las cuales convendría atenerse; pero esto no ha podido determinarse todavía por no haber conseguido los defensores de uno ú otro sistema ponerse perfectamente de acuerdo.

Examinemos, sin embargo, esta cuestión para llegar, si no á conclusiones fijas y que podrían el día de mañana desmentirse, por lo menos á algunas deducciones sobre las posibilidades actuales.

Hoy día tenemos tres sistemas:

- 1.º El sistema de corriente alterna trifásica.
- 2.º El sistema de corriente alterna monofásica.
- 3.º El sistema de corriente continua, ya en uso corriente, pero cuyo voltaje debe ser considerablemente elevado.

Veamos ahora sus características especiales, tratando de separar las que puede esperarse han de sufrir modificaciones merced á los constantes progresos de la electricidad, y las que se consideren permanentes y sin posibles modificaciones.

1.º *Sistema trifásico*.—Las primeras experiencias de tracción por motores trifásicos fueron debidas á M. Brown Boveri, hace ya más de doce años. Citaremos dentro de este sistema la línea de Bingdorf á Thun, en explotación regular desde hace diez años.

En la línea de la *Valtaline*, inaugurada en 1902, encontramos una importante aplicación del sistema trifásico, caracterizada por un aumento muy notable de potencia puesta en juego, un aumento de voltajes de alimentación, y la creación de un tipo nuevo y completamente original de locomotoras.

Es indudable que el motor trifásico posee cualidades muy notables en cuanto á los puntos de vista de entretenimiento, de rendimiento, de peso, de capacidad, de sobrecarga, de posibilidad de recuperación, y que puede ser superior á todos los motores de tracción; pero presenta dos inconvenientes capitales, los cuales ningún perfeccionamiento futuro podrá remediar. Estos son:

1.º La constancia de la velocidad.

2.º La necesidad para su alimentación, por lo menos de dos conductores de polaridad diferente (los carriles sirven de tercer circuito).

Sobre el primer punto, todos los Ingenieros estamos de acuerdo sobre lo molesto que resulta para los trenes de viajeros la imposibilidad de modificar la velocidad de la marcha normal. En verdad, las instalaciones antes citadas presentan combinaciones que permiten obtener diferentes velocidades de marcha, pero esto es sólo en apariencia; en realidad estas combinaciones no hacen más que disminuir las pérdidas en el arranque, y en ciertas condiciones velocidades que lleven consigo menor gasto de energía, y por último, reducir la potencia total máxima absorbida por la locomotora sobre ciertas partes del recorrido, en los cuales el esfuerzo de tracción que es preciso desarrollar es muy considerable. Estos motores no permiten nunca una regulación de la velocidad según las necesidades del servicio; en definitiva las locomotoras trifásicas deben considerarse como máquinas de velocidad constante.

Sin entrar á discutir todas las consecuencias de este hecho, nosotros diremos solamente lo siguiente: á menudo se ha perdido de vista, y sin embargo es de gran importancia práctica, que aunque los motores trifásicos trabajando sobre una misma máquina, pero en ejes diferentes, se reparten tanto peor la carga cuanto que poseen un resbalamiento menor, y por consiguiente, un rendimiento más elevado. Sobre una locomotora eléctrica los ejes motores deben estar de preferencia acoplados, lo que excluye *ipso facto* ciertos tipos de locomotoras, y no las menos interesantes.

Como consecuencia de esto dos locomotoras pueden acoplarse con gran dificultad, aun siendo idénticas se reparten mal la carga, y por lo tanto resulta imposible su acoplamiento. El empleo de unidades múltiples es, por lo tanto, impracticable.

Sobre el segundo punto, el tener que establecer además de los carriles dos contadores de toma de corriente, constituye un inconveniente de importancia. El establecimiento de un conductor único no deja ya de presentar grandes dificultades; éstas son notablemente aumentadas si es preciso establecer dos, y sobre todo teniendo potenciales tan elevadas cuya adopción es la única posible en las resistencias trifásicas.

Además el bajo factor de potencia de los motores de inducción trifásicos, la caída de tensión que resulta sobre los conductores, las pequeñas variaciones del potencial de alimentación que conviene tolerar para el buen funcionamiento de los motores de inducción, son todos inconvenientes de importancia que constituyen en conjunto un aumento considerable en los gastos de primer establecimiento de las líneas.

Estos diferentes defectos son inherentes al sistema y no pueden casi ser corregidos. Hay, pues, motivo para creer que el sistema trifásico ha dado todo lo que puede dar, y que no presenta más que un pequeño margen para el progreso futuro. Estas consideraciones impiden incluir el siste-

ma trifásico entre los que les está reservado un gran porvenir en la transformación eléctrica de los ferrocarriles.

Sobre el sistema monofásico diremos que este sistema no data más que de cinco años; pero ha tomado en poco tiempo un desarrollo considerable. Según una comunicación de M. Lamme á la *Asociación de Electricistas Americanos*, los motores establecidos según este sistema representan hoy día una potencia que pasa de 250.000 HP. Este rápido desarrollo es natural, porque desde su aparición, estos motores, por sus características especiales y por las perspectivas nuevas que presentan, han inspirado á los especialistas el más vivo interés, siendo considerados por muchos como la solución ideal de la tracción eléctrica.

En la reciente transformación de los ferrocarriles suizos se ha adoptado el sistema monofásico.

Lo mismo ha sucedido en Alemania, donde las instalaciones de ensayos de transformación de los ferrocarriles bávaros llevaron motores monofásicos.

Ahora va á ser ensayada en Francia, en la línea de Cannes á Grasse, una locomotora que recibe corriente monofásica y la transformación continua.

En los Estados Unidos, el año último, en una profunda discusión sostenida sobre la electrificación de los ferrocarriles, varios Ingenieros propusieron acordar que los motores monofásicos son la única solución posible para los ferrocarriles eléctricos.

(Continuará.)

ESTUDIO DE LA CATENARIA

Y DE SUS APLICACIONES MECANICAS

POR D JOSÉ TOUS Y BIAGGI

Académico de la Real de Ciencias y Artes de Barcelona.

(CONTINUACIÓN)

La posición de los puntos extremos (x_1, y_1) (x_2, y_2) establece:

$$y_1 - y_2 = h : x_1 - x_2 = d$$

ó sea:

$$\sqrt{a_1^2 + (s_m + l_1)^2} - \gamma - \sqrt{a_2^2 + (s_m - l_2)^2} = h :$$

$$a_1 l_n \frac{\sqrt{a_1^2 + (s_m + l_1)^2} + s_m + l_1}{a_1} -$$

$$- a_2 l_n \frac{\sqrt{a_2^2 + (s_m - l_2)^2} + s_m - l_2}{a_2} - \delta = d$$

en las que sustituyendo por δ los valores deducidos de las dos anteriores dan:

$$(c) \quad \sqrt{a_1^2 + (s_m + l_1)^2} - \sqrt{a_1^2 + s_m^2} - \sqrt{a_2^2 + (s_m - l_2)^2} + \sqrt{a_2^2 + s_m^2} = h$$

$$(d) \quad a_1 l_n \frac{\sqrt{a_1^2 + (s_m + l_1)^2} + s_m + l_1}{\sqrt{a_1^2 + s_m^2} + s_m} -$$

$$- a_2 l_n \frac{\sqrt{a_2^2 + (s_m - l_2)^2} + s_m - l_2}{\sqrt{a_2^2 + s_m^2} + s_m} = d$$

que junto con las (a) (b) resuelven el problema, pues éstas permiten sustituir en las (c) (d), s_m , σ_m en función de a_1 , a_2 y determinar estos parámetros, que, junto con las ecuaciones generales, dan todos los demás valores.

Un caso particular, relativamente fácil de resolver, sea directamente, sea por reducción de la solución general anterior, es aquel en que una cuerda suspendida por sus extremos en puntos á igual nivel se carga con un peso P en su punto medio. En este caso las dos catenarias son iguales y simétricas con respecto á la vertical que pasa por el punto medio de la cuerda, que es donde actúa el peso, por lo que la proyección de la tensión de una de ellas sobre la vertical será igual á la mitad de dicho peso, ó sea:

$$T_{m,1} \sin \alpha_{m,1} = \frac{P}{2}$$

que teniendo en cuenta las ecuaciones (40) y (4), resulta:

$$ps_m = \frac{P}{2}$$

que da inmediatamente el valor:

$$s_m = \frac{P}{2p}$$

lo mismo que para el punto (x_1, y_1) daría:

$$s_m + l_1 = \frac{P}{2p} + l_1$$

la ecuación (7) da:

$$\frac{d}{2} = x_1 - x_m = al \cdot n \frac{y_1 + s_m + l_1}{y_m + s_m}$$

y poniendo los siguientes valores deducidos de la (6):

$$y_1 = \sqrt{a^2 + (s_m + l_1)^2}; \quad y_m = \sqrt{a^2 + s_m^2}$$

da definitivamente:

$$d = 2al \cdot n \frac{\sqrt{a^2 + (s_m + l_1)^2} + s_m + l_1}{\sqrt{a^2 + s_m^2} + s_m}$$

El mismo resultado se encuentra por deducción de las fórmulas generales (a) (d) si se tiene en cuenta que en este caso $\epsilon = 0$; $-\sigma_m = s_m$ y que por ser $-x_2 = x_1$ en la (d), los dos términos son del mismo signo y su suma igual á d .

La solución de los casos en los que una cuerda está sometida á una serie de fuerzas en su plano vertical puede resolverse, como método, por el mismo principio, si bien resulta extremadamente complicado por pocas fuerzas que haya. En las aplicaciones es preferible hallar una solución aproximada asimilando el problema al caso de un sencillo polígono funicular, y si acaso se quiere mayor exactitud, tomar esta solución como primera aproximación siguiendo el método general de aproximaciones sucesivas.

Como al principio se ha indicado, son en la actualidad numerosas y de gran importancia las aplicaciones de cables suspendidos como conductores eléctricos, los que en caso de ruptura ocasionan, además de pérdidas materiales, algunas veces heridas y la muerte de las personas. Una de las causas que seguramente ha contribuido algunas veces á la ruptura de dichos cables, ha sido el colocarlos en tiempo de

calor con demasiada tensión á fin de que presenten buen aspecto, con lo que, al descender la temperatura al llegar el invierno, aumenta todavía la tensión poniendo en peligro la resistencia de los mismos. En los ferrocarriles, ya desde las primeras vías que se colocaron, se tuvo en cuenta esta circunstancia de la dilatación, colocando los railes con cierta pequeña separación, mayor en invierno, que permitiera la libre dilatación sin producir, en consecuencia, sobre la vía esfuerzos notables de deformación, y si bien en la actualidad se ensaya en los Estados Unidos del Norte de América el rail continuo (cosa que aún la experiencia no ha decidido si resultará ventajosa), hay la notable diferencia de que el rail está apoyado mientras que los cables, lo mismo que los hilos telegráficos, están suspendidos.

Es, pues, interesante examinar las condiciones de resistencia de los cables eléctricos sujetos á cambios de temperatura. En su forma de aplicación más usual, el problema se presenta en las siguientes condiciones: un cable de cuerda horizontal y de longitud dada, y, por consiguiente, colocado á tensión determinada, se enfría de un número de grados determinado; hallar el aumento de tensión que sufrirá, ó sea la tensión final. Parece que sería más general tomar un cable cualquiera, mas no sería de utilidad práctica esta generalización, primero, porque los cables son usualmente de cuerda poco inclinada, y segundo, porque cuando ésta es horizontal, es cuando se desarrollan los esfuerzos de mayor tensión.

Para resolver esta cuestión, se supondrá que la tensión del cable es sensiblemente igual en toda su longitud, cosa que en las aplicaciones dichas se aparta poco de la realidad y que de tomarla variable complicaría extraordinaria y sobre todo inútilmente la resolución. Debe notarse que así como el descenso de temperatura acorta el cable, el aumento de tensión que esto produce lo alarga, por razón de elasticidad. Así, pues, un cable de peso p por unidad de longitud y cuya cuerda horizontal es d , se coloca á una tensión inicial T_0 en su punto más bajo (que es casi igual á la que le da el montador al colocarlo con el aparejo de tesar), y esto se verifica á la temperatura t_0 . Cuando la temperatura desciende al valor t_1 , el cable, que tenía una longitud inicial l_0 , se habrá acortado por este descenso de una cantidad:

$$\lambda_t = kl_0(t_0 - t_1)$$

en donde k es el coeficiente de dilatación que vale sensiblemente 0,0000170 para el cobre y 0,0000144 para el alambre de hierro. Pero como la tensión del cable aumenta, llamando T' al aumento de tensión, éste producirá sobre la longitud primitiva del cable un alargamiento elástico:

$$\lambda_e = \frac{T'l_0}{A_1E}$$

siendo A_1 la superficie transversal del cable y E el módulo de elasticidad, que vale, tomando por unidades el metro y el kilogramo, 13×10^9 para el cobre y 20×10^9 para el alambre de hierro.

Así, pues, el cable colocado á la tensión T_0 estará sujeto á las condiciones deducidas de las ecuaciones (3) y (40):

$$l_0 = a_0 \left(e^{\frac{d}{2a_0}} - e^{-\frac{d}{2a_0}} \right); \quad T_0 = pa_0$$

y al fin de su contracción térmica y alargamiento elástico á las

$$T_i = pa_i : l_i = a_i \left(e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) : T_i = T_o + T'$$

en donde la tensión final T_i es igual á la inicial T_o , más la producida por el alargamiento elástico. La variación de longitud entre la catenaria final y la inicial es igual al acortamiento producido por la contracción térmica menos el alargamiento producido por el aumento de tensión; luego

$$l_o - l_i = \lambda_i - \lambda_o$$

ó sea:

$$l_o - a_i \left(e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) = kl_o(t_o - t_i) - (T_i - T_o) \frac{l_o}{A_i E}$$

que atendiendo al valor de T_i antes mencionado, resulta:

$$(41) \quad a_i \left(e^{\frac{d}{2a_i}} - e^{-\frac{d}{2a_i}} \right) - pa_i \frac{l_o}{A_i E} = l_o - kl_o(t_o - t_i) - T_o \frac{l_o}{A_i E}$$

de aquí puede hallarse ya el valor de a_i , que resuelve el problema; pero como en el caso de una catenaria de poca flecha, del que ahora se trata, el valor de a_i es muy grande, puede fácilmente hallarse una primera aproximación, ya muy aproximada, desarrollando en serie, lo que da:

$$a_i \left[2 \frac{d}{2a_i} + 2 \frac{1}{1.2.3} \left(\frac{d}{2a_i} \right)^3 + \dots \right] - pa_i \frac{l_o}{A_i E} = l_o - kl_o(t_o - t_i) - T_o \frac{l_o}{A_i E}$$

que limitada al primer término da:

$$(42) \quad a_i = \frac{d - l_o \left[1 - k(t_o - t_i) - \frac{T_o}{A_i E} \right]}{pl_o} A_i E$$

y también se puede hallar la tensión final T_i de la anterior, que da:

$$(43) \quad pa_i = T_i = \left[\frac{d}{l_o} - 1 + k(t_o - t_i) \right] A_i E + T_o$$

teniendo en cuenta las relaciones (34) y (35) resulta:

$$\frac{l_o - d}{d} = \frac{1}{24} \frac{d^3}{a_o^3}$$

y como la diferencia entre d y l_o es muy pequeña, con pequeño error se podrá sustituir en el valor de T_i la cantidad

$$\frac{d}{l_o} - 1 \text{ ó sea } \frac{d - l_o}{l_o} \text{ por } \frac{d - l_o}{d} = -\frac{1}{24} \left(\frac{d}{a_o} \right)^3$$

que da para la tensión buscada:

$$(44) \quad T_i = T_o + \left[k(t_o - t_i) - \frac{1}{24} \left(\frac{d}{a_o} \right)^3 \right] A_i E$$

con lo que queda resuelto el problema.

Aplicándolo, para que sirva de ejemplo, á un cable de alambre de cobre de 10 milímetros de diámetro sostenido por postes á 30 metros de separación y colocado con una flecha de 0^m,20, con lo que quedará con una tensión de 394 kilogramos, ó sean de 5 kilogramos por milímetro cuadrado de sección, si se supone colocado en estas condiciones un día de verano en que la temperatura al sol sea de 30°, cosa que no tiene nada de exagerada, al llegar un día de invierno á 0°, quedará el cable sometido á una tracción de 794 kilogramos, ó sea más de 10 kilogramos por milímetro cuadrado, más del doble de la inicial, y que teniendo en cuenta el aumento que todavía introducirán las oscilaciones debidas al viento y á los troles de los carruajes que circulen, explican bien que dicho cable, encontrándose en condiciones de resistencia muy precarias, llegue á romperse por pequeños defectos ó algún punto débil que presente y que sin aquéllas no habrían determinado la ruptura. Se impone, pues, como medida de seguridad, colocar los cables todos, y especialmente los conductores eléctricos, con una flecha suficiente para no desarrollar en ellos tensiones demasiado elevadas y dársela mayor en verano á fin de impedir aumentos de tensión en los mismos, que por el ejemplo acabado de mencionar pueden fácilmente elevarse del simple al doble.

El resumen de las fórmulas generales y las particularés antes tratadas, y la pequeña tabla puesta á continuación, podrán ser de alguna utilidad en los cálculos referentes á problemas de esta naturaleza.

(Concluirá.)

LOS PUERTOS DE HAMBURGO, AMBERES

Y VARIOS OTROS DE EUROPA

POR EL INGENIERO GUIDO JACOBACCI

(CONTINUACIÓN)

PUERTO DE AMBERES

La oportunidad de esta sencilla é ingeniosa disposición debida á la clara inteligencia del Sr. G. Royers, Ingeniero Jefe de la Oficina Técnica Municipal de Amberes, resultó comprobada por todas las modificaciones que fué posible introducir en la distribución de los galpones, sin alterar el concepto fundamental de la organización y adaptándose á las circunstancias continuamente variables, con resultados siempre buenos y á completa satisfacción de los interesados.

El sistema estudiado se prestó con la mayor facilidad aun para cambios que no estaban previstos ni podían preverse. Así, por ejemplo, cuando por el mayor largo que fueron adquiriendo los vagones se creyó necesario sustituir trasladores á las vías férreas transversales, el cambio se hizo simplemente suprimiendo un galpón elemental, es decir, dejando dos zonas libres en lugar de una entre dos galpones sucesivos.

Como son fáciles las modificaciones en sentido paralelo al muelle, igualmente lo son en sentido perpendicular. En efecto, cada galpón elemental está formado por una serie de armaduras paralelas al muelle, á distancia de 3,50 metros una de otra y sostenidas cada 10,50 metros (tres espacios) por columnas. Así, el largo de los galpones elementales es

indeterminado, y una vez construídos es fácil alargarlos ó acortarlos según las necesidades, poniendo ó quitando tramos de 10,50 metros y aun de 3,50 metros.

La utilidad de esto resultó evidente especialmente para las vías férreas al lado del agua. En la época de la construcción, dadas las costumbres locales y la escasez relativa del transbordo directo, se colocó allí una sola vía férrea; cuando el movimiento requirió un mayor número de vías, éstas pudieron con toda facilidad colocarse, quitando algunas armaduras del galpón y aumentando la zona libre sobre el agua.

Las grúas puestas en servicio en estos muelles son de fuerza hidráulica, como todas las demás del puerto, y están armadas en pórtico para una sola vía, tipo que se ha considerado suficiente, dada la ausencia de cambios en las vías férreas. Entre ellas no hay grúas especiales para bultos de gran peso, siendo su poder de 1.500 kilogramos, salvo algunas que alcanzan á 2.000. Todas son de pistón diferencial para mitad carga y carga completa. Para no dar excesiva altura á los aparatos, los cilindros se han colocado en el pie derecho exterior del pórtico. El radio de las grúas es de 11,30 metros y la polea de suspensión se halla á 14 metros sobre el piso del muelle.

El ancho de los muelles varía entre 90 y 100 metros, de los que 73 á 80 están ocupados por las instalaciones del puerto, quedando destinado lo demás á calle pública. La separación entre las dos partes está hecha por medio de una verja de hierro de 2,40 metros de alto, subdividida en tramos de 4 metros, siguiéndose también en este detalle el criterio de las zonas elementales. En correspondencia de los espacios libres entre los galpones se han dejado puertas para la entrada de los peatones y carros y se han colocado pasos adoquinados sobre las vías férreas. Las puertas están constantemente vigiladas y se cierran en las horas ó días de descanso.

También hay vigilancia en el interior de los muelles por parte de agentes del puerto y de la aduana, pues los galpones están totalmente abiertos. Para facilitar la vigilancia, existen bajo los tinglados espacios cerrados con rejas (*enclos de douane*), donde la aduana guarda las mercaderías valiosas ó las que consistiendo en bultos pequeños pueden con mayor facilidad ser sustraídas.

Nuevos muelles del Escalda.

Debido al constante incremento del tráfico del puerto, el Gobierno belga, de acuerdo con la ciudad de Amberes, decidió en 1895 la construcción de nuevos muelles sobre el Escalda por un largo de 2.000 metros al Sur de los antiguos. Á ese efecto se abrió un concurso internacional, en el cual los concurrentes debían proponer el tipo de muro y el modo de construcción, fijando los precios y acompañando los cálculos justificativos, sobre las bases especificadas en el pliego de condiciones. Entre los 30 proyectos presentados por varias Empresas, fué elegido uno de la casa Hersent, quien tuvo á su cargo la nueva construcción como ya había tenido la anterior. La altura del muro entre el coronamiento y la cara superior de las fundaciones fué fijada en 14,15 metros, es decir, 0,50 metros menos que en los muros de la sección ya existente, debiendo ser igual para ambas secciones la cota de los muelles. En la parte superior del muro y en todo su largo se hizo correr un túnel de 2 metros de altura, con vereda á 0,50 metros sobre el fondo, para colocar en él las canalizaciones de agua comprimida, gas, etc.

Las construcciones se empezaron en 1898, terminándose cinco años más tarde.

Por lo que se refiere á las disposiciones adoptadas para los servicios, los nuevos muelles pueden dividirse en dos partes distintas: la primera de 700 metros de largo entre los antiguos muros y las fortificaciones, y la segunda de 1.300 metros, fuera de la zona cerrada.

La primera parte no tiene instalaciones uniformes. La ejecución de los nuevos muelles permitió utilizar mejor la parte terminal de los antiguos, y por lo tanto se colocaron allí algunos galpones y vías, siguiendo el sistema ya examinado y ocupando también una pequeña fracción de los nuevos muelles. En el espacio siguiente, hasta el embarcadero frente al Arsenal de Guerra, debido al escaso ancho del muelle no se colocó ningún galpón, limitándose las instalaciones á vías férreas y grúas. Al Sur del embarcadero se colocaron dos galpones aislados para el servicio de las comunicaciones con Inglaterra, vía Harwich, en combinación con el Great Eastern Railway.

En la segunda parte de muelles, de 1.300 metros de largo, pudiéndose disponer de mayor espacio, se variaron notablemente las disposiciones. En la idea de que esa parte habría podido destinarse al servicio de vapores de grandes dimensiones, se subdividió el muelle en secciones de 160 metros de largo, dándose á cada una de éstas una entrada independiente para las vías férreas. Temiéndose que los trasladadores pudieran resultar insuficientes, como ya había sucedido con las mesas giratorias, se proyectaron dichas entradas por medio de vías en S, asignándose de este modo á cada buque un espacio romboidal en vez de rectangular.

Con esta disposición, el antiguo tipo de galpones divididos en secciones rectangulares resultaba inaplicable, y convenía estudiar un tipo de galpón continuo, con apoyos todavía menos frecuentes que en los anteriores, que permitiera fácilmente el paso de las vías férreas de unión. Por otra parte, no existían para ese punto consideraciones de orden decorativo que impusieran el empleo de galpones abiertos y adornados. Entonces se resolvió construir un solo galpón grande de 1.280 metros de largo (8 secciones de 160 metros, completamente cerrado y con techo plano).

La distribución de las vías se hizo en base á las uniones en S ya mencionadas, que dividen el muelle en secciones de 160 metros de largo, dotándose cada sección de sus servicios independientes.

Para completar la descripción de las instalaciones, hay que añadir algunos datos sobre las grúas colocadas en este muelle. Habiendo tres vías en la zona de descarga y estando reunidas por medio de cambios, fué preciso adoptar grúas de medio pórtico, cuyo riel alto se hizo correr á lo largo de la viga longitudinal del galpón en su frente hacia el agua. Las grúas son hidráulicas, como todas las demás en uso en el puerto de Amberes. La extremidad superior de su brazo queda á 14 metros arriba del muelle y su radio de acción alcanza á 12,50 metros. Los cilindros están colocados en el pie derecho de las grúas; los pistones son diferenciales y pueden desarrollar una fuerza de una y de dos toneladas. Por medio de una polea de inversión colocada en el centro del brazo, estos aparatos pueden levantar peso doble á mitad del radio.

Por la descripción de todas estas instalaciones se comprende que su conjunto representa un sistema orgánico y cuidadosamente estudiado. Pero si se le compara con el correspondiente aplicado en los antiguos muelles, se advier-

te en él una cierta rigidez que puede dificultar su adaptación á circunstancias variables, ya por cambios en las dimensiones de los buques, ya por exigencias diferentes en el tráfico terrestre. El nuevo sistema no parece tener la elasticidad del antiguo, que se presta lo más fácilmente á cualquier modificación. Esto quedó comprobado en seguida de abrirse al servicio los nuevos muelles, por una circunstancia que, aun estando relacionada tan sólo con las condiciones marítimas del muelle, llegó á dificultar en modo notable el servicio de las vías férreas.

Indicaciones complementarias sobre los muelles del Escalda.

Antes de dar por terminada la descripción de estos muelles, agregaremos algunos datos generales referentes á las vías y grúas y á las estaciones y usinas que las sirven, y se mencionarán además algunos servicios especiales que en ellos se practican.

El desarrollo de las vías férreas en los muelles del Escalda es de 49 kilómetros, correspondiendo 24 á los antiguos y 25 á los nuevos. Exceptuando el muelle del Rhin, que depende de la estación Bassins, el movimiento de estas vías está regulado por las estaciones de Amberes-Sud y Amberes-Kiel.

La primera comprende una importante estación de pasa-

jeros y un servicio para cargas locales y para cargas en tránsito de y para el puerto por medio de carros. Hay en ella un gran galpón de 285 metros por 77, análogo al de la estación Bassins, pero desprovisto de grúas hidráulicas. La estación ocupa una superficie de 30 hectáreas y tiene un desarrollo de 49 kilómetros de vías. De éstos, 15 son para servicios interiores ó para pasajeros y carga, y los demás sirven al tráfico del puerto.

Las vías principales que atraviesan la estación Sud se dirigen al puerto por un extremo, bifurcándose y empalmándose á derecha é izquierda con las vías generales del muelle, y por el otro extremo se dirigen al interior, formando dos líneas distintas hacia Bruxelles y hacia Boom.

Sobre esta última se injerta la estación Amberes-Kiel, la cual fué construída al extenderse los muelles del Escalda. Su construcción se hizo en vía provisional y deberá modificarse en relación con lo hecho en la estación Sud. La estación Kiel quedará entonces destinada principalmente á los trenes en salida. La superficie ocupada por dicha estación es de casi 20 hectáreas, y el desarrollo de las vías de clasificación es de 31 kilómetros. La tracción se hace por gravedad. La estación Kiel está directamente unida con las instalaciones para petróleos, de que se hablará más adelante.

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Nueva esclusa de Meppen, en el canal de Dortmund, en el Ems (Alemania). - Disposición para la maniobra de una puerta.

Conocidas son las diversas disposiciones concebidas hasta el día para operar la maniobra de las compuertas y de las puertas de esclusa bajo la acción de la presión producida por un salto de agua en el lugar de estas obras. Alemania tiene de estas disposiciones numerosos ejemplos.

Sobre el canal de Dortmund, en el Ems, y sobre el de la Sprée, en el Oder, el salto de agua se utiliza en accionar turbinas para la creación de una corriente eléctrica, y las compuertas y las puertas se maniobran por electromotores. En las esclusas del canal del Elba, en la Trave, las puertas se ponen en movimiento por una disposición del sistema Holopp, que acumula por el efecto de la presión hidráulica el aire comprimido necesario para su maniobra. En cuanto á las puertas y á las compuertas de las nuevas esclusas del Wéser, su funcionamiento estará asegurado por el juego de unos émbolos á los cuales se enlazarán las puertas y las compuertas por cadenas y por cables, que también se moverán por la fuerza hidráulica debida al desnivel existente entre los dos tramos de agua arriba y agua abajo. Este es el sistema Nyholm.

Todavía existe otra disposición para proceder á la apertura y al cierre de las puertas de esclusa, utilizando el salto de agua de que se dispone; es la que se ha aplicado recientemente en la nueva esclusa para trenes de barcos, establecida en Meppen sobre el canal de Dortmund, en el Ems, y que está basada en el principio de Arquímedes, en virtud del cual todo cuerpo sumergido pierde una parte de su peso igual al del líquido desalojado

La aplicación de este principio que se ha hecho en la esclusa de Meppen se representa esquemáticamente en la figura 1.^a

Supongamos su cable que pasa por dos poleas de cambio de dirección y que lleva en una de sus extremidades un peso Q , para ser elevado ó descendido sucesivamente de una altura h , y en la otra un émbolo sumergido, que se mueve en un pozo que comunica alternativamente con el tramo de agua arriba y agua

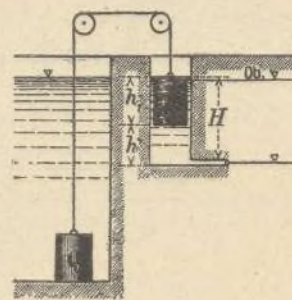


Fig. 1.^a

abajo. Sea P el peso de este émbolo sumergido, y admitamos que P sea igual $Q + p$, siendo p , por otra parte, suficiente para vencer las resistencias de rozamiento. Supongamos, además, que el volumen V del émbolo sumergido sea igual á $\frac{2p}{1.000}$.

Cuando el pozo esté en comunicación con el tramo de agua arriba, se tendrá:

$$P = Q + p - V \times 1.000 = Q - p$$

y el peso Q permanecerá en la base de su carrera, en virtud del exceso de peso p .

Cerremos á continuación la comunicación con el tramo de agua arriba y hagamos evacuar las aguas del pozo hacia el tramo de agua abajo, se tendrá:

$$P = Q + p$$

y el peso Q será elevado por el exceso p . Estando el émbolo sumergido en el fondo del pozo, si la comunicación con el tramo de agua arriba se restablece P volverá á adquirir su valor primitivo $Q - p$ y el peso Q descenderá para volver á tomar su posición inicial.

La *Zentralblatt der Bannerwaltung* del 27 de Marzo último da la descripción detallada de la instalación ejecutada en Meppen. Para fijar las ideas, esta Revista hace al principio la aplicación de este sistema á las compuertas rodantes de 2,10 metros de altura y de 1,46 metros de anchura de las esclusas del canal de Dortmund, en el Ems. Estas compuertas, que van suspendidas por medio de cadenas de Galle, arrolladas sobre tornos de tambor, son equilibradas por contrapesos de 970 kilogramos.

Para la esclusa de Varloh, estudiada por la *Zentralblatt*, en donde la altura del salto es de 3,70 metros, el esfuerzo normal á desarrollar para mover las compuertas es de 410 kilogramos, pero las resistencias á vencer son diez veces mayores y alcanzan la cifra de 4.000 kilogramos al fin de la carrera, cuando para asegurar la impermeabilidad se aplican las compuertas en cavidades abiertas en su camino de rodadura y que el rozamiento de rodadura se transforma en rozamiento de deslizamiento. En estas condiciones, el émbolo sumergido, que es de forma cilíndrica, deberá tener 2,40 metros de diámetro, dimensión exagerada que conducirá á un gran gasto de agua. El medio de obviar este inconveniente consistirá en recurrir á émbolos generales montados sobre un mismo brazo de palanca y cuyas acciones se combinen. El diámetro de los émbolos se reducirá entonces á 80 centímetros próximamente.

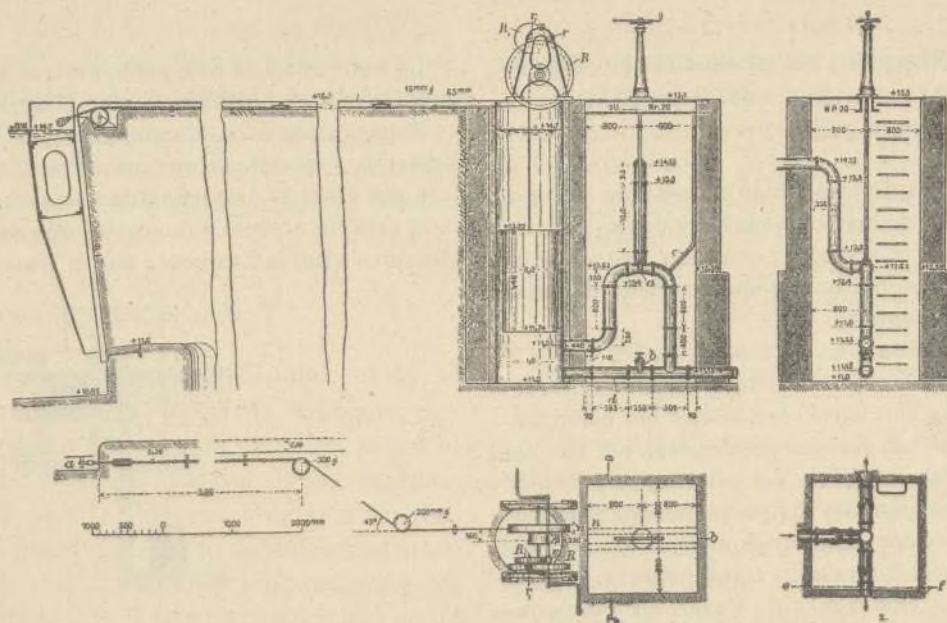
La maniobra de las compuertas de agua arriba se hará sin pérdida de agua, la que pueda ser evacuada en el cuenco de la

costado sin temor de deformación. Una cámara de aire, colocada en la parte superior de la puerta, es susceptible de recibir la cantidad de agua necesaria para la bajada de la hoja de la puerta. En el canal de Dortmund, en el Ems, una fuerza de 100 kilogramos, aplicada á la extremidad libre de la hoja de la puerta, ha sido juzgada suficiente para operar este movimiento de descenso y para combatir toda tendencia á la elevación de la puerta bajo la acción de las corrientes en vuelta que se producen al paso de los trenes de barcos al remontarse. Esto supuesto, y teniendo la puerta un radio de giro de 3,45 metros, la *Zentralblatt* establece que el émbolo sumergido deberá tener 0,193 metros de diámetro por 4,86 metros de altura.

El funcionamiento hubiera podido tener lugar en estas condiciones en tiempo normal, cuando la importancia del salto es de 4,30 metros; pero las aguas del Ems se elevan en tiempo de crecida y la diferencia de nivel se reduce hasta 1,50 metros. Los datos anteriormente indicados han tenido, pues, que ser modificados en consecuencia.

Dos poleas que tienen respectivamente 30 y 90 centímetros de diámetro, y sobre las cuales pasa el cable, se han intercalado entre la puerta y el émbolo sumergido. Dichas poleas van montadas sobre el árbol de un torno que permite efectuar la maniobra á brazo en caso de desarreglo del aparato. Estas transmisiones conducen á limitar la longitud del émbolo á $\frac{4,86}{3} = 1,62$ metros y á elevar su diámetro á $0,193 \times 3 = 0,58$ metros; su peso deberá ser además de 428 kilogramos.

Sin embargo, dado que el paramento de los muros, contra los cuales se aplica la puerta cuando está cerrada, están inclinados á 85° y no á 90° , ha sido posible reducir todavía la altura del émbolo y fijarla en 1,48 metros. En cuanto al diámetro, se ha tomado igual á 80 centímetros, á fin de dar al émbolo un peso de 744 kilogramos, ó sea un exceso de $744 - 428 = 316$ kilogramos para vencer los rozamientos y la resistencia al arranque. La disposición que se ha realizado se representa en las figuras 2.^a, 3.^a, 4.^a y 5.^a



Figs. 2.^a, 3.^a, 4.^a y 5.^a

esclusa. En agua abajo el gasto será de 2,700 m³ por compuerta, ó sea de 5,400 m³ en total, lo que es insignificante relativamente al cubo de agua de 6,800 m³ que consume la obra en cada esclusada.

Una aplicación del mismo género, pero con un solo émbolo, se ha hecho en la esclusa de Meppen para la maniobra de una puerta basculante. La entrada de la obra, que mide 10 metros de longitud por 3 de profundidad, está formada por una puerta metálica que pesa próximamente 9.000 kilogramos y cuya armazón es suficientemente rígida para que pueda ser atacada por el

El pozo está formado de tubos de cemento de un metro de diámetro interior y la tubería está instalada lateralmente en una poceta de 1,60 metros de lado. La canalización comprende conductos de 15 centímetros de diámetro, con válvula de triple función en a para asegurar todas las maniobras. El tubo de entrada de agua desagüa por debajo del punto más bajo de la carrera del émbolo, para evitar que su movimiento sea contrariado por el remolino del agua. El tubo de salida está plegado en forma de estribo, á fin de prevenir todo gasto de agua inútil, y se pone en comunicación con el aire por un tubo e para impedir

que haga oficio de sifón. Otro conducto destinado al lavado de los depósitos desagua en el fondo del pozo.

El émbolo sumergido ejerce sus esfuerzos de tracción por medio de un cable metálico de 15 milímetros de diámetro para la parte al aire de la transmisión y de una cadena de 12 milímetros de espesor para la parte sumergida, más sujeta á oxidarse. Este émbolo está fabricado en forma de cilindro hueco de palastro de 5 milímetros de espesor, está armado de una cantonera por su contorno superior, á fin de impedir de que cuerpos extraños penetren entre la pared del pozo y la del cilindro.

La instalación se completa por una señal aparente que advierte al personal de la explotación que la puerta está completamente rebatida y que la navegación puede tener lugar. Funciona en buenas condiciones desde el mes de Septiembre último, y los movimientos de elevación y de descenso se efectúan respectivamente en un minuto.

Cuando la llave *a* está completamente abierta, la puerta toma un movimiento acelerado en la bajada, en tanto que en la elevación el movimiento es más acentuado al principio y se detiene después insensiblemente hasta el final de la carrera. La maniobra se activará aumentando la inclinación sobre la vertical de los paramentos contra los cuales se aplica la puerta. Se recomienda dar un talud de $\frac{1}{2}$ á estos paramentos.

La resistencia de los terrenos y de las rocas en las grandes profundidades.

Se admite generalmente que las presiones se transmiten al interior del suelo, como al través de un cuerpo elástico, y que cada punto de la masa de un terreno soporta una carga vertical igual al peso de las capas que hay por encima de él. Aceptada esta hipótesis, es una consecuencia inmediata que las capas que constituyen las paredes de los túneles abiertos á una gran profundidad soportan presiones formidables, bajo las cuales deben con toda evidencia hundirse. En el terreno natural se comprende perfectamente que estas rocas puedan soportar estas presiones, puesto que éstas se hacen sentir en todos sentidos como en un cuerpo sumergido en el agua de una prensa hidráulica ó descendido á una gran profundidad en el mar, por ejemplo; pero no ocurre lo mismo cuando la perforación de una galería ha suprimido esta presión sobre una de las caras de la roca.

Sin embargo, no existe ejemplo de galería perforada á través de una roca compacta homogénea y que no haya sufrido alteración química que se haya hundido bajo la presión de las capas superiores. Más aún, se encuentran frecuentemente cuevas de origen muy antiguo en el interior de rocas situadas á profundidades absolutamente incompatibles con la teoría de la transmisión integral de las presiones á sus paredes.

En la *Schweiz. Bauzeit.* del 27 de Marzo, M. Wiesmann desarrolla una serie de argumentos que parece proporcionan una explicación racional de los hechos de observación arriba mencionados. Vamos á analizar dichos argumentos á continuación.

Es necesario observar, ante todo, que la resistencia á la compresión de una roca no depende únicamente de su constitución y de su composición, puesto que su coeficiente de resistencia al aplastamiento varía con las dimensiones de la muestra sometida á prueba, y parece, en lo que es posible darse cuenta, que crece regularmente con estas dimensiones. Por otra parte, esta resistencia es igualmente influida por la libertad más ó menos grande que se deja á las partículas de materia de escaparse lateralmente como lo demuestra el hormigón zunchado, que resiste á una carga más ó menos elevada que el hormigón ordinario trabajando en las mismas condiciones, pero en el que los zunchos ó anillos se oponen á la salida lateral de las partículas comprimidas. En fin, no hay que perder de vista tampoco que la materia sólida de las rocas puede sufrir, sin desagregarse, deformaciones algunas veces considerables por efecto de su plasticidad relativa.

Esto dicho, véase cómo se explica el hecho de que las pare-

des de una cavidad cualquiera, de un túnel, por ejemplo, no se desplomen bajo la acción de la presión del terreno superior.

Esta presión se transmite de capa en capa hasta estas paredes; las partículas de estas últimas, que no están sostenidas, ceden, por poco que sea, sin perder nada de su cohesión en el momento en que el apoyo falta por el lado del túnel; pero teniendo la materia de estas rocas generalmente un coeficiente de contracción elástico muy pequeño es suficiente un desplazamiento muy pequeño de sus moléculas para hacer caer á cero la presión que actúa sobre ellas en la superficie misma de la pared del túnel donde nada se opone á este desplazamiento.

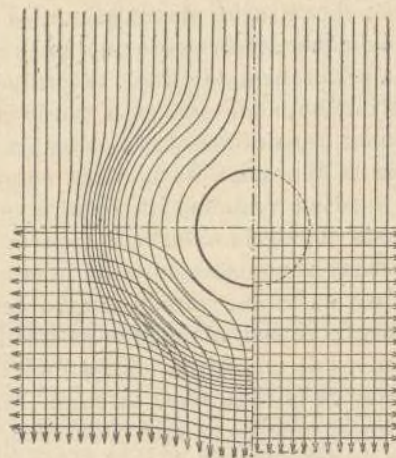


Fig. 1.ª

La carga de las partículas, así bruscamente descargadas, se dirige naturalmente sobre las que se encuentran inmediatamente detrás y que estando mejor sostenidas, gracias á los rozamientos internos que las impiden deslizar unas sobre otras, ceden un poco menos y permanecen, por consecuencia, sometidas á una cierta presión. Esta presión crece naturalmente con la profundidad, á la cual se encuentra la partícula considerada con relación á la pared descubierta del túnel; se eleva todavía á partir de una profundidad dada por encima de la presión normal en el terreno natural y pasa por un máximo para volver después, finalmente, á ser igual á esta primera normal.

Por lo tanto, si se representa esta presión normal por líneas de fuerza paralelas y separadas proporcionalmente á su intensidad en cada punto, la presión en el terreno natural podrá representarse por una serie de paralelas igualmente espaciadas (figura 1.ª, á la derecha) verticales ú horizontales, según que

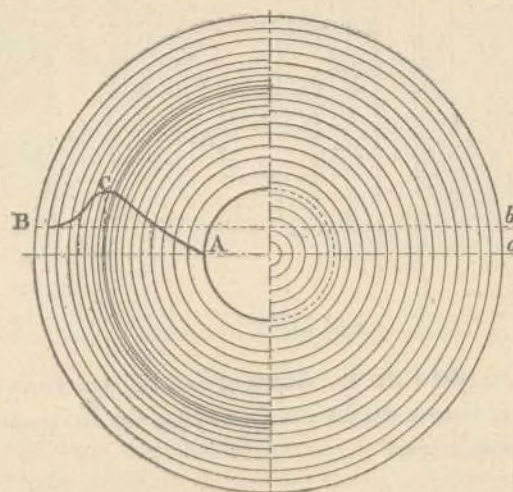


Fig. 2.ª

estas presiones se hacen sentir en una sola dirección ó en dos direcciones perpendiculares. Si se perfora en este terreno un túnel circular, por ejemplo (fig. 1.ª, á la izquierda), estas líneas sufren las deformaciones indicadas, y la presión, nula en la pared misma del túnel, va creciendo hasta el punto donde las líneas de fuerza están más próximas para decrecer en seguida de

nuevo y resultar normal en el punto donde estas líneas han vuelto á tomar su dirección y su separación primitivas.

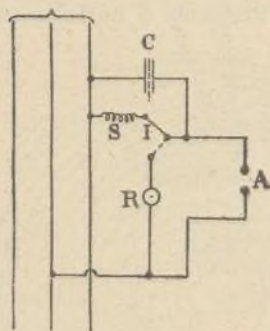
La figura 2.^a da una idea de la repartición de las líneas de fuerza supuestas circulares y concéntricas al túnel. La distancia entre las dos horizontales a y b representa la presión normal en el terreno natural, y la curva AB las variaciones de esta presión á medida que se profundiza en el terreno y nos alejamos de la pared del túnel. El máximo de esta presión es alcanzado en el punto C .

Todo lo que precede no se aplica, entiéndase bien, más que á los túneles perforados en una roca homogénea y sin planos de crucero naturales.

Si existen, por el contrario, planos según los cuales la cohesión de la roca es menor, es evidente que una rotura de equilibrio, debida á la perforación del túnel, tendrá por consecuencia facilitar un deslizamiento del terreno, ó, por lo menos, un incremento de la presión transmitida según estos planos. Podrá también suceder que la supresión de la carga sobre la roca de la pared del túnel y en su vecindad dé lugar á que ésta se desprenda, invadiendo la galería abierta, ó todavía que la desaparición de estas rocas al contacto del aire de la galería determine su debilitación y su caída; pero en ningún caso los trabajos de sostenimiento y de revestimiento que se efectúen en una galería abierta á través de un terreno sólido tendrán que soportar, como las moléculas de la roca viva, la carga representada por el terreno superior al túnel; ó de otro modo dicho, los esfuerzos que estas obras de sostenimiento tendrán que soportar serán siempre de un orden secundario.

Puede, sin embargo, suceder, cuando se atraviesan capas de arenas acuíferas, que las fábricas del revestimiento estén sometidas á la carga total de estas rocas movedizas; y esta circunstancia explica las enormes dificultades que presenta la travesía de ciertos terrenos, aun cuando la capa de dicho terreno tenga una altura relativamente reducida.

Por el contrario, la ausencia sola de la presión técnica principal sobre la roca de la pared del túnel puede explicar como espesor de bóveda verdaderamente insignificante con relación á la altura del terreno que la carga es suficiente, en la mayoría de los casos, para mantener definitivamente las rocas en su sitio, aun cuando las rocas estén estratificadas, presenten planos de crucero y después de haberse producido deslizamientos, según estos planos, antes de la terminación de las fábricas de las bóvedas.

Fig. 1.^a

Cálculo rápido de la duración de un trayecto sobre una línea dada en función de la potencia de la locomotora.

Como todos los procedimientos de cálculo análogos actualmente en uso, el descrito por M. E. Sihotzky en la *Zeits. des Oesterr. Ingen. Ver.* de 9 y 16 de Abril, necesita el conocimiento de los esfuerzos de tracción sobre los ganchos de unión de la locomotora á diferentes velocidades y las variaciones de la resistencia opuesta por el tren.

En los procedimientos actuales se utilizan estos datos para establecer gráficos que sirven directamente para determinar la

duración del recorrido y el camino recorrido en un tiempo dado, en tanto que M. Sihotzky admite que existe entre la potencia de tracción útil y la velocidad una relación lineal de la forma $P = a - bV$, en la cual P es el esfuerzo de tracción, V la velocidad y a y b parámetros variables, y demuestra cómo esta hipótesis permite simplificar los cálculos y da un ejemplo de aplicación de este método.

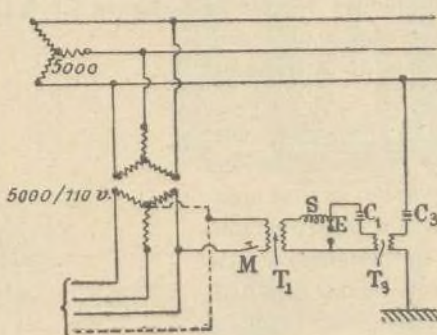
Empleo de corrientes de alta frecuencia para transmitir señales por las líneas eléctricas industriales.

Para enlazar entre sí las diversas estaciones repartidas á lo largo de las líneas industriales de distribución de corriente se coloca generalmente paralelamente á línea principal una línea telefónica de doble hilo destinada á la transmisión de señales. Esta disposición es, sin embargo, costosa y puede en ciertas condiciones ocasionar graves accidentes por consecuencia del contacto de los hilos con los de la línea de alta tensión.

La disposición que describimos á continuación, según una comunicación presentada al Congreso de electricidad de Marsella por M. Neu, permite suprimir el circuito telefónico y emplear la línea de transporte principal para transmitir señales telegráficas. Está basada en el empleo de corrientes de alta frecuencia.

Una corriente alternativa que circula en un circuito que contiene un condensador, este último se deja atravesar por una cantidad de energía proporcional á la frecuencia de esta corriente. Por lo tanto, si se lanza en un circuito industrial, que lleva una corriente alterna con la frecuencia ordinaria de 15 á 100 períodos por segundo y sobre el cual está ramificado en derivación un condensador de pequeña capacidad, una segunda corriente de muy alta frecuencia, el efecto obtenido en el circuito del condensador se debería exclusivamente á esta última, que se puede desde luego utilizar para transmitir señales.

La figura 1.^a representa el esquema teórico de una instalación que permite lanzar y recibir estas corrientes de alta frecuencia por dos hilos de una distribución de corriente trifásica. S es una autoinducción y C la capacidad del circuito del chispómetro A , alimentado por la corriente de la línea y lanzado por un manipulador, por ejemplo. La descarga oscilante producida entre las bolas de aquel engendro en su circuito y en los dos hilos de la línea, una corriente de alta frecuencia que se transmite á la estación receptiva.

Fig. 2.^a

Esta última se compone (fig. 1.^a) de la capacidad C y de un relé R intercalado en su circuito, que cierra el circuito de la batería de un aparato receptor cualquiera. Se puede reemplazar este último aparato por el chispómetro mismo; es suficiente, en efecto, regular convenientemente la separación de las bolas para que la centella salte entre ellas cada vez que una corriente de alta frecuencia pase por la línea. El interruptor de dos direcciones I permite poner á voluntad en la línea el transmisor ó el receptor.

La figura 2.^a es el esquema de la instalación de ensayo, que se ha empleado para hacer experimentos sobre una línea de 5.000 voltios, que une Valenciennes á Blanc-Misseron (Norte)

en una distancia de 75 kilómetros. La estación transmisora fué ramificada sobre el primario de un transformador elevador de tensión y se componía del manipulador *M*, de la bobina de inducción *T*₁, de la autoindicación *S*, de la capacidad *C*₁, y del chispómetro *E*. El acoplamiento entre el circuito oscilante y el único hilo de la línea utilizado se hacía por medio de un transformador *T*₂, cuyo secundario, que contenía una capacidad *C*₂, se ponía con tierra, de una parte, y por otra se enlazaba al hilo de la línea.

En la estación receptora, el mismo hilo de la línea se ponía con tierra, á través de la capacidad *C*₂ y acoplado al circuito del relé *R* por su transformador *T*₂. La ventaja de la disposición era la de permitir disponer sobre la red de baja tensión los aparatos destinados á ser tocados por el telegrafista, sirviéndose de un hilo de la red de alta tensión para efectuar la transmisión.

La decoración de los paramentos de hormigón.

M. J. H. Chuff indica en el *Engineering Record* del 3 de Abril un procedimiento que tiene por objeto dar á las superficies de hormigón un aspecto agradable que se presta á la decoración arquitectónica. Consiste este procedimiento en enlucir las superficies de un mortero homogéneo compuesto de cemento portland y guijarros ó detritus de granito diversamente coloreados, después de lo cual, y tan pronto como se quiten los moldes, se debe barrer vivamente la superficie del enlucido con escobillas duras, metálicas ó vegetales, y, finalmente, lavar la superficie con una disolución de ácido clorhídrico, que la limpia completamente y aviva el calor de los guijarros ó del granito.

El enlucido se compone generalmente de una parte de cemento por dos y media ó tres de guijarros, arena ó detritus de granito. Debe ser muy exactamente dosificado para asegurar la uniformidad de la superficie. Su espesor varía de 25 á 35 milímetros y debe hacer cuerpo con el hormigón. Para esto se coloca en la forma, bien antes del apisonado del hormigón, bien inmediatamente después, reservándose su sitio por medio de un palastro que se quita una vez lleno el molde. El lavado del enlucido con ácido no debe prolongarse más de media hora. El ácido empleado debe ser el del comercio, mezclado con dos ó tres veces su volumen de agua.

El *Engineering Record* da fotografías de estos revestimientos, á los cuales les falta desgraciadamente los colores. El autor afirma que se pueden así obtener revestimientos muy artísticos, de los cuales prevé numerosas aplicaciones.

Nuevo quitanieves de los caminos de hierro italianos.

Durante los meses de invierno, la explotación de ciertas líneas de montaña de la alta Italia se hace muy penosa por las abundantes nieves. La antigua red del Adriático juzgó insuficientes los medios de que disponía para barrer las vías, y encargó á uno de sus Ingenieros, M. Ricardo Sollini, que estudiara un vagón quitanieves potente, cuyo empleo se generalizó á consecuencia de los ensayos efectuados desde 1900 á 1906 sobre las líneas Termoli-Campobasso y Sulmona-Isernia.

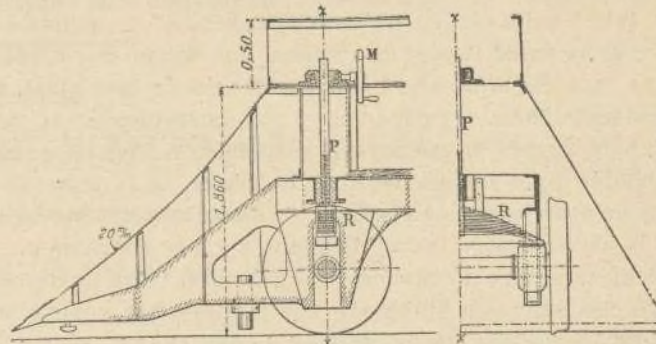
En la *Ingegneria Ferroviaria* del 16 de Marzo, M. Sollini describe la disposición adoptada, cuyo órgano principal es análogo á un carretón de doble vertedero. El pico adoptado á la parte delantera del vagón está formado de dos láminas de acero simétricas, cuyas superficies helicoidales tienen sus generatrices normales al eje del vagón.

Las superficies helicoidales tienen la ventaja de producir uniformemente la elevación y versión de la nieve. La adopción de estas superficies disminuye los esfuerzos laterales sobre las paredes del pico y, por consecuencia, las que tienden al descarrilamiento del vagón.

Las dos láminas del pico se reúnen á lo largo de la curva de

intersección por medio de una cantonera; su unión al cuadro del vagón tiene lugar por medio de armaduras que las enlazan lateralmente.

El conjunto de esta disposición se apoya sobre el eje delantero por intermedio de gorrón de quicio vertical con tornillo *P* (figuras 1.^a y 2.^a) regulables por medio de una mangueta *M* y de un resorte de láminas *R*. Este modo de enlace disminuye los peli-

Fig. 1.^aFig. 2.^a

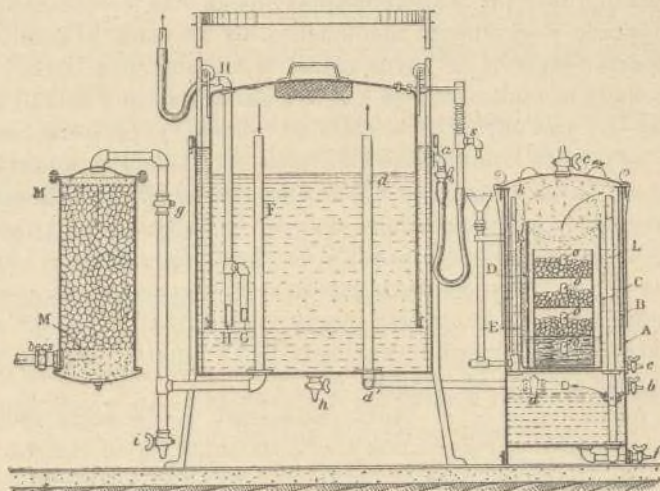
gros de descarrilamiento del vagón cuando el pico ataca masas de nieve muy densas.

Estos aparatos han funcionado bien desde su puesta en servicio, y permiten desembarazar la vía en desmontes obstruidos por una altura de nieve de más de 3 metros.

Gasógeno de acetileno, sistema Roess.

El gasógeno de acetileno sistema Roess, representado en la figura 1.^a, tomada del *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, forma parte de la instalación de soldadura autógena de los talleres de M. A. Tourteliev, en Mulhouse. Comprende tres órganos principales: el generador, el gasómetro y el depurador.

El generador se compone de un depósito cilíndrico *A*, con una envoltura interior *B*, dividido en dos compartimientos por un tabique impermeable horizontal y que contiene un cilindro de palastro *C*, abierto por la parte superior, en el interior del cual está dispuesta una caja de muchos fondos superpuestos.

Fig. 1.^a

Esta caja, destinada á recibir el carburo de calcio, comunica con el cilindro *C* por orificios *O*, que se abren cada uno sobre uno de sus compartimientos.

El agua que ha de descomponerse por este carburo se introduce en el generador por un tubo *E* en forma de U, terminando exteriormente por un embudo *F*, cuya llave interna *K* se abre sobre un conducto *D*, de donde el agua pasa por muchos agujeros al interior de *C*. El gas producido se escapa por la abertura superior de *C* y se dirige por un tubo *L*, perforado de pequeños agujeros en su parte inferior al compartimiento inferior de la

envolvente A, que hace función de lavador. De este último compartimiento, que va provisto del grifo b de regulación del nivel de agua, se dirige el gas por el tubo dd'd'' al gasómetro.

La cuba de este último sirve al mismo tiempo de depósito de agua para el generador, y los movimientos de su campana se utilizan para regular la admisión del agua que ha de ponerse en contacto con el carburo de calcio.

A este efecto, lleva la campana suspendido á un soporte lateral un tubo s enlazado por un tubo de caucho á un tabular a que se abre en la pared lateral de su cuba, por debajo del nivel del agua en ésta. En tanto que s está por debajo de este nivel, discurre el agua hacia el embudo E, y, por consecuencia, al generador; pero cuando el gas pasa al gasómetro y eleva la campana y el tubular a por encima del nivel del agua de la cuba, la corriente de agua cesa y la campana se detiene hasta que el consumo la hace de nuevo bajar, llevando á s á la altura de a.

Además del tubo de partida F, el gasómetro está provisto del tubo H, que comunica libremente con la atmósfera y por el cual puede escaparse una cierta cantidad de gas cuando se produce un exceso de presión anormal en el interior de la campana. Un tubo lateral abierto G que desagua en H, y un poco más corto que este último, facilita la separación del agua arrastrada por el gas.

El depurador, que el gas que deja el gasómetro por F, atraviesa para dirigirse á los aparatos de utilización, es un simple depósito de palastro con dos fondos perforados M, entre los cuales se pone la masa depurante.

Todos los aparatos de esta instalación están provistos naturalmente de llaves de descarga y de vaciado, que se designan por las letras t, c y e en el generador, por h en la curva del gasómetro y por i en el conducto que enlaza el gasómetro con el depurador. La masa representada por la superficie cuadrículada en la parte superior de la campana del gasómetro es una masa de plomo que sirve para comprimir el gas á la presión necesaria para el funcionamiento de los sopletes.

Proyecto de canal entre el lago Mayor y el golfo de Génova.

El puerto de Génova no está servido por ninguna línea de navegación interior; no dispone más que de vías férreas de perfil accidentado y en número insuficiente. En su vista, el Comité de navegación interior de Turín acaba de concebir un proyecto que comprende la realización de una vía navegable que enlace esta ciudad por una parte con el golfo de Génova y por otra con el lago Mayor. El canal tendrá su origen en Savona y ganará el valle del Litimbo después de un subterráneo de 1½ kilómetro de longitud. La vía navegable seguirá el valle hasta Altare y llegará por un segundo túnel á Cadibona para alcanzar finalmente por un nuevo subterráneo de 8 kilómetros de longitud á su punto más alto. Sobre este recorrido, dirigiéndose hasta Ceva, el trazado comprenderá 60 esclusas de 5 á 7 metros de salto y su desarrollo será de 42 kilómetros.

Á partir de Ceva, el canal descenderá la vertiente opuesta hasta Mondovì, salvando una altura de caída de 50 metros por medio de nueve esclusas.

Las mayores dificultades que hay que vencer son los pasos de la vía navegable sobre puentes-canales que tienen hasta 2 kilómetros de longitud á través de los valles de los ríos Mengio, Corsaglia, Ellero, Pesio y Stura.

Á partir de Fossano, el canal se dirigirá al Po, pasando por Carmagnola, después de ganar, por medio de 47 esclusas, un desnivel de 140 metros. La vía navegable se continuará más allá de Turín por planicies hasta Bellinzago-Novarese para desaguar en este punto en el Ebena-canal, proyectado por la Administración del canal de Cavour.

El agua de alimentación de la nueva vía navegable será suministrada por siete embalses con sus respectivas presas, que se establecerán en los valles de Bormica, Origlieta, Casalto, Cors-

glia y Janaso. Estos embalses serán capaces de un gasto de 64 metros cúbicos.

El costo de estos trabajos considerable está presupuestado en 260 millones de liras.

(*Zeitschrift für Binnen-Schiffahrt.*)

Los estudios técnicos en Alemania.

El *Bulletin de la Société Industrielle de Rouen* de Diciembre reproduce una conferencia de M. Frederic Kopp sobre la enseñanza técnica superior en Alemania.

Esta enseñanza, distribuida en una población escolar no menor de 16.000 estudiantes, se da especialmente en los diez «Polytechnikum» siguientes: Charlottenbourg, Aix-la-Chapelle, Brunswick, Munich y Stuttgart, sin contar algunos otros que, como la Escuela de Minas de Freiberg, son equivalentes sin tener el título.

El autor estudia especialmente uno de estos establecimientos, el de Darmstadt, que goza actualmente del favor del público alemán, tanto desde el punto de vista de la enseñanza, cuanto del de la importancia de las instalaciones. Da la descripción detallada de todos los servicios y de los métodos de enseñanza, y demuestra, por este ejemplo, que en Alemania, más que nunca, se dirige su juventud hacia una educación práctica con el fin de asegurar el éxito en los conflictos económicos presentados en todas partes.

Concluye el autor manifestando que es al desarrollo de la enseñanza industrial, en lo cual Alemania ha llegado adonde ninguna otra Nación, á lo que aquélla debe el haberse elevado tan rápidamente, figurando á la cabeza entre los demás países en orden á los trabajos industriales.

La exposición aeronáutica de la Olimpia, en Londres.

La *Society of motor Manufacturer and Traders* ha organizado en la Olimpia de Londres una exposición de motores de aviación y de navegación, así como de aeronáutica que ha tenido lugar á fines del mes de Marzo. El *Engineer* del 26 del mismo mes da una noticia de la misma, la *Aero and Motor Boat Exhibition*, y una descripción de los aparatos más interesantes que en ella se encuentran.

Seis aeroplanos fueron expuestos, casi todos experimentados con más ó menos éxito y que eran: el aeroplano ortóptero combinado de Lamploryh; el aeroplano biplano de M. Howard T. Wright, provisto de un motor de 50 caballos, el aeroplano de MM. Short Brothers, biplano que puede llevar dos personas y provisto de un motor de 40 caballos; el aeroplano de M. Moore Brabaron, construido por Voisin, uno de los que han probado su capacidad para el vuelo, y, finalmente, los aparatos Delagrangé y Robert Esnault-Pelterie.

Numerosos modelos y dibujos de otros aparatos fueron expuestos, entre los cuales se puede citar el cuadruplano de mister G. P. Denerall Paul, que, al parecer, posee una gran estabilidad, y el aeroplano de M. William Cochorane, en forma de pájaro, en el cual la propulsión se da por medio de alas.

Numerosos constructores han expuesto motores ligeros destinados á la aviación, entre los cuales se pueden señalar: el motor Renault, Hermanos, de 50 caballos, ocho cilindros, 1.600 vueltas y 120 kilogramos en orden de marcha; el motor Gobrou-Brillié, ocho cilindros dispuestos en cruz, á 90 grados, provisto de dos magnetos, de 1.600 vueltas y una potencia de 80 caballos, con 150 kilogramos de peso, y, finalmente, el motor Pipe de la London Motor Garage, C^o, de cuatro cilindros, 70 caballos, 1.950 vueltas por minuto y un peso de 122 kilogramos. Todos estos motores se enfrían por el aire.

Una de las curiosidades de la exposición fué el globo *América* de Wellmann, construido para hacer exploraciones polares. Este globo cubica 8.400 metros y está provisto de un motor de 80 caballos.